

REKONSTRUKSI BIDANG GELINCIR LONGSOR DENGAN METODE GEOLISTRIK DI KAWASAN TAMAN NASIONAL TAIPINGSHAN, PROPINSI YILAN, TAIWAN

Akhmad Zamroni

Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman
Yogyakarta, Indonesia 55281
akhmadzamroni@itny.ac.id

Abstrak

Longsor di Taipingshan terjadi karena Angin Topan Saola pada tahun 2012. Curah hujan yang tercatat dalam peristiwa itu adalah lebih dari 1800 mm selama tiga hari. Selain itu, faktor geologi seperti material yang lapuk dan erosi juga merupakan faktor pendukung terjadinya longsor di daerah tersebut. Geolistrik adalah metode geofisika yang menggunakan arus listrik yang diinjeksikan ke dalam batuan untuk mendapatkan nilai resistivitas. Fungsi geolistrik adalah untuk menentukan jenis material di bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas, yang dilakukan dengan mengukurnya di atas permukaan tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan bidang gelincir tanah longsor di bawah permukaan berdasarkan citra resistivitas 2D. Jenis-jenis material tanah longsor di daerah ini hanya satu jenis batuan, yaitu batusabak. Perbedaan nilai resistivitas (adanya perbedaan warna dalam gambar resistivitas 2D), karena beberapa faktor, seperti batuan yang lapuk dan segar, zona rekahan pada batuan, dan kontak batuan dengan air. Menurut data pemboran, gambar resistivitas 2D, dan Peta Geologi Taipingshan, rekonstruksi profil bawah permukaan dibuat untuk mengetahui kedalaman potensi massa material yang bergerak. Jenis material-material di daerah tersebut adalah colluvium pada kedalaman 0-10 m, batusabak lapuk pada kedalaman 10-29 m, dan bedrock batusabak pada kedalaman 29-100 m. Posisi bidang gelincir terletak di antara batusabak lapuk dan bedrock batusabak pada kedalaman sekitar 29 m. Bidang gelincir didapatkan dari dua bahan yang berdekatan yang memiliki kontras yang berbeda dari nilai resistivitasnya. Hal itu membuatnya mudah bergerak dan terkikis pada lereng yang curam dan juga pada saat hujan lebat sehingga ketebalan potensi massa material yang bergerak adalah sekitar 29 m.

Kata kunci: longsor, geolistrik, bidang gelincir, nilai resistivitas, Yilan

Abstract

Taipingshan landslide occurred by Typhoon Saola in 2012. Rainfall recorded in that event occurred was over 1800 mm during three days. Additionally, geological factors such as weathered and erosion materials are also factors that give risk occur landslide. Geoelectrical resistivity is a geophysical method that uses an electrical current into the rock to get resistivity value. The function of geoelectrical resistivity is to determine materials in subsurface based on the resistivity value, which is done by measuring materials on the ground surface. The purpose of this study was to determine the sliding surface based on 2D resistivity images. The kinds of landslide material in this area is only one type of rock, it is batusabak. Differences of resistivity values (some colors in 2D resistivity image), due to several factors, such as weathered and fresh rock, fracture zones in the rock, and rock contacts with water. According to drilling data, 2D resistivity image, and geological map in Taipingshan, reconstruction of the subsurface profile was made to know the depth of potential mass wasting. The kinds of materials derived are colluvium at a depth of 0-10 m, weathered rock (batusabak) at a depth of 10-29 m, and bedrock (batusabak) at a depth of 29-100 m. The position of sliding surface was located between the weathered rock (batusabak) and bedrock (batusabak) at a depth of around 29 m. The sliding surface is obtained from two materials adjacent that has different contrast of resistivity value. So it is easily moving and eroded in steep slope and when heavy rainfall occurs. So that the thickness of potential mass wasting was around 29 m.

