



Pemodelan 3D Kawasan Longsor Berdasarkan Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kecamatan Ungaran Timur

Erlina Widyaningrum^{1*}, Thaqibul Fikri Niyartama¹, Nugroho Budi Wibowo^{1,2}, Andi¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Geofisika Yogyakarta

Abstrak

Desa Kalongan merupakan daerah yang mengalami tanah longsor yang sangat ekstrim pada tahun 2022. Tanah longsor di desa ini terjadi di sekitar pemukiman warga sehingga sangat membahayakan apabila terjadinya longsor secara terus menerus. Salah satu faktor utama penyebab terjadinya tanah longsor yaitu bidang gelincir. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan 3D dan menganalisis bidang gelincir berdasarkan pemodelan 3D kawasan longsor sebagai penyebab terjadinya tanah longsor di Desa Kalongan. Daerah penelitian terletak di Desa Kalongan Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang. Pengukuran geolistrik sebanyak 11 titik pengukuran dengan panjang lintasan bervariasi antara 120 m s.d. 300 m. Hasil pemodelan multilog 3D menunjukkan distribusi nilai dan susunan lapisan bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitasnya. Hasil pemodelan stratigrafi menunjukkan tiga klasifikasi stratigrafi pada daerah penelitian yaitu batuan sedimen (material longsor) dengan nilai resistivitas 1,05 Ωm s.d. 659,16 Ωm , batuan sedimen (diduga sebagai bidang gelincir) dengan nilai resistivitas 0,31 Ωm s.d. 38,45 Ωm , dan batuan dasar dengan nilai resistivitas 469,96 Ωm s.d. 4.130,37 Ωm . Berdasarkan hasil pemodelan tersebut bidang gelincir berasal dari batuan sedimen dengan nilai resistivitas yang rendah yaitu 0,31 Ωm s.d. 38,45 Ωm yang diidentifikasi sebagai batulempung dan dominan mengarah dari selatan menuju utara.

Kata kunci: tanah longsor; bidang gelincir; metode geolistrik; konfigurasi Schlumberger.

Abstract

Kalongan Village is an area that will experience extreme landslides in 2022. Landslides in this village occur around residential areas so it is very dangerous if landslides occur continuously. One of the main factors causing landslides is the slip surface. This research aims to carry out 3D modeling and analyze slip areas based on 3D modeling of landslide areas as the cause of landslides in Kalongan Village. The research area is located in Kalongan Village, East Ungaran District, Semarang Regency. Geoelectric measurements were made at 11 measurement points with path lengths varying between 120 m to 300 m. The results of 3D multilog modeling show the distribution of values and the arrangement of subsurface layers based on their resistivity values. The results of stratigraphic modeling show three stratigraphic classifications in the research area, namely sedimentary rock (landslide material) with a resistivity value of 1.05 Ωm to 659.16 Ωm , sedimentary rock (suspected as a slip plane) with a resistivity value of 0.31 Ωm to 38.45 Ωm , and bedrock with a resistivity value of 469.96 Ωm to 4,130.37 Ωm . Based on the modeling results, the slip area originates from sedimentary rock with a low resistivity value of 0.31 Ωm to 38.45 Ωm which is identified as clays and is dominantly directed from south to north.

Keywords: landslides; slip surface; geoelectric methods; Schlumberger configuration

PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Tanah longsor yaitu perpindahan dari suatu tanah, batuan, atau di antara keduanya yang diakibatkan

karena adanya gravitasi (Blasio, 2011). Faktor yang dapat menyebabkan tanah longsor diantaranya, curah hujan yang tinggi, kemiringan lereng yang curam, hingga tanah atau batuan

