



## INVESTIGASI FORENSIK PASCA-KEGAGALAN LONGSOR DI SUMATERA SELATAN

Kharestian Kari Gumai, Ratna Widyawati<sup>2</sup>, Alexander Purba<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Selatan, Jl. Kol H.M. Noerdin Pandji RT.03 RW.01 No.78 KM.7 Kota Palembang

<sup>2</sup> Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Lampung, Jalan Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung

### INFORMASI ARTIKEL

*Riwayat artikel:*  
Diterbitkan : 24 April 2024

*Kata kunci:*  
longsor, kegagalan lereng,  
investigasi forensik

### ABSTRAK

Beberapa ruas jalan nasional di Provinsi Sumatera Selatan, khususnya di sepanjang Jalan Lintas Tengah Sumatera dan jalan yang menghubungkan Lahat dengan Pagar Alam, berada di daerah yang rawan longsor. Hal ini disebabkan oleh kondisi medan dan geologi yang kurang stabil. Wilayah ini terbentuk dari formasi geologi Talang Akar, yang terdiri dari batu pasir halus, batu lempung, lanau, dan serpih. Jenis batuan ini memiliki sifat yang mudah menyerap air, sehingga saat hujan turun dengan intensitas tinggi, tanah di daerah tersebut kehilangan kekuatan gesernya. Akibatnya, tanah menjadi lebih mudah mengalami pergerakan dan longsor. Selain faktor geologi, perubahan iklim juga turut mempengaruhi stabilitas tanah di daerah ini. Pola hujan yang mengalami perubahan, di mana musim hujan menjadi lebih singkat tetapi dengan intensitas yang lebih tinggi, mempercepat proses erosi dan meningkatkan tekanan air pori dalam tanah. Hal ini semakin memperbesar kemungkinan terjadinya longsor, terutama di kawasan dengan kemiringan lereng yang curam dan drainase yang buruk. Salah satu kejadian longsor yang cukup parah terjadi pada tahun 2021, di mana hujan deras memicu pergerakan tanah yang menyebabkan akses jalan nasional dari Lahat ke Pagar Alam terputus. Akibatnya, aktivitas masyarakat terganggu, distribusi barang dan jasa terhambat, serta perekonomian lokal mengalami dampak yang cukup besar. Berdasarkan pengamatan lapangan, ditemukan bahwa sistem drainase yang ada tidak mampu mengalirkan air dengan cepat, sehingga air tergenang di sisi bukit. Genangan air ini memperburuk kondisi tanah yang sudah lemah, mempercepat proses pelongsoran. Hasil penyelidikan geoteknik menunjukkan bahwa lapisan tanah di daerah tersebut memiliki karakteristik yang beragam. Pada kedalaman 1 hingga 14 meter, tanah didominasi oleh kerikil dan batu lempung yang terfragmentasi, sedangkan pada kedalaman 14 hingga 18 meter terdapat lapisan batu pasir sangat halus. Lebih dalam lagi, pada kedalaman 18 hingga 30 meter, ditemukan lapisan batu lempung-lanau. Pengukuran resistivitas listrik juga menunjukkan bahwa zona yang jenuh air mencapai kedalaman 6 hingga 15 meter. Hal ini menunjukkan bahwa air tanah dapat dengan mudah meresap ke dalam lapisan tanah dan menyebabkan tekanan air pori meningkat, yang pada akhirnya membuat lereng semakin tidak stabil. Lebih lanjut, analisis perhitungan balik terhadap stabilitas lereng menunjukkan bahwa faktor keamanan di daerah ini hanya sebesar 1,02. Angka ini sangat mendekati batas kritis, yang berarti lereng berada dalam kondisi sangat rawan longsor. Dengan kondisi yang demikian, perlu dilakukan berbagai upaya stabilisasi lereng agar longsor serupa tidak terjadi lagi di masa depan. Beberapa solusi yang dapat diterapkan antara lain adalah perbaikan sistem drainase agar air hujan tidak lagi menggenang di lereng, pemasangan dinding penahan tanah untuk memperkuat struktur lereng, serta penggunaan teknik perkuatan tanah seperti pemasangan paku bumi atau geotekstil. Selain itu, pemantauan berkala dan peringatan dini juga perlu diterapkan untuk mengurangi risiko bencana dan memberikan waktu bagi masyarakat serta pihak berwenang untuk melakukan langkah mitigasi sebelum terjadi longsor yang lebih besar. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan akses jalan nasional di wilayah Sumatera Selatan dapat lebih aman dan terhindar dari gangguan akibat bencana longsor.

## 1. PENDAHULUAN

Jalan nasional di Provinsi Sumatera Selatan memiliki tingkat kerawanan longsor yang tinggi, terutama di jalur yang menghubungkan Kabupaten Lahat, Kota Pagar Alam, Tanjung Sakti, hingga perbatasan Provinsi Bengkulu. Jalur ini merupakan akses utama yang sangat vital bagi mobilitas masyarakat serta jalur distribusi barang dan jasa antarprovinsi. Namun, karena kondisi geologi dan topografinya yang didominasi oleh perbukitan dengan lereng yang curam, kawasan ini sering mengalami longsor, terutama saat musim hujan dengan curah hujan yang tinggi.