Keywords: landslide, geoelectrical resistivity, sliding surface, resistivity value, Yilan

1. Pendahuluan

Taiwan adalah zona subduksi antara lempeng samudera Filipina dan lempeng benua Eurasia. Proses tersebut menghasilkan sabuk aktif yang memiliki lebih dari 200 puncak lebih tinggi dari 3000 meter di atas permukaan laut. Kemiringan daerah Pegunungan Taiwan antara 30 hingga 50 yang memiliki kondisi geologi yang lapuk yang rentan terhadap pergerakan massa [1]. Selain itu, intensitas bahaya alam akibat perubahan iklim atau pemanasan global terjadi dalam beberapa tahun terakhir seperti beberapa tanah longsor karena angin topan [2]. Hujan deras adalah salah satu faktor penyebab longsor. Air dari curah hujan akan menyusup ke tanah sehingga daerah yang memiliki kemiringan yang curam akan terjadi ketidakstabilan, hal ini disebabkan oleh kenaikan berat satuan tanah akibat infiltrasi air [3]. Selain itu, jika terjadi hujan deras, air di zona saturasi dapat melebihi ambang kritis sehingga dapat menyebabkan tanah longsor [4].

Di masa lalu, beberapa peristiwa topan seperti Morakot, Toraji, Minduli, dan Airi terjadi di Taiwan dan peristiwa-peristiwa itu memicu beberapa kerusakan seperti tanah longsor dan aliran puing-puing. Tanah longsor terjadi di Taipingshan yang disebabkan oleh Topan Saola pada tahun 2012 [2]. Curah hujan deras tercatat lebih dari 1800 mm selama tiga hari [5]. Beberapa kerusakan akibat peristiwa itu berasal dari retakan di dekat Taiwan Cypress House, retakan pada dinding penahan di samping Gedung Pertemuan Songluo, retakan dan amblesan di rel kereta api [2].

Metode geofisika telah berhasil menyelesaikan masalah lingkungan, teknik, dan hidrogeologi [6]. Salah satu metode geofisika adalah resistivitas geolistrik yang telah digunakan untuk survei di dekat permukaan [7]. Gambar resistivitas 2D yang merupakan hasil dari resistivitas geolistrik yang telah digunakan untuk investigasi tanah longsor karena dapat mendeteksi kondisi bawah permukaan dan perubahan saturasi setelah hujan deras [4]. Peningkatan kadar air di bawah permukaan memiliki risiko terjadi tanah longsor. Oleh karena itu, resistivitas geolistrik digunakan untuk memberikan informasi tentang analisis tanah longsor, sistem peringatan dini dengan teknik penentuan bidang gelincir, dan mengevaluasi perubahan kondisi bawah permukaan berdasarkan intensitas air tanah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan bidang gelincir tanah longsor di bawah permukaan berdasarkan citra resistivitas 2D. Data pemboran dan peta geologi digunakan untuk mendukung interpretasi gambar resistivitas 2D untuk menentukan jenis material tanah longsor di bawah permukaan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dengan menerapkan geolistrik untuk mendapatkan data resistivitas dari lapangan. Kegiatan dilakukan dengan mendapatkan data primer dari lapangan dan data sekunder, untuk kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil penelitian. Data primer yang didapat dari lapangan adalah berupa data resistivitas geolistrik dan outcrop batuan, sedangkan data sekunder berupa peta geologi dan data pemboran. Diagram alir penelitian terdapat pada Gambar 1.