*) Korespondensi: erlinawidya2605@gmail.com

Diajukan : 22 Januari 2024

Diterima : 13 Mei 2024

Diterbitkan : 24 Oktober 2024

yang diduga sebagai bidang gelincir. Tanah longsor pada umumnya bergerak di atas bidang gelincir. Bidang gelincir yaitu suatu bidang yang kedap terhadap air dan memiliki sifat yang padat sehingga tanah pelapukan dapat bergerak di atasnya (Dona dkk., 2015). Bidang gelincir pada daerah longsor ditandai oleh adanya lapisan tanah atau batuan dengan nilai resistivitas yang kontras. Bidang gelincir terdiri dari lapisan keras dan lapisan lunak. Lapisan keras (kedap air) saat terjadi hujan akan menjadi licin dan lapisan lunak menjadi material longsor yang bergerak melalui lapisan yang kedap air (Sumarli dan Hau, 2021). Material longsor dicirikan dengan material yang memiliki nilai resistivitas rendah sedangkan bidang gelincir dicirikan dengan material yang memiliki nilai resistivitas tinggi (Dona dkk., 2015).

Bidang gelincir menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya tanah longsor. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat menggambarkan kedalaman bidang gelincir pada tanah longsor untuk meminimalisir adanya kerugian yang lebih besar. Beberapa peneliti terdahulu yang telah melakukan penelitian mengenai tanah longsor dengan berbagai metode seperti geolistrik, seismik, dan magnetik. Metode geolistrik merupakan metode yang paling sering digunakan untuk mengidentifikasi bidang gelincir pada tanah longsor oleh beberapa peneliti seperti yang dilakukan oleh (Fatmawati dan Afdal, 2022; Sumarli dan Hau, 2021; Pambudi dkk., 2022; dan Tihurua dkk., 2019) yang hanya terletak pada perbedaan konfigurasi.

Metode ini merupakan metode yang mempelajari sifat kelistrikan di bawah permukaan bumi. Metode geolistrik dapat digunakan untuk mengetahui perubahan nilai resistivitas dari suatu lapisan di bawah permukaan bumi dengan menginjeksikan arus ke dalam permukaan bumi. Selain itu metode ini juga dapat mengetahui ketebalan dan kedalaman suatu lapisan di bawah permukaan bumi yang memiliki potensi longsor serta struktur bawah permukaan bumi. Sehingga metode ini dapat digunakan untuk melakukan survei pada daerah yang rentan terhadap longsor.

Desa Kalongan merupakan salah satu desa yang mengalami tanah longsor yang sangat ekstrim pada tahun 2022. Desa ini mengalami pergerakan tanah sejak tahun 2018 yang

menyebabkan putusnya jalan penghubung antara Kecamatan Ungaran Timur dan Kecamatan Mranggeng. Tanah longsor di desa ini juga dipengaruhi oleh curah hujan yang cukup tinggi yang menyebabkan seluruh lebar bahu jalan hilang sehingga akses jalan ditutup permanen (Pradana, 2023). Kondisi tanah longsor pada tahun 2023 kini semakin meluas dan tentunya membahayakan untuk pemukiman yang berada di sekitar longsor. Oleh karena itu dilakukannya penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger untuk mengidentifikasi bidang gelincir sebagai penyebab terjadinya tanah longsor di Desa Kalongan Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang, meskipun sudah banyak peneliti yang menggunakan metode geolistrik namun belum adanya penelitian terdahulu yang melakukan penelitian di Desa Kalongan ini. Hasil penelitian ini sebagai salah satu langkah mitigasi bencana untuk mengurangi risiko korban jiwa dan kerusakan material.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

