



Research Article

EVALUASI FAKTOR FAKTOR PENYEBAB LONGSOR DAN KESESUAIAN MITIGASIRahlin Farhani^{1*}, Erlangga Saputra¹, Nurly Gofar^{1*}¹ Program Studi: Magister Teknik Sipil, Pasca Sarjana Universitas Bina Darma, Palembang, Indonesia
(Corresponding e-mail: nurly_gofar@binadarma.ac.id)

Received:, Accepted:, Published: (diisi oleh Editor)

Abstract

Management and maintenance of slopes require proper knowledge of slope conditions so that appropriate mitigation measures can be taken. The activities required for the management of slopes include slope inventory, slope inspection, slope risk level assessment, and risk mitigation measures. The objective of this study was to observe the slope conditions and causes of past slope failures, determine the appropriate mitigation measures, and analyze the suitability of landslide mitigation measures and causes of slope failures. The research locations are road segment No. 37 (Kota Lahat – Simpang Air Dingin), No. 38 (Simpang Air Dingin – Pagar Alam), and No. 39 (Pagar Alam – Tanjung Sakti – Batas Bengkulu). The research was initiated by analyzing data collected by the South Sumatra National Road Management agency (BPJNSS) from 2018 to 2021. Then field observation was conducted on ten locations where the slope had been repaired after slope failure events. The suitability of mitigation with the factors that cause landslides was analyzed using the slope management system method suggested by the Ministry of PUPR. The results showed that most slope failures are triggered by high-intensity rain falling on slope surfaces containing high humidity due to previous rainfall. The common types of slope mitigation are by reducing the forces that cause movement, increasing the resisting forces by controlling seepage, and using anchor.

Key Words: national road system, slope failure, slope management, mitigation measure**1. PENDAHULUAN (12pt, bold)**

Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu provinsi di Pulau Sumatera yang memiliki letak strategis. Secara Geografis Provinsi Sumatera Selatan terletak antara 1°25'13" sampai 4°55'17" Lintang Selatan dan 102°3'52" dan 106°19'45" Bujur Timur. Topografi wilayah Provinsi Sumatera Selatan berupa pantai, dataran rendah, dataran tinggi, perbukitan dan pegunungan. Pegunungan Bukit Barisan, berada di bagian barat Provinsi Sumatera Selatan, berupa wilayah perbukitan dan pegunungan dengan panjang ketinggian rata rata 900–1200 mdpl dengan puncak tertinggi pada Gunung Dempo mencapai 3159 mdpl. (RPJMD Prov. Sumsel 2019 - 2023). Kawasan yang termasuk daerah bahaya Gunung Dempo terdiri dari Kabupaten Lahat, Empat Lawang dan Kota Pagar Alam. Ke tiga kabupaten tersebut merupakan daerah rawan bencana gempa bumi. Dengan kondisi geografis dan topografi ini, beberapa ruas jalan di wilayah Sumatera Selatan melalui pegunungan dan perbukitan, dimana terdapat lereng lereng yang rawan terhadap bencana longsor.

Lereng merupakan struktur geoteknik berupa tanah dan batuan yang dapat terbentuk oleh alam maupun buatan manusia (Hakam, 2010). Longsoran adalah proses perpindahan massa tanah/batuan pembentuk lereng karena pengaruh gravitasi pada bidang perlemahan sehingga terpisah dari massa yang mantap. Jenis gerakan berbentuk rotasi dan translasi. (DPU, 2005). Keruntuhan lereng adalah bentuk gerakan massa pada lereng yang tidak kurang dari 20° yang terjadi sangat cepat, kadang kadang tanpa tanda tanda sama sekali. (Gofar dan Kassim, 2007).

Tanah longsor telah menyebabkan sejumlah besar korban dan kerugian ekonomi di daerah perbukitan dan pegunungan (Singh dkk., 2008). Ada beberapa penyebab terjadinya bencana tanah longsor, salah satunya di akibatkan oleh hujan, biasa disebut *rainfall induced slope failure* (kegagalan lereng yang dipicu oleh hujan).

Studi mengenai longsor yang dipicu oleh hujan telah dipublikasikan oleh beberapa peneliti, diantaranya Lee dkk. (2009) di Malaysia, yang melakukan evaluasi awal ketidakstabilan lereng akibat curah hujan. Diterangkan bahwa Curah hujan

merupakan salah satu faktor pemicu paling signifikan terjadinya kelongsoran lereng di daerah tropis. Rasio intensitas hujan terhadap permeabilitas jenuh tanah berperan penting dalam menentukan pola curah hujan kritis yaitu curah hujan anteseden dan curah hujan pemicu longsor. Mekanisme keruntuhan lereng yang disebabkan oleh curah hujan adalah sebagai berikut: infiltrasi curah hujan mengakibatkan pengurangan tekanan air pori negatif (*suction*) di dalam tanah yang pada gilirannya mengurangi kekuatan geser tanah, dan selanjutnya memicu keruntuhan lereng.

Kim dkk (2022) memaparkan tentang penilaian skenario curah hujan kritis untuk analisis stabilitas lereng berdasarkan catatan curah hujan historis di Singapura. Penelitian menyimpulkan bahwa keruntuhan lereng umumnya terjadi selama atau segera setelah hujan lebat. Mekanisme keruntuhan lereng akibat curah hujan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti geologi, topografi daerah, jenis tanah, sifat tanah, curah hujan dan penguapan, serta pola aliran air di dalam lereng.

Belum banyak penelitian dilakukan mengenai penyebab kelongsoran di wilayah Bukit Barisan dan sekitarnya. Wilopo dan Fathani (2021) melakukan penelitian wilayah Bukit Beriti yang merupakan bagian dari Bukit Barisan. Keruntuhan lereng di Bukit Beriti terjadi akibat runtuhnya massa blok tanah dan batuan, yang dikendalikan oleh kondisi lapisan tanah yang tebal akibat proses alterasi, dan didukung oleh kemiringan lereng yang curam (lebih dari 40°). Penelitian ini menyimpulkan bahwa curah hujan anteseden memberikan kontribusi yang lebih besar daripada gempa bumi dalam memicu longsor di Bukit Beriti.

Darajat dkk., (2020) juga melakukan penelitian tentang Pengaruh Hujan terhadap Kestabilan Lereng Tanah Residual Vulkanik di Bukit Barisan, khususnya pada jalur Liwa-Kemuning Lampung Barat. Setidaknya ada tiga titik longsor di ruas jalan nasional yang menghubungkan Liwa-Kemuning yang terjadi akibat cuaca ekstrem. Berdasarkan analisa numerik, intensitas rata rata dan durasi curah hujan akan mempengaruhi tekanan air pori dan faktor keamanan terhadap kestabilan lereng.

Penelitian mengenai penilaian dan pengelolaan / manajemen risiko tanah longsor dilakukan oleh Dai dkk. (2002). Dalam tulisannya disebutkan bahwa untuk memitigasi bahaya tanah longsor secara efektif, diperlukan metode dalam mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang bahaya tanah longsor guna membuat keputusan rasional dalam pengelolaan risiko tanah longsor. Dalam pengelolaan lereng, analisis risiko dan penilaian risiko harus dilakukan dengan proses yang sistematis dan ketat, hal ini untuk mengatasi

ketidakpastian yang melekat pada bahaya tanah longsor.

Singh dkk. (2008) memaparkan lima sistim penilaian lereng yang dikembangkan di Malaysia. Berdasarkan hasil evaluasi keakuratan Sistim Penilaian Lereng (SAS) yang digunakan di Malaysia terhadap 139 potongan lereng formasi granit dan 