2.1. Metode Pengambilan Data

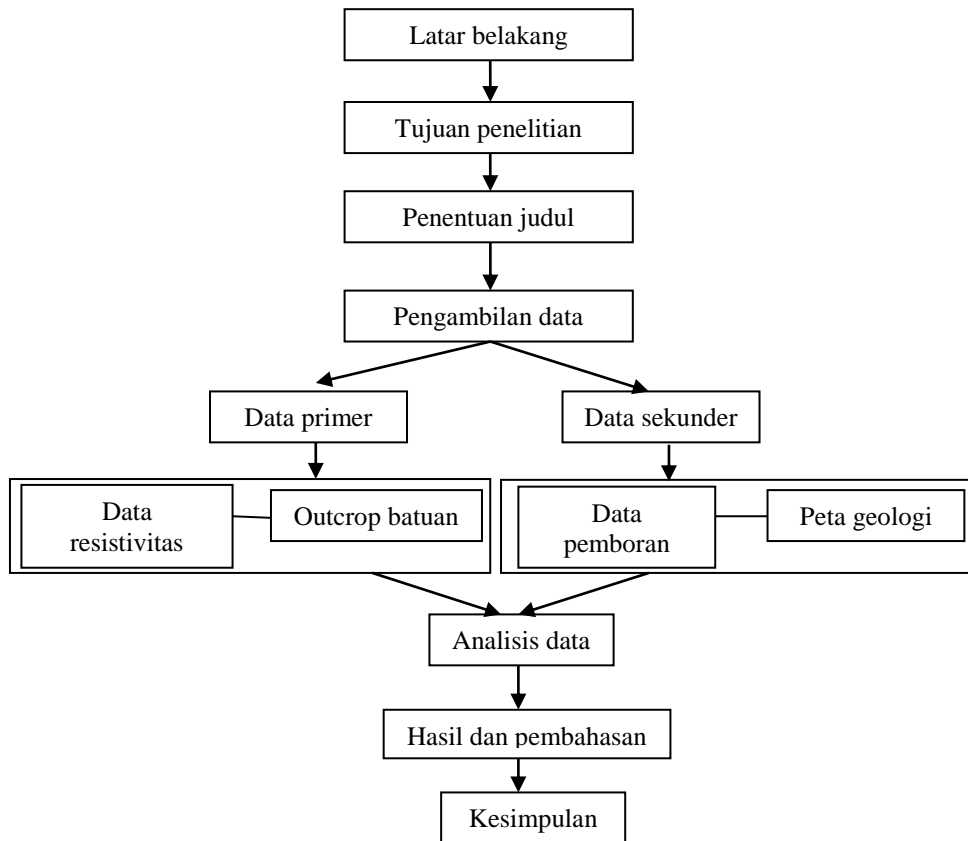
Pengambilan data lapangan berupa data primer yang akan didapatkan dari penelitian ini adalah data resistivitas geolistrik dan data outcrop batuan di lapangan. Lokasi penelitian berada di Taman Nasional Taipingshan, Propinsi Yilan, Taiwan (Gambar 2). Langkah-langkah dalam pengambilan data lapangan sebagai berikut :

1. Mencatat koordinat lokasi stasiun resistivitas geolistrik dan lokasi pengeboran atau lubang bor dengan GPS.
2. Mencatat koordinat lokasi rawan longsor dengan menggunakan GPS.
3. Mendeskripsikan outcrop batuan di sekitar area penelitian.
4. Data V (Voltage) dan I (Current) dari resistivitas geolistrik dikumpulkan dan ditulis dalam lembar kerja komputer.
5. R (Tahanan) dihasilkan dari hukum Ohm.

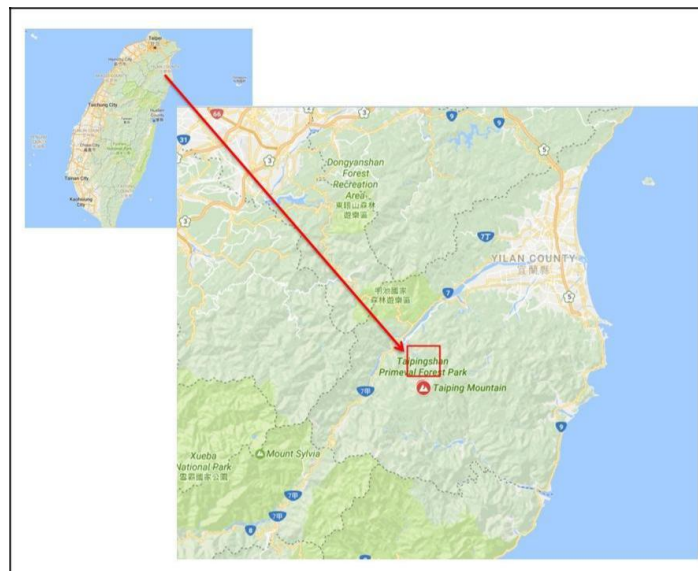
2.2. Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menganalisis data lapangan (data primer) kemudian didukung dengan data sekunder berupa peta geologi dan data pemboran. Langkah-langkah dalam analisis data dijelaskan sebagai berikut:

1. Data V (Voltage), I (Current), dan R (Resistivity) dari geolistrik resistivitas diproses dengan menggunakan Software AGI.
2. Hasil gambar resistivitas 2D diinterpretasikan dengan menggabungkan data pemboran (Gambar 3) dan peta geologi (Gambar 5).