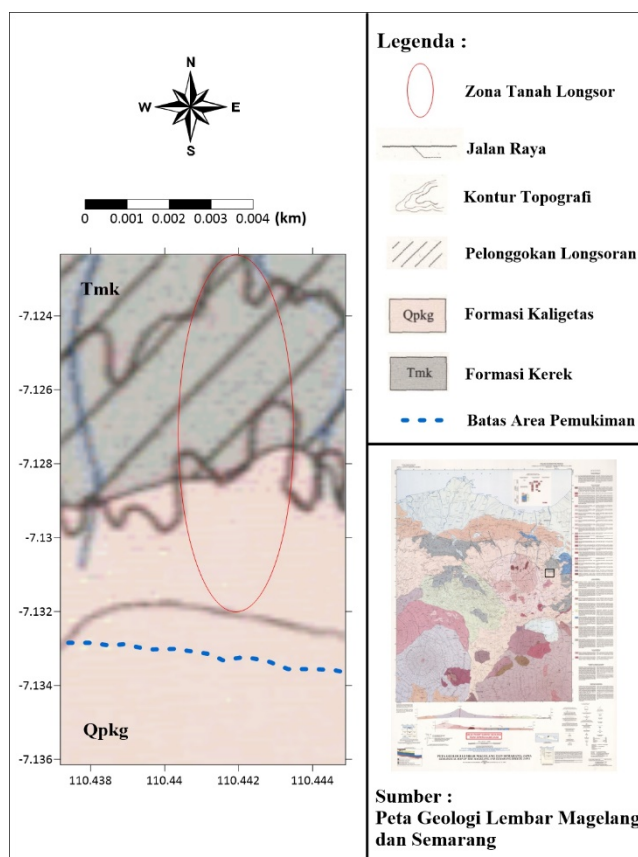
Desa Kalongan merupakan daerah yang berada pada dua formasi batuan yaitu formasi Kerek dan formasi Kaliget, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Formasi Kaliget tersusun dari batu breksi vulkanik, aliran lava, tuf, batupasir tufan, dan batulempung. Breksi aliran dan lahar dengan sisipan tuf dan lava yang kasar hingga halus (Thanden dkk., 1996). Pada bagian bawah ditemukan batulempung yang mengandung moluska dan batupasir tufan, serta batuan gunungapi yang telah melapuk yang memiliki warna coklat kemerahan membentuk bongkahan besar. Batuan pada formasi ini memiliki ketebalan antara 50 – 200 m (Hidajat dan Fahrudin, 2008). Sedangkan formasi Kerek tersusun atas batuan yang memiliki karakteristik perselingan antara batulempung, napal, batupasir tufan, konglomerat, breksi vulkanik, dan batugamping. Batulempung berwarna kelabu muda-tua, Sebagian bersisipan dengan batulanau atau batupasir. Pada bagian bawah mengandung fosil foraminifera, moluska, dan koral-koral koloni. Lapisan tipis pada konglomerat terdapat dalam batulempung, serta batugamping umumnya berlapis, kristalin, dan pasir yang memiliki ketebalan total >400 m. Formasi ini berumur Miosen Tengah.

METODOLOGI

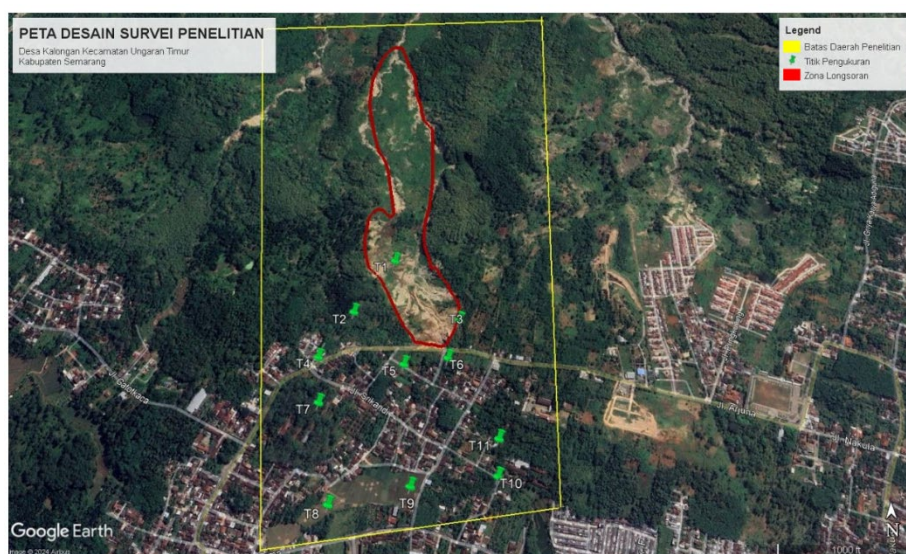
Daerah penelitian terletak di Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang dengan titik koordinat $-7,12233^{\circ}$ LS s.d. $-7,13616^{\circ}$ LS dan $110,43718^{\circ}$ BT s.d. $110,44493^{\circ}$ BT. Penelitian ini terdiri dari 11 titik pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Akuisisi data pada