Salah satu peristiwa longsor yang cukup parah terjadi pada tahun 2021, tepatnya di Jalan Lahat – Sp. Air Dingin pada Km 229+760. Kejadian ini menyebabkan jalur utama yang menghubungkan Kabupaten Lahat dengan Kota Pagar Alam terputus total. Dampak dari longsor ini tidak hanya membahayakan keselamatan para pengguna jalan, tetapi juga mengganggu aktivitas ekonomi dan logistik di kawasan tersebut. Kendaraan yang membawa barang dari Sumatera Selatan ke Bengkulu atau sebaliknya terpaksa harus mencari jalur alternatif yang lebih jauh, sehingga meningkatkan waktu tempuh dan biaya transportasi. Akibatnya, distribusi barang, terutama kebutuhan pokok dan hasil pertanian, menjadi terhambat dan berpotensi mempengaruhi perekonomian lokal.

Longsor yang terjadi di jalur ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya adalah kondisi morfologi lereng, struktur geologi, dan aspek hidrologi yang memengaruhi kestabilan tanah dan batuan di lereng. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulyasari (2021), tanah di daerah ini memiliki karakteristik yang mudah menyerap air, terutama pada lapisan batu pasir halus, batu lempung, lanau, dan serpih yang mendominasi formasi geologi Talang Akar. Ketika hujan deras terjadi, air meresap ke dalam tanah dan meningkatkan tekanan air pori, sehingga menyebabkan tanah kehilangan daya tahannya dan memicu pergerakan massa tanah atau batuan di lereng.

Selain itu, drainase yang kurang optimal di beberapa titik memperparah kondisi ini. Air hujan yang tidak segera mengalir dengan baik menyebabkan genangan di sisi bukit dan meningkatkan beban air pada tanah. Akibatnya, tanah menjadi lebih jenuh dan lebih mudah mengalami pergeseran. Dengan kondisi morfologi yang curam serta beban tambahan dari genangan air, longsor menjadi lebih sulit untuk dihindari.

Menyadari tingginya risiko longsor di jalur ini, pada tahun 2021, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJN) Wilayah Sumatera Selatan di bawah Kementerian Pekerjaan Umum (PU) melakukan inventarisasi dan pendataan terhadap titik-titik rawan longsor. Hasil dari pendataan tersebut menunjukkan bahwa terdapat empat lokasi yang telah mengalami longsor serta 11 titik lain yang memiliki potensi longsor tinggi di sepanjang jalur Lahat – Pagar Alam – Tanjung Sakti – perbatasan Bengkulu. Data ini menunjukkan bahwa jalur ini memang membutuhkan perhatian khusus untuk mengurangi risiko longsor yang dapat membahayakan keselamatan pengguna jalan serta mengganggu akses transportasi antarwilayah.

Dengan banyaknya kejadian longsor yang telah terjadi, diperlukan penelitian lebih mendalam untuk memahami faktor-faktor penyebab longsor secara lebih detail. Pengumpulan data yang lebih komprehensif dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, seperti pemetaan geologi, analisis hidrologi, pengukuran stabilitas lereng, serta pemantauan kondisi drainase. Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang tepat untuk mengurangi risiko longsor di daerah tersebut.

Beberapa langkah mitigasi yang dapat diterapkan antara lain adalah perbaikan sistem drainase agar air hujan dapat segera mengalir dengan baik dan tidak menggenangi di lereng, pemasangan dinding penahan tanah untuk memperkuat struktur lereng, serta pemasangan jaring kawat atau geotekstil untuk menahan pergerakan tanah. Selain itu, teknik stabilisasi tanah dengan injeksi semen atau penggunaan paku bumi juga bisa menjadi alternatif untuk meningkatkan kekuatan tanah dan mencegah terjadinya longsor di masa mendatang.

Selain upaya teknis, pemantauan secara berkala dan sistem peringatan dini juga perlu diterapkan agar masyarakat dan pengguna jalan dapat mengetahui kondisi terkini dari jalur tersebut. Dengan adanya mitigasi yang tepat dan perencanaan yang matang, diharapkan jalan nasional di Provinsi Sumatera Selatan, khususnya di jalur Lahat – Pagar Alam – Tanjung Sakti – perbatasan Bengkulu, dapat lebih aman dan dapat digunakan secara optimal tanpa gangguan akibat longsor yang berulang.