Gambar 1. Diagram alir penelitian.



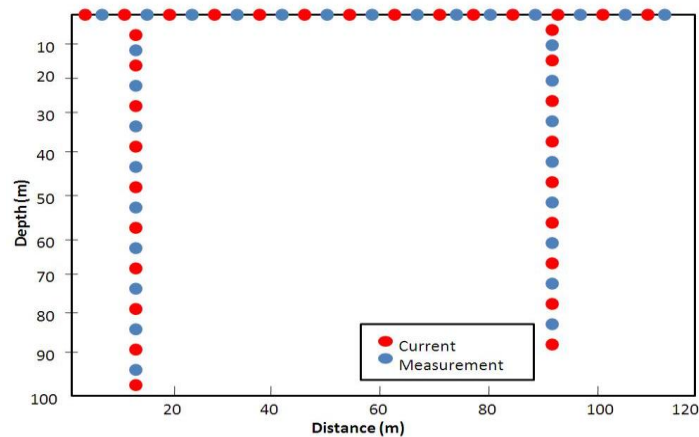
Gambar 2. Lokasi penelitian di Taipingshan, Propinsi Yilan, Taiwan.



Gambar 3. Data pemboran di lokasi penelitian sebagai data pendukung (Titik lokasi pemboran tercantum pada Gambar 6) [8].

2.3. Metode Geolistrik

Dalam penelitian ini, geolistrik yang digunakan merupakan geolistrik permanen yang mengukur nilai resistivitas secara berkesinambungan untuk mendeteksi perubahan resistivitas terhadap curah hujan. Geolistrik ini menggunakan jarak elektroda 4 m pada garis permukaan (panjang 108 m dengan 28 elektroda) dan jarak antar elektroda 5 m di lubang bor (19 dan 17 elektroda dalam dua lubang dengan panjang 97,8 m dan 84 m) (Gambar 4). Jenis array yang digunakan di lapangan adalah dipol-dipol dan Schlumberger.

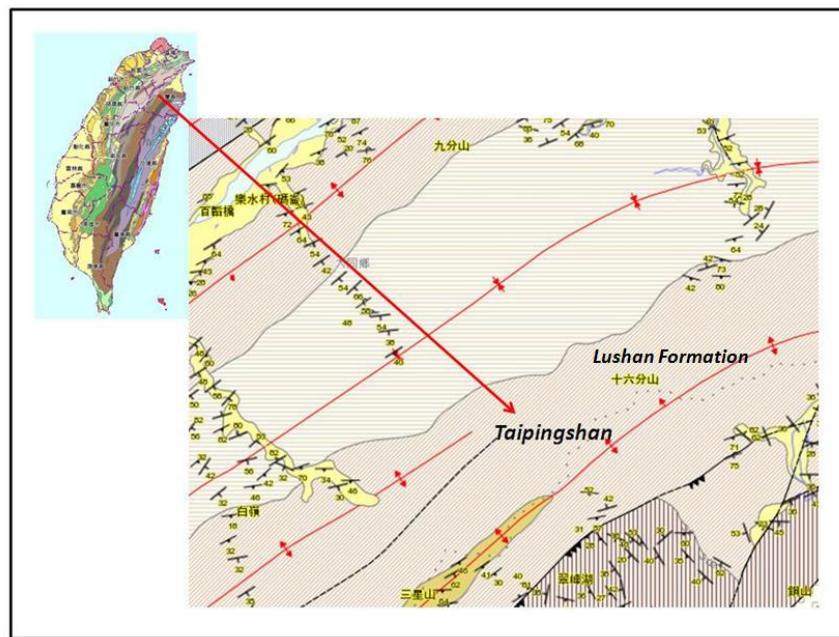


Gambar 4. Rekonstruksi susunan elektroda-elektroda di lapangan.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Geologi Daerah Penelitian