penelitian ini menggunakan alat naniura *NRD-300 HF* yang dilakukan pada 23 – 31 Oktober 2023 menggunakan konfigurasi Schlumberger.

Konfigurasi Schlumberger merupakan salah satu konfigurasi pada metode geolistrik, dimana susunan elektrodanya *MN* digunakan sebagai



Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Thanden dkk., 1996)



Gambar 2. Peta Desain Survei Daerah Penelitian (Google Earth Pro, 2023)

elektroda potensial dan AB digunakan sebagai elektroda arus. Konfigurasi ini menggunakan spasi elektroda arus yang memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan spasi dari elektroda potensial (Syukri, 2020). Secara garis besar susunan elektroda pada konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar 3. Diketahui bahwa jarak spasi antar elektroda potensial yaitu $2l$ sedangkan jarak spasi antar elektroda arus $2L$, artinya nilai L lebih besar daripada nilai l .

Faktor konstanta geometri untuk konfigurasi Schlumberger pada umumnya dirumuskan sebagai berikut:

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \quad (1)$$

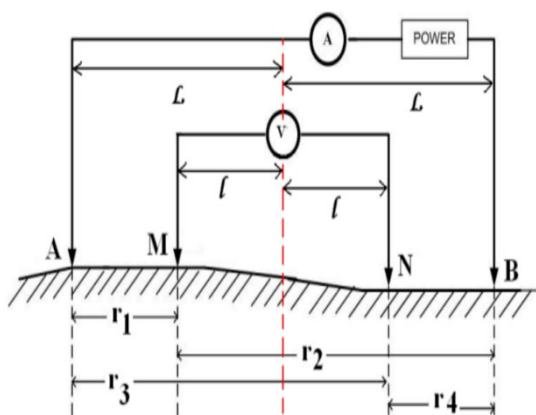
$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{L-l} - \frac{1}{L+l} - \frac{1}{L+l} + \frac{1}{L-l}} \quad (2)$$

sehingga diperoleh,

$$K = \pi \frac{(L^2 - l^2)}{2l} \quad (3)$$

Maka resistivitas semu untuk konfigurasi Schlumberger adalah:

$$\rho_a = \pi \frac{(L^2 - l^2) \Delta V}{2l I} \quad (4)$$



Gambar 3. Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger (Reynolds, 1997)

dengan K merupakan faktor geometri konfigurasi Schlumberger, L merupakan jarak elektroda arus, l merupakan jarak elektroda potensial, ρ_a adalah tahanan jenis semu dan ΔV adalah beda potensial.

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung nilai resistivitas semu (persamaan 4) dengan Microsoft Excel. Selanjutnya untuk interpretasi dan pemodelan menggunakan *software* Progress yang menghasilkan nilai resistivitas dan kedalaman setiap lapisan batuan dan *software* Rockworks 16 yang menghasilkan model multilog 3D dan stratigrafi.