### 1.1. Lokasi

Penelitian ini berfokus pada Jalan Lahat – Sp. Air Dingin (Km 229+790), yang terletak di daerah dengan kondisi morfologi berbukit. Daerah ini masuk dalam kategori lereng curam hingga sangat curam, yang secara alami menghasilkan gaya vertikal lebih besar dan menarik massa batuan ke bawah akibat gravitasi (Susanti, 2019). Kontur medan seperti ini meningkatkan risiko ketidakstabilan tanah dan potensi longsor, terutama saat ada pengaruh eksternal seperti hujan lebat, perubahan kadar air dalam tanah, serta aktivitas manusia di sekitar lereng.

Jalan pada ruas ini dikelilingi oleh dua tipe lereng, yaitu lereng atas dan lereng bawah. Lereng atas merupakan lereng alami yang terdiri dari material asli, sedangkan lereng bawah merupakan hasil timbunan tanah dari longsor sebelumnya yang berasal dari lereng atas. Dengan kondisi ini, kestabilan lereng bawah sangat bergantung pada karakteristik material timbunan, kemiringan lereng, serta faktor lingkungan seperti curah hujan dan kondisi drainase. Posisi longsor yang diamati dalam penelitian ini terjadi pada bagian lereng bawah jalan, yang merupakan area dengan kestabilan lebih rendah dibandingkan lereng atas.

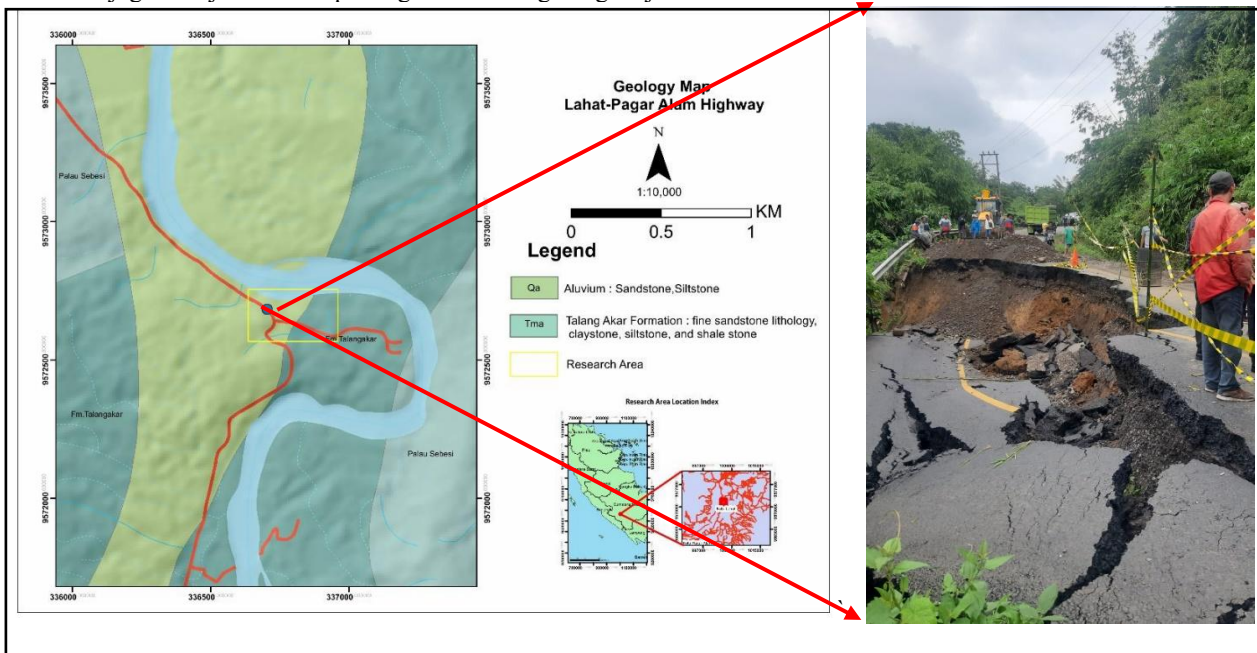
Jenis longsor yang terjadi di lokasi ini adalah longsor rotasi, yang ditandai dengan terbentuknya lengkungan di permukaan longsor dan pembengkakan di kaki lereng (Naryanto, 2019). Longsor rotasi ini terjadi ketika tanah atau batuan bergerak ke bawah sepanjang bidang lengkung akibat ketidakmampuan lereng dalam menahan gaya geser. Kejadian longsor seperti ini sering kali diperburuk oleh infiltrasi air yang meningkatkan tekanan air pori dan mengurangi daya dukung tanah.

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, longsor di lokasi ini memiliki beberapa parameter penting yang menunjukkan skala kejadiannya. Panjang mahkota longsor mencapai 32 meter, menunjukkan area yang cukup luas terdampak oleh pergerakan tanah. Sudut kemiringan lereng longsor mencapai 82°, yang tergolong sangat curam dan berisiko tinggi terhadap ketidakstabilan. Kedalaman bidang longsor terukur mencapai 12 meter, yang menunjukkan bahwa longsor ini bukan hanya terjadi di lapisan permukaan, tetapi juga melibatkan lapisan tanah yang lebih dalam. Selain itu, ditemukan adanya tiga mata air yang mengalir pada kedalaman 6–7 meter, yang kemungkinan besar berkontribusi terhadap pergerakan tanah dengan meningkatkan kelembaban dan tekanan air dalam tanah.