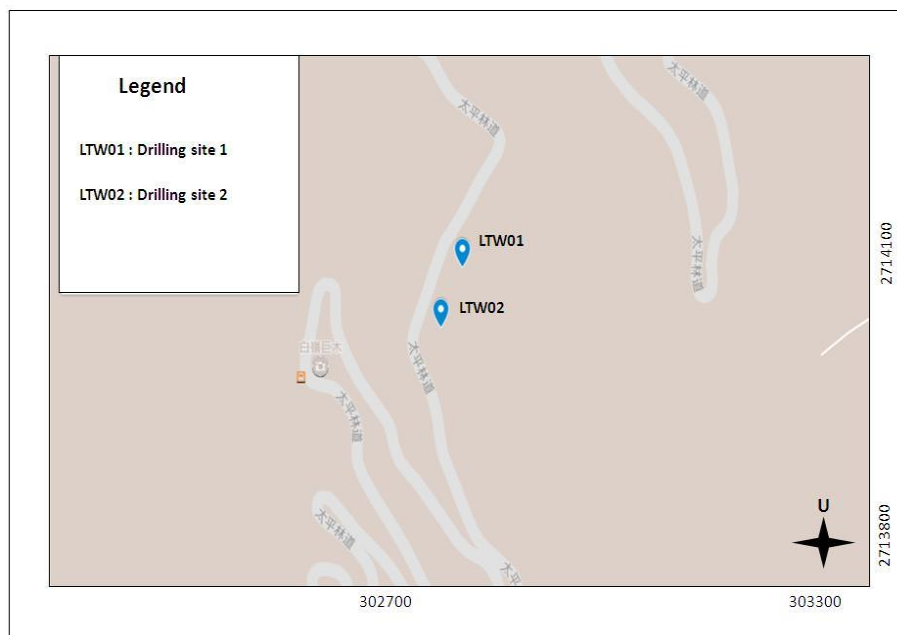
Berdasarkan peta geologi umum Taiwan skala 1:1.000.000 [9], Taipingshan terletak di Formasi Lushan. Kandungan batuan dalam Formasi Lushan adalah batuan batusabak, argillite hitam keabu-abuan gelap, dan filit dengan selingan sesekali dari batu pasir kompak abu-abu gelap dengan ketebalan sekitar seribu meter [10]. Ia menambahkan bahwa beberapa Formasi Lushan yang terletak di Taiwan utara memiliki tiga anggota. Serangkaian tebal argillite abu-abu gelap atau batuan batusabak dengan persilangan lokal batu pasir bermetamorfosis halus di bagian atas dan bawah, sedangkan anggota menengah berisi 400-800 meter tebal batu pasir metamorf berbutir halus. Formasi Lushan berumur Miosen awal atau Miosen awal.



Gambar 5. Peta Geologi Taipingshan [11].

3.2. Hasil Investigasi Lapangan

Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 6. Luas lokasi penelitian adalah sekitar 1 km x 1 km. Titik biru didefinisikan sebagai lokasi dari data pemboran. Panjang elektroda di permukaan adalah 108 m (Jarak dari LTW01 ke LTW02).



Gambar 6. Koordinat lokasi penelitian dan titik data pemboran.

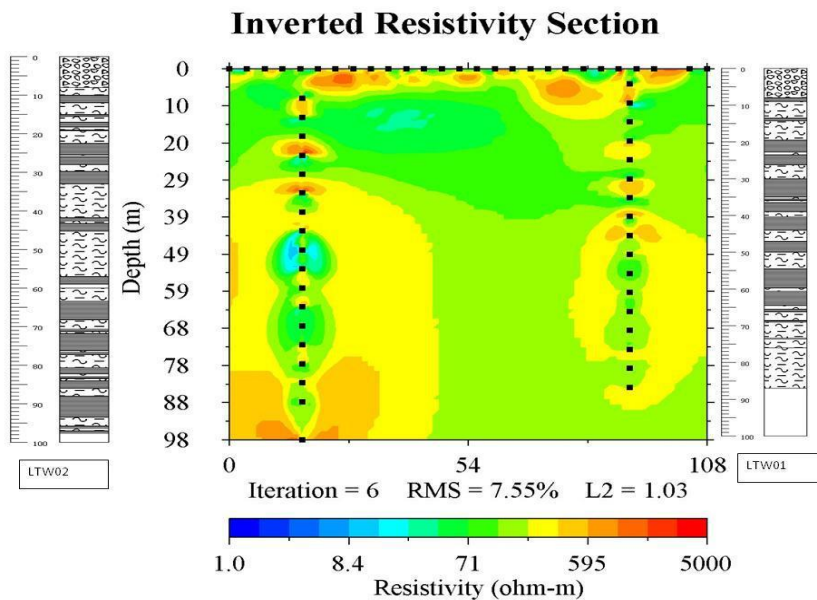
Berdasarkan hasil investigasi tanah longsor di lokasi penelitian, geolistrik ditempatkan dekat jalan utama di Kawasan Taman Nasional Taipingshan. Di sepanjang jalan utama adalah daerah berlereng curam dengan jenis material batusabak yang telah lapuk (Gambar 7). Selain itu, beberapa retakan juga ditemukan pada jalan utama.