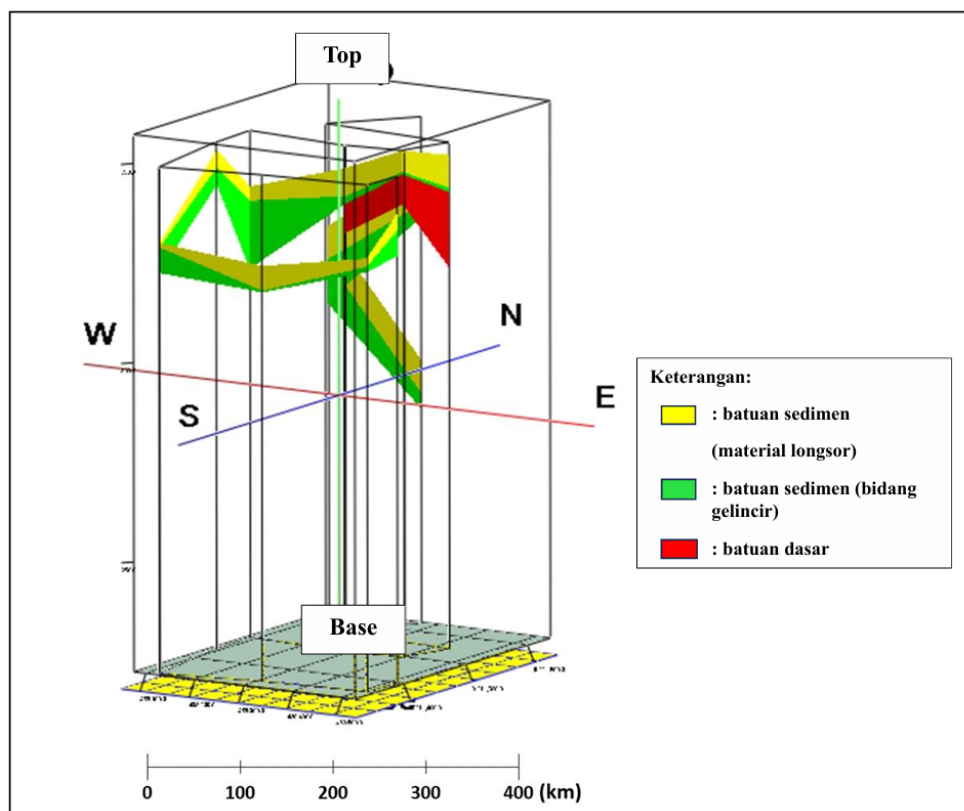
Nilai resistivitas setiap titik penelitian yang telah diolah kemudian diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas material-material bumi seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 untuk dilakukan identifikasi bidang gelincir. Data hasil interpretasi kemudian disesuaikan dengan peta geologi lembar Semarang yang menggambarkan topografi kota Semarang terutama pada lokasi penelitian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemodelan 3D pada umumnya digunakan untuk mempermudah dalam menggambarkan dan memperlihatkan keadaan yang sesungguhnya yang ada pada daerah penelitian. Parameter yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu X, Y, dan Z. Parameter X dan Y merupakan koordinat latitude dan longitude dalam UTM dari setiap titik pengukuran, Z merupakan elevasi dan total kedalaman yang dihasilkan dari setiap titik pengukuran, serta data nilai resistivitas yang digunakan yaitu data nilai resistivitas hasil inversi dari *software* Progress. Hasil dari parameter-parameter diinputkan ke *software* Rockworks 16 dan dibuat bentuk model yang membentuk model

Tabel 1. Nilai Resistivitas Batuan Sedimen (Telford dkk, 1990)

Rock Type	Resistivity Range (Ωm)
Consolidated Shales	20 - 2×10^3
Argilites	10 - 8×10^2
Conglomerates	2×10^3 - 10^4
Sandstones	1 - 6.4×10^8
Limestones	$50 - 10^7$
Dolomite	$3,5 \times 10^2$ - 5×10^3
Unconsolidated Wet Clay	20
Marls	3 - 70
Clays	1 - 100
Alluvium and Sands	10 - 800
Oil Sands	4 - 800