Dengan kondisi lereng yang sangat curam serta adanya mata air di dalam tanah, diperlukan strategi mitigasi yang tepat untuk mencegah longsor serupa terjadi di masa depan. Perkuatan lereng

dapat dilakukan dengan pemasangan struktur penahan seperti dinding penahan tanah atau perkuatan lereng dengan metode bioengineering, seperti penanaman vegetasi dengan akar dalam untuk meningkatkan kohesi tanah. Selain itu, perbaikan sistem drainase juga menjadi faktor penting untuk mengurangi laju

infiltrasi air dan mengendalikan aliran air tanah di area tersebut. Dengan pendekatan yang komprehensif dan berbasis pada hasil penelitian ini, diharapkan stabilitas lereng di ruas jalan ini dapat ditingkatkan dan risiko longsor dapat diminimalkan.



Gambar 1 : Peta Geologis dan kondisi longsor pada ruas jalan Lahat – Pagaralam Km 229+760 (Dimodifikasi dari Gafoer dkk., 1986)

## 2. PENGUMPULAN DATA DAN METODE

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis data untuk menganalisis kondisi tanah dan faktor penyebab longsor di lokasi penelitian. Data utama yang digunakan meliputi dua titik bor tanah (*boring*), dua lintasan pengukuran geolistrik (*geoelectrical*), serta data elevasi topografi yang telah tersedia. Data bor tanah diperoleh melalui pengeboran di dua lokasi yang berbeda, yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah di bawah permukaan, termasuk jenis tanah, ketebalan masing-masing lapisan, serta tingkat kekuatan dan kestabilannya. Informasi dari hasil bor ini sangat penting dalam menentukan komposisi stratigrafi dan sifat mekanis tanah yang berkaitan dengan potensi longsor.

Sementara itu, data geolistrik diperoleh melalui dua lintasan pengukuran yang bertujuan untuk mengidentifikasi variasi resistivitas batuan di bawah permukaan. Resistivitas merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan tanah atau batuan dalam menghantarkan listrik, yang dapat memberikan informasi mengenai tingkat kejenuhan air dalam tanah serta jenis material penyusunnya. Dengan menggunakan teknik geolistrik, penelitian ini dapat memetakan zona-zona tanah atau batuan yang memiliki potensi lebih besar terhadap ketidakstabilan.

Selain itu, data elevasi topografi yang telah tersedia digunakan untuk menggambarkan bentuk permukaan tanah dan kemiringan lereng di lokasi penelitian. Kemiringan lereng merupakan faktor penting dalam analisis stabilitas, karena semakin curam lereng, semakin besar gaya gravitasi yang bekerja dan semakin tinggi risiko longsor.

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, penelitian ini bertujuan untuk membuat model penampang stratigrafi yang menggambarkan susunan lapisan tanah di bawah permukaan,

menentukan bidang longsor yang menjadi jalur pergerakan massa tanah, serta memetakan zona resistivitas batuan untuk mengetahui distribusi material yang mungkin berkontribusi terhadap kejadian longsor.

Selanjutnya, analisis lebih lanjut dilakukan dengan metode analisis balik (*back analysis*) menggunakan perangkat lunak Plaxis. Plaxis adalah aplikasi berbasis elemen hingga yang digunakan untuk menganalisis kestabilan tanah dan struktur geoteknik. Dengan menggunakan data yang telah diperoleh, simulasi akan dilakukan untuk meninjau kembali kondisi longsor yang terjadi, mengevaluasi faktor-faktor penyebabnya, serta menilai tingkat keamanan lereng berdasarkan faktor keamanan yang dihitung. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kondisi longsor di lokasi penelitian serta membantu dalam merancang solusi teknis yang efektif untuk mencegah longsor di masa mendatang.

### 2.1.1 Geologi Regional dan Hasil Uji Pengeboran,

Secara geologi regional, daerah penelitian termasuk dalam Formasi Talang Akar, yang tersusun atas berbagai satuan batuan seperti batu pasir, batu lempung, lanau, dan serpih (Gambar 1). Formasi ini memiliki karakteristik batuan yang cukup bervariasi, di mana batu pasir cenderung lebih permeabel dan memungkinkan infiltrasi air, sementara batu lempung dan serpih memiliki sifat lebih kedap air, namun cenderung mengalami pelapukan yang dapat mengurangi kestabilan lereng.

Untuk memahami kondisi bawah permukaan secara lebih rinci, dilakukan dua uji pengeboran tanah pada dua lokasi berbeda, yakni BH-01 dan BH-02. Tujuan dari uji pengeboran ini adalah untuk mengetahui stratigrafi batuan di lokasi penelitian, termasuk jenis lapisan tanah, kedalamannya, serta nilai kekerasan tanah berdasarkan uji NSPT (*Standard Penetration Test*).