Gambar 7. Batuan batusabak lapuk di lokasi penelitian.

3.3. Rekonstruksi Bidang Gelincir Longsor

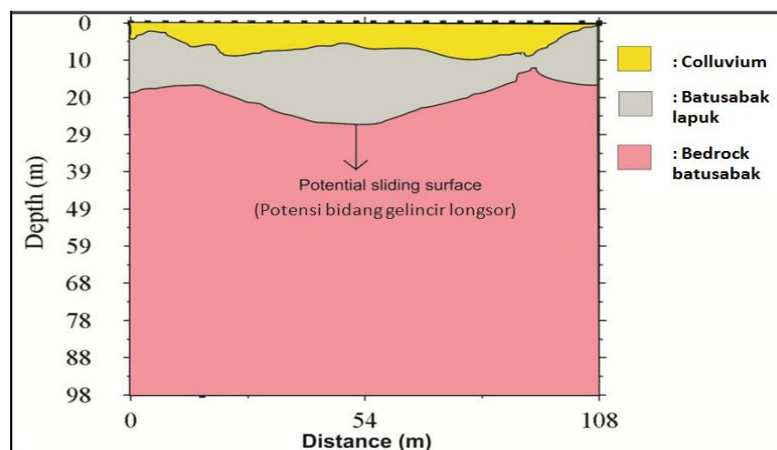
Untuk mengetahui jenis material longsor di bawah permukaan dapat menggunakan kombinasi data gambar resistivitas 2 dimensi (2D) yang telah didapatkan dari hasil pengukuran di lapangan dan menginterpretasikannya dengan mengkombinasikannya dengan data pemboran.



Gambar 8. Gambar resistivitas 2D dan data pemboran.

Berdasarkan Gambar 8, material-material di bawah permukaan pada gambar resistivitas 2D dapat ditentukan dengan mengkombinasikannya dengan data pemboran. Material-material di permukaan termasuk tanah dan kerikil memiliki nilai resistivitas sekitar $71 \Omega\text{m}$ hingga $5000 \Omega\text{m}$ (warna hijau, kuning, dan merah). Bedrock batusabak memiliki nilai resistivitas sekitar $71 \Omega\text{m}$ hingga $5000 \Omega\text{m}$. Nilai resistivitas sekitar $71 \Omega\text{m}$ hingga $595 \Omega\text{m}$ diperkirakan berasal dari batuan batusabak lapuk atau tanah, karena di daerah itu juga diperoleh zona rekahan dalam data pemboran. Rekahan-rekahan tersebut dapat menyebabkan batuan batusabak menjadi lapuk dan zona rekahan dapat dimasuki air. Nilai resistivitas akan rendah jika rekahan-rekahan tersebut kontak dengan air. Jenis-jenis material tanah longsor di daerah ini hanya satu jenis batuan, yaitu batuan batusabak. Perbedaan nilai resistivitas (beberapa warna dalam gambar resistivitas 2D), karena beberapa faktor, seperti batuan tersebut telah lapuk atau segar, zona rekahan pada batuan, dan adanya kontak batuan dengan air.