Gambar 4. Model Multilog 3D Daerah Penelitian

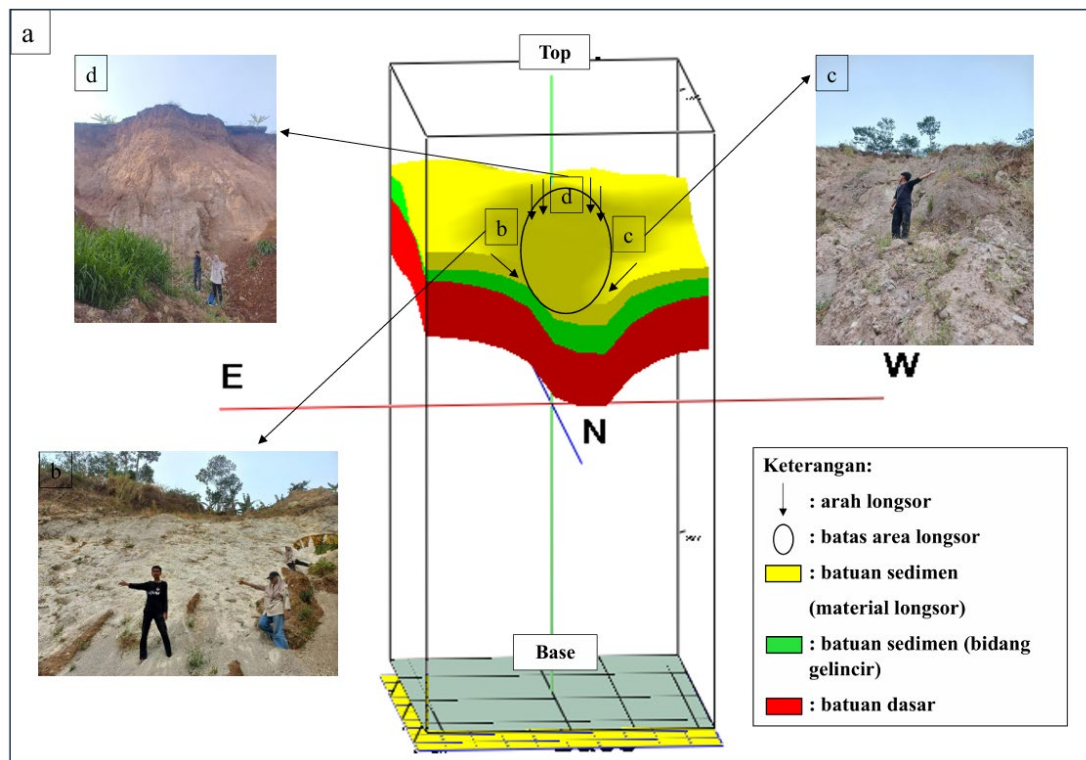
3D. Pada penelitian ini dibuat 2 model 3D yaitu model multilog 3D (Gambar 4) dan model stratigrafi (Gambar 5).

Pemodelan 3D nilai resistivitas dibuat dengan tampilan model multilog 3D untuk setiap titik pengukuran. Pemodelan multilog 3D dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan distribusi nilai resistivitas, susunan lapisan bawah permukaan bumi berdasarkan nilai resistivitasnya, dan kedalaman setiap titik pengukuran. Terdapat tiga lapisan penyusun pada model multilog 3D yaitu batuan sedimen yang ditunjukkan dengan warna kuning yang berperan sebagai material longsor tersusun atas top soil, batuan tuf, dan batupasir tufan; batuan sedimen (yang diduga sebagai bidang gelincir) yang ditunjukkan dengan hijau yaitu batulempung, dan batuan dasar ditunjukkan dengan warna merah yaitu aliran lava, yang telah diklasifikasikan berdasarkan geologi batuan penyusun daerah penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 1.