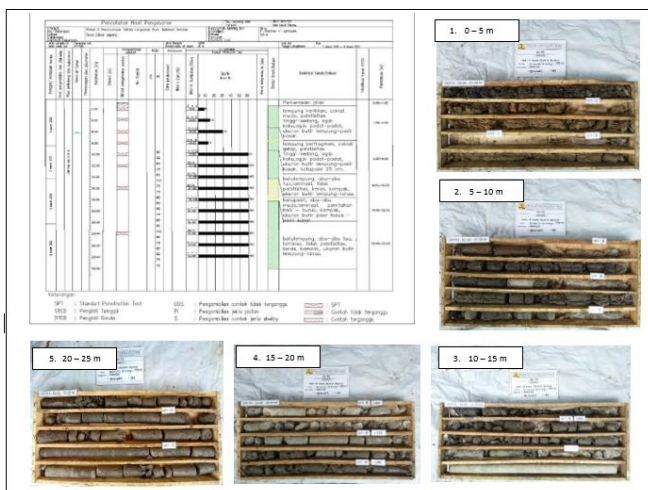
#### Hasil Uji Tanah pada Titik Pengeboran BH-01

- Kedalaman 0–14 meter terdiri dari lapisan batu lempung yang terfragmentasi, dengan sisipan batu pasir yang muncul pada kedalaman sekitar 6 meter. Nilai NSPT berkisar antara 8–29, yang menunjukkan bahwa material pada kedalaman ini memiliki kekuatan sedang hingga cukup padat.
- Kedalaman 14–18 meter tersusun atas lapisan batu pasir, dengan nilai NSPT  $>60$ , yang menandakan bahwa lapisan ini memiliki kekerasan yang tinggi dan cukup stabil.
- Kedalaman 18–28 meter didominasi oleh lapisan batu lempung, dengan nilai NSPT  $>60$ , yang juga menunjukkan tingkat kekerasan tinggi dan kestabilan yang cukup baik. (Gambar 2)

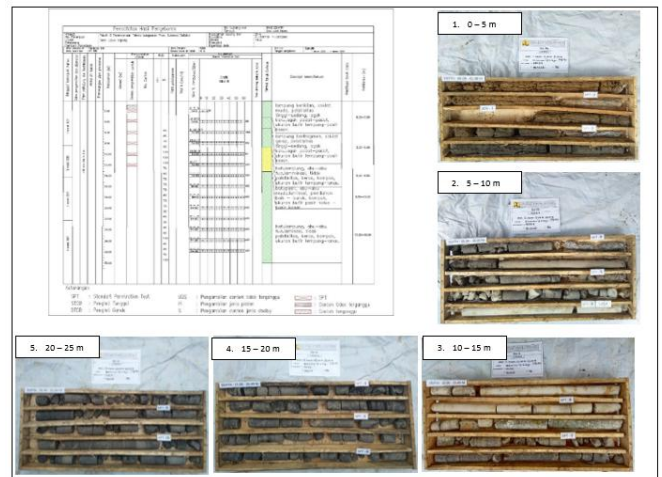
#### Hasil Uji Tanah pada Titik Pengeboran BH-02

- Kedalaman 0–3 meter tersusun atas lapisan lempung kerikil, dengan nilai NSPT 11–58, yang menunjukkan adanya variasi kekerasan tanah dari sedang hingga cukup padat.
- Kedalaman 3–8 meter terdiri dari lapisan batu lempung, dengan nilai NSPT  $>60$ , yang menandakan material yang cukup padat dan stabil.
- Kedalaman 8–13 meter tersusun atas lapisan batu pasir, dengan nilai NSPT  $>60$ , yang menunjukkan bahwa lapisan ini memiliki tingkat kekerasan tinggi.
- Kedalaman 13–29 meter kembali didominasi oleh lapisan batu lempung, dengan nilai NSPT  $>60$ , yang menunjukkan kondisi yang cukup padat dan stabil. (Gambar 3)

Berdasarkan hasil pengeboran ini, dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian memiliki variasi litologi yang cukup kompleks, dengan lapisan batu lempung yang dominan pada kedalaman tertentu, serta adanya sisipan batu pasir yang lebih kuat pada kedalaman lebih dalam. Perbedaan komposisi dan karakteristik tanah ini dapat memengaruhi kestabilan lereng, terutama pada kedalaman dangkal di mana lapisan tanah yang lebih lemah berpotensi mengalami pergerakan saat menerima beban tambahan atau terpengaruh oleh infiltrasi air. Oleh karena itu, analisis lebih lanjut mengenai kestabilan lereng dan mekanisme longsor perlu dilakukan dengan mempertimbangkan stratigrafi batuan ini.