Berdasarkan gambar resistivitas 2D, data pemboran, dan Peta Geologi Taipingshan, rekonstruksi profil bawah permukaan dapat dibuat untuk mengetahui besaran dan kedalaman massa material yang bergerak. Rekonstruksi bawah permukaan profil longsor di daerah penelitian terdapat pada Gambar 9.



Gambar 9. Rekonstruksi bawah permukaan profil longsor di daerah penelitian.

Berdasarkan Gambar 9, jenis material longsor yang berada di lokasi penelitian adalah colluvium pada kedalaman 0-10 m, batuan lapuk (batusabak) pada kedalaman 10-29 m, dan bedrock (batusabak) pada kedalaman 29-100 m. Posisi bidang gelincir terletak di antara batuan lapuk (batusabak) dan bedrock (batusabak) pada ke dalam sekitar 29 m. Bidang gelincir diperoleh dari dua material yang berdekatan yang memiliki kontras yang berbeda dari nilai resistivitasnya. Hal tersebut membuatnya mudah bergerak dan terkikis di lereng yang curam dan ketika hujan deras terjadi [12] sehingga ketebalan potensi massa material yang bergerak saat terjadi longsor adalah sekitar 29 m.

4. Kesimpulan

Menurut data pemboran, gambar resistivitas 2D, dan Peta Geologi Taipingshan, rekonstruksi profil bawah permukaan dibuat untuk mengetahui kedalaman potensi massa material yang bergerak. Jenis material-material di daerah tersebut adalah colluvium pada kedalaman 0-10 m, batusabak lapuk pada kedalaman 10-29 m, dan bedrock batusabak pada kedalaman 29-100 m. Posisi bidang gelincir terletak di antara batusabak lapuk dan bedrock batusabak pada kedalaman sekitar 29 m. Bidang gelincir didapatkan dari dua material yang berdekatan yang memiliki kontras yang berbeda dari nilai resistivitasnya. Hal tu membuatnya mudah bergerak dan terkikis pada lereng yang curam dan juga pada saat hujan lebat. Sehingga ketebalan potensi massa material yang bergerak pada saat terjadi longsor adalah sekitar 29 m.

Daftar Pustaka

- [1] Chen CW, Saito H, Oguchi T. Analyzing rainfall-induced mass movements in Taiwan using the soil water index. *Landslides*. 2017 Jun 1;14(3):1031-41.
- [2] Chung MC, Tan CH, Shih KW. Case study of Taipingshan landslide triggered by Typhoon Saola. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*. 2016 Jan 31;2(28):1046-50.
- [3] Ali A, Huang J, Lyamin AV, Sloan SW, Cassidy MJ. Boundary effects of rainfall-induced landslides. *Computers and Geotechnics*. 2014 Sep 1;61:341-54.
- [4] Friedel S, Thielen A, Springman SM. Investigation of a slope endangered by rainfall-induced landslides using 3D resistivity tomography and geotechnical testing. *Journal of Applied Geophysics*. 2006 Oct 1;60(2):100-14.
- [5] Chung MC, Tan CH, Chen CH. Local rainfall thresholds for forecasting landslide occurrence: Taipingshan landslide triggered by Typhoon Saola. *Landslides*. 2017 Feb 1;14(1):19-33.
- [6] Kuras O. *The capacitive resistivity technique for electrical imaging of the shallow subsurface* (Doctoral dissertation, University of Nottingham).
- [7] Arjwech R, Everett ME. Application of 2D electrical resistivity tomography to engineering projects: Three case studies. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*. 2015 Nov 1;37(6).
- [8] Lin, C. W. MOST Project Report. 2015
- [9] Central Geological Survey. 2014. Integrated Geological Data Inquiry System. <<http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/eng/index.html>>.
- [10] Ho CS. An introduction to the geology of Taiwan, explanatory text of the geologic map of Taiwan. Central Geological Survey. 1988:151-2.

- [11] Central Geological Survey. 1986. General geologic map of Taiwan scale 1:1,000,000. Central Geological Survey, The Ministry of Economic Affairs, Taipei, Taiwan.
- [12] Souisa M, Hendrajaya L, Handayani G. Determination of Landslide Slip Surface Using Geoelectrical Resistivity Method at Ambon City Moluccas-Indonesia. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2015 Jul 20;5(7):42-7.