Berdasarkan hasil pengolahan di *software* Progress yang ditunjukkan pada pemodelan multilog 3D titik T1 dengan panjang lintasan 140 m yang terletak tepat di bawah longsor, titik T2 dengan panjang lintasan 300 m yang terletak di barat longsor, titik T3 dengan panjang lintasan

240 m terletak di timur longsor, titik T4 m dengan panjang lintasan 300 m terletak di barat longsor, titik T5 dengan panjang lintasan 120 m terletak di selatan longsor, titik T6 dengan panjang lintasan 120 m terletak di Tenggara longsor, titik T7 dengan panjang lintasan 200 m, titik T8 dengan panjang lintasan 300 m, titik T9 dengan panjang lintasan 200 m, titik T10 dengan panjang lintasan 200 m, dan titik T11 dengan panjang lintasan 200 m. Titik T7 hingga T11 terletak di selatan longsor dekat dengan pemukiman warga. Pada gambar dapat dilihat lapisan sedimen sebagai material longsor pada sisi barat longsor lebih tebal dibandingkan dengan lapisan sedimen sebagai material longsor pada sisi timur longsor yang ditunjukkan dengan warna kuning pada gambar di sisi barat yang lebih dominan dibandingkan dengan sisi timur, sehingga sisi barat akan lebih berpotensi mengalami penurunan apabila terjadi longsor kembali.

Model stratigrafi pada Gambar 5a menunjukkan pola persebaran 3D secara keseluruhan yang dilihat dari sisi utara. Pada gambar terdapat tiga klasifikasi stratigrafi yaitu batuan sedimen terdiri atas *top soil*, batuan tuf, dan batupasir tufan yang berperan sebagai material longsor ditunjukkan dengan warna



Gambar 5. a. Model Stratigrafi Daerah Penelitian, b. Kenampakan Longsor Sisi Timur, c. Kenampakan Longsor Sisi Barat, d. Kenampakan Longsor Sisi Selatan

kuning yang memiliki nilai resistivitas $1,05 \Omega\text{m} - 659,16 \Omega\text{m}$ terletak pada kedalaman $\pm 0 \text{ m} - 101,62 \text{ m}$ dengan ketebalan $\pm 0,37 \text{ m} - 61 \text{ m}$. Batuan sedimen yang diduga sebagai bidang gelincir yaitu batulempung ditunjukkan dengan warna hijau yang memiliki nilai resistivitas $0,31 \Omega\text{m} - 38,45 \Omega\text{m}$ ditemukan mulai dari kedalaman $1,11 \text{ m} - 8,84 \text{ m}$ dengan ketebalan $0,27 \text{ m} - 17,1 \text{ m}$. Batuan dasar yaitu aliran lava yang ditunjukkan dengan warna merah yang memiliki nilai resistivitas $469,96 \Omega\text{m} - 4130,37 \Omega\text{m}$ terletak pada kedalaman $\pm 13,54 \text{ m} - 28,07 \text{ m}$. Pada Gambar 5b menunjukkan kenampakan longsor pada sisi timur yang dilihat dari arah barat, dimana bentuk longsor langsung menurun dan lapisan sedimen yang berperan sebagai material longsor terlihat dengan jelas. Gambar 5c menunjukkan kenampakan longsor pada sisi barat yang dilihat dari arah timur, pada sisi ini bentuk longsor tidak seperti sisi timur, namun adanya lapisan-lapisan longsor yang membentuk seperti bukit. Gambar 5d menunjukkan kenampakan longsor pada sisi selatan yang dilihat dari arah utara, dapat dilihat bahwa kedalaman longsor $\pm 20 \text{ m}$.