Gambar 2 Data Hasil Pengeboran BH-01 dan Stratigrafi Batuan.



Gambar 3 Data Hasil Pengeboran BH-02 dan Stratigrafi Batuan.

#### 2.1.2 RESISTIVITAS BATUAN

Dua lintasan survei geoelectric telah dilakukan untuk menentukan zona jenuh air dan tidak jenuh berdasarkan nilai resistivitas. Pengujian ini dilakukan pada dua lintasan dengan panjang masing-masing 150 meter guna memperoleh gambaran bawah permukaan yang lebih akurat. Kedua pengukuran pada lintasan 1 dan 2 dilakukan dengan metode konfigurasi elektroda tertentu untuk memastikan data yang diperoleh memiliki resolusi yang baik. Penempatan elektroda, mulai dari elektroda 1 hingga elektroda 32, disusun secara linear dan sejajar dengan jalan utama agar distribusi data resistivitas lebih representatif terhadap kondisi geologi setempat. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil yang diperoleh dapat memberikan informasi yang lebih jelas mengenai karakteristik lapisan tanah dan potensi akuifer di lokasi survei. (Gambar 4).

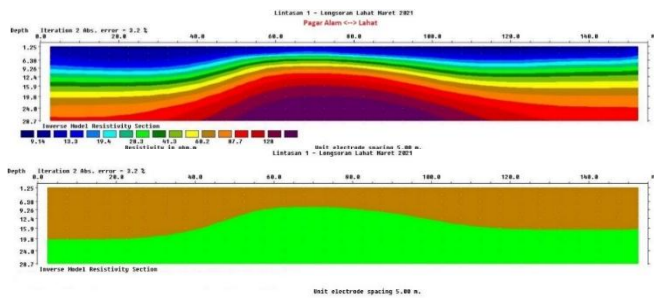


Gambar 4 Posisi dari Jalur Geoelectric pada Line 1 dan Line 2

#### • Line Geoelectric 1

Berdasarkan hasil Line Geoelectric 1, ditemukan dua jenis zona, yaitu zona jenuh air dan zona tidak jenuh air. Zona jenuh air ditandai dengan warna coklat dengan resistivitas  $<60 \Omega m$ , dengan kedalaman 9,26–19,8 meter. Zona tidak jenuh air memiliki resistivitas 61–300  $\Omega m$ , hingga kedalaman 30 meter di bawah permukaan. Hal ini menandakan bahwa zona jenuh air berpotensi sebagai akuifer yang dapat menyimpan dan

mengalirkan air tanah, sedangkan zona tidak jenuh air menunjukkan lapisan dengan kandungan air yang lebih sedikit atau bahkan kering. (Gambar 5)



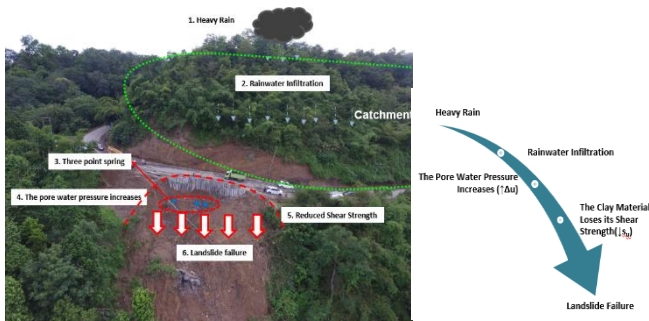
Gambar 5 Hasil Test Geoelectric untuk line 1 pada Km 229+760.

### • Lintasan Geolistrik 2

Berdasarkan hasil Line Geoelectric 2, ditemukan zona dengan karakteristik serupa. Zona jenuh air ditandai dengan warna coklat dengan resistivitas  $<60 \Omega m$ , dengan kedalaman 6,38–15,9 meter. Zona tidak jenuh air memiliki resistivitas 61–300  $\Omega m$ , hingga kedalaman 30 meter. Hal ini menandakan bahwa zona jenuh air pada Line Geoelectric 2 juga berpotensi sebagai akuifer yang dapat menyimpan dan mengalirkan air tanah, sementara zona tidak jenuh air menunjukkan lapisan dengan kandungan air yang lebih sedikit atau bahkan kering.

### 3. ANALISIS DATA

Hasil analisis menunjukkan bahwa longsor terjadi akibat infiltrasi air permukaan yang meresap ke dalam lapisan batuan bawah. Proses ini menyebabkan peningkatan kadar air dalam tanah, yang berkontribusi pada perubahan sifat mekanik material penyusun lereng. Pengaruh aliran air bawah tanah semakin memperburuk kondisi dengan menjenuhkan lapisan pecahan batu lempung, sehingga material tersebut mengalami pelemahan struktural. Akibatnya, kekuatan geser lapisan batu lempung berkurang secara signifikan, mengurangi daya dukung lereng terhadap beban di atasnya. Kondisi ini mempercepat terbentuknya bidang longsor pada kedalaman sekitar 6 meter, yang kemudian mengakibatkan pergerakan massa tanah secara tiba-tiba atau bertahap. Faktor lain, seperti curah hujan tinggi dan kemiringan lereng yang curam, turut mempercepat proses kegagalan lereng, meningkatkan risiko longsor di wilayah tersebut.



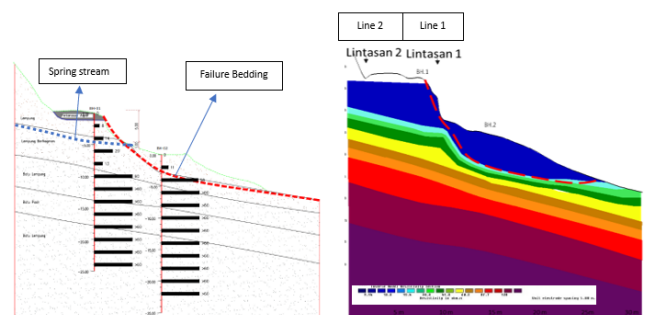
Gambar 7: Skema Terjadinya Longsor di Lokasi Penelitian

Zona kejenuhan lapisan pecahan batu lempung ini terbukti dipengaruhi oleh aliran air tanah yang berada pada kedalaman sekitar 6 meter. Hasil uji geoelectric menunjukkan bahwa zona resistivitas pada kedalaman 0–6 meter memiliki nilai berkisar

antara 9,14–13,3  $\Omega m$ . Nilai resistivitas yang rendah ini mengindikasikan bahwa lapisan tersebut memiliki kadar air yang tinggi, sehingga berfungsi sebagai zona jenuh air. Kondisi ini berkontribusi terhadap melemahnya struktur tanah dan batuan di area tersebut, yang pada akhirnya meningkatkan risiko longsor.

Zona resistivitas rendah menandakan bahwa material penyusun lereng memiliki porositas tinggi, memungkinkan air meresap dengan mudah dan menjenuhkan tanah secara bertahap. Akumulasi air ini menyebabkan penurunan kekuatan geser material lereng, sehingga ketahanan terhadap gaya gravitasi berkurang secara signifikan. Akibatnya, beban dari tanah di bagian atas tidak lagi didukung dengan baik, memicu pergerakan massa tanah yang berujung pada longsor.

Oleh karena itu, dapat dipastikan bahwa aliran air tanah menjadi faktor utama penyebab longsor di lereng bagian bawah jalan. Kondisi ini menunjukkan perlunya tindakan mitigasi yang tepat, seperti pemasangan sistem drainase yang efektif untuk mengurangi infiltrasi air ke dalam tanah dan meningkatkan stabilitas lereng guna mencegah longsor di masa mendatang.



Gambar 8: Penampang Lapisan Stratigrafi dan Penampang Zona Resistivitas di Lokasi Penelitian.

Selanjutnya, dilakukan simulasi pemodelan untuk menentukan kondisi eksisting menggunakan metode analisis balik dengan perangkat lunak Plaxis. Pemodelan ini dilakukan berdasarkan data sifat tanah yang diperoleh dari hasil investigasi lapangan dan pengujian laboratorium, sebagaimana tercantum dalam Tabel 1. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kestabilan lereng serta mengidentifikasi potensi risiko longsor di lokasi penelitian.

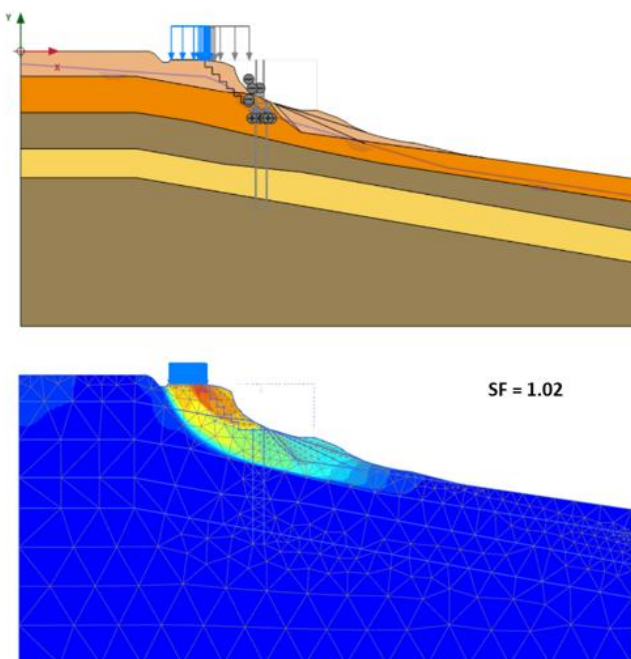
Hasil simulasi menunjukkan bahwa faktor keamanan (*safety factor* atau SF) lereng eksisting bernilai 1,02. Nilai ini mengindikasikan bahwa lereng berada dalam kondisi tidak stabil atau kritis, karena berada di ambang batas kestabilan yang umumnya direkomendasikan, yaitu  $SF \geq 1,3$  untuk kondisi aman. Faktor keamanan yang rendah ini menunjukkan bahwa gaya pendorong akibat beban tanah dan infiltrasi air hampir sebanding dengan gaya penahan lereng, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya longsor lanjutan, terutama jika terjadi hujan deras atau beban tambahan di atas lereng.