Batuan sedimen atau material longsor bergerak melalui bidang gelincir yang merupakan suatu lapisan kedap terhadap air. Bidang gelincir ditandai dengan lapisan yang memiliki nilai resistivitas kontras (Dona dkk, 2015). Biasanya bidang gelincir memiliki nilai yang lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan dengan lapisan yang ada di sekitarnya. Pada model stratigrafi di atas, bidang gelincir berada diantara lapisan batuan sedimen dan lapisan batuan dasar. Bidang gelincir pada penelitian ini termasuk kedalam batuan sedimen yang memiliki nilai resistivitas rendah, diperkirakan berada pada kedalaman $1,11 \text{ m} - 8,84 \text{ m}$ dengan ketebalan lapisan $0,27 \text{ m} - 17,1 \text{ m}$. Lapisan penyusun bidang gelincir diidentifikasi adalah batulempung. Batulempung saat terjadi hujan, lapisan batuan sedimen yang merupakan material longsor menyimpan air yang menyebabkan bertambahnya beban lapisan tersebut, sehingga gaya pendorong pada batuan tersebut juga akan bertambah (Dona dkk, 2015). Batulempung akan berperan sebagai bidang gelincir yang kedap air sehingga air hujan akan menambah beban batuan sedimen di atasnya. Arah longsor juga ditunjukkan pada gambar berupa tanda panah hitam dimana arah longsor dominan yaitu dari selatan ke utara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bidang gelincir yang menyebabkan terjadinya longsor di Desa Kalongan yaitu berasal dari batuan sedimen dengan nilai resistivitas yang rendah yaitu $0,31 \Omega\text{m} - 38,45 \Omega\text{m}$ pada kedalaman $1,11 \text{ m} - 8,84 \text{ m}$ dengan ketebalan $0,27 \text{ m} - 17,1 \text{ m}$ yang diidentifikasi sebagai batulempung. Bidang gelincir pada longsor desa ini dominan mengarah ke utara. Penelitian lanjutan dengan menggunakan metode lain diperlukan untuk mendapatkan gambaran bidang gelincir yang lebih komprehensif di Desa Kalongan Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah menyediakan peralatan geolistrik untuk penelitian ini serta terima kasih kepada rekan-rekan yang telah membantu selama pengambilan data. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pengulas anonim untuk saran dan komentar pentingnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Blasio, F.V.D. (2011). *Introduction to the Physics of Landslides*. London New York.
- Dona, I.R., Akmam, Sudiar, N.Y. (2015). Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. *Pillar of Physics*, 5, hal.1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.24036/1822171074>
- Fatmawati, S.G. dan Afdal. (2022). Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2 Dimensi Konfigurasi Wenner (Studi Kasus: Padayo Bukit Atas Indarung Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang). *Jurnal Fisika Unand*, 11(4), hal.487-493. DOI: doi.org/10.25077/jfu.11.4.487-493.2022
- Google Earth Pro. (2023). Kalongan, Ungaran Timur pada Google Earth Pro versi 7.3.6.9796.
- Hidajat, W.K. dan Fahrudin. (2008). Geologi Kampus Tembalang. *Jurnal Teknik*, 29(2). DOI: doi.org/10.14710/teknik.v29i2.1940
- Pambudi, R.R., Nurul, M., Prihadita, W.P., Mulyasari, R. (2022). Analisis Kelongsoran Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Dan Wenner-Alpha Di Jalan Raya Suban Bandar Lampung. *Jurnal Geoelebes*, 6(2), hal. 108-116. DOI: doi.org/10.20956/geoelebes.v6i2.17903
- Pradana, R.G. (2023). *Tebing Longsor di Kalongan Ungaran Kabupaten Semarang Kian Parah, Kini Jalan Pun Turut Ambles*. Diakses 25 Juni 2023 dari https://muria.tribunnews.com/2023/01/16/tebing-longsor-di-kalongan-ungaran-kabupaten-semarang-kian-parah-kini-jalan-pun-turut-ambles?lgn_method=google
- Reynolds, J.M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- Sumarli dan Hau, R.R.H. (2021). Identifikasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Perumahan Ayudia Semarang. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 7(2), hal.177-181. DOI: [10.29303/jpft.v7i2.3168](https://doi.org/10.29303/jpft.v7i2.3168)
- Syukri, M. (2020). *Dasar-Dasar Metode Geolistrik*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysicst*. Cambridge: University Press.
- Thanden, RE., Sumadirdja, H., Richards, PW., Sutisna, K., dan Amin, TC. (1996). *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Survei Geologi.
- Tihurua, N., Niyartama, T.F., Setyaningrum, Y.E., dan Uyun, Q. (2019). Identification of Landslide-Prone Subsoil Using Wenner Configuration Geoelectric Method in Gayamharjo Village, Prambanan District, Sleman Regency. *Proceeding International Conference on Science and Engineering 2018: 2nd ICSE*. 125-129.