Dengan kondisi yang demikian, diperlukan tindakan segera untuk mengurangi risiko kelongsoran dan meningkatkan stabilitas lereng. Beberapa upaya yang dapat dilakukan antara lain adalah pemasangan sistem drainase bawah permukaan untuk mengalirkan air tanah secara terkendali, perkuatan lereng menggunakan dinding penahan atau geotekstil, serta pengurangan beban di bagian atas lereng. Langkah-langkah mitigasi ini sangat penting agar lereng dapat kembali stabil dan jalan yang terdampak longsor dapat segera diperbaiki serta berfungsi kembali dengan aman.



Tabel 1: Rekapitulasi Data Sifat Tanah di Km 229+760.

Lapisan	Jenis Tanah	$V_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$V_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E'$ (kPa)	$\nu$	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
1	Lempung Berkerikil	16	17	3500	0,3	5	27
2	Pecahan Batu Lempung	17	18	5000	0,3	7	27
3	Batu Lempung	19	20	43200	0,3	50	18
4	Batu Pasir	20	21	46000	0,3	5	50



Gambar 8: Pemodelan Analisis Balik di Km 229+760

#### 4. Kesimpulan

Hasil investigasi forensik menunjukkan bahwa longsor yang terjadi di ruas Jalan Lahat – Pagar Alam Km 229+760 disebabkan oleh kombinasi faktor geologi, hidrologi, dan morfologi lereng. Secara geologi, daerah ini termasuk dalam Formasi Talang Akar, yang terdiri dari batu pasir, batu lempung, lanau, dan serpih. Berdasarkan hasil pengeboran (BH-01 dan BH-02), ditemukan bahwa lapisan atas hingga kedalaman 14 meter terdiri dari batu lempung yang terfragmentasi, sementara lapisan bawahnya terdiri dari batu pasir dan batu lempung dengan nilai NSPT tinggi.

Dari hasil survei geolistrik, ditemukan bahwa zona jenuh air berada pada kedalaman 6–15 meter dengan nilai resistivitas rendah ( $<60 \Omega m$ ). Hal ini menunjukkan adanya infiltrasi air yang menyebabkan tanah kehilangan kekuatan gesernya, sehingga berkontribusi terhadap ketidakstabilan lereng. Simulasi analisis balik menggunakan Plaxis menunjukkan bahwa faktor keamanan lereng (SF) bernilai 1,02, yang mengindikasikan kondisi lereng kritis dan berpotensi mengalami longsor lanjutan.

Jalan nasional harus aman bagi pengguna jalan di Indonesia, terutama di daerah perbukitan yang memiliki kompleksitas faktor lingkungan yang banyak. Curah hujan lokal yang tinggi dan kondisi geologi yang kompleks dapat menjadi masalah utama dalam konektivitas jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa infiltrasi air hujan ke dalam lapisan batu lempung terfragmentasi meningkatkan tekanan air pori, menyebabkan batuan kehilangan kekuatan gesernya dan akhirnya terjadi longsor.

Di era perubahan iklim ini, penting untuk mengklasifikasikan dan menganalisis bagian jalan lain yang memiliki masalah serupa dan terjadi berkali-kali akibat hujan dan kondisi geologi. Dengan analisis yang tepat, banyak masalah longsor di jalan nasional dapat diatasi.

Oleh karena itu, untuk mencegah longsor serupa di masa depan, diperlukan upaya mitigasi berupa perbaikan sistem drainase untuk mengurangi kejenuhan air dalam tanah, perkuatan lereng dengan struktur penahan, serta penerapan sistem pemantauan dini untuk mendeteksi pergerakan tanah secara real-time.

#### Daftar pustaka

- Gafoer, S., Cobrie, T., & Purnomo, J. (1986). *Geologi Lembar Lahat, Sumatera*, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Mulyasari, R., Darmawan, I. B., & Haerudin, N. (2021). Perbandingan Konfigurasi Elektroda Metode Geolistrik Resistivitas untuk Identifikasi Litologi dan Bidang Gelincir di Kelurahan Pidada Bandar Lampung, *Jurnal Online of Physics*, 6(2): 16-23.
- Susanti, P. D., & Miardini, A. (2019). Identification of Characteristics and Influence Factors on Various Types of Landslide, *Argitech*, 39(2):97-107.
- Naryanto, H. S., Soewandita, H., Ganseha, D., Prawiradisastra, F. & Kristijono, A. (2019). Analisa Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2): 272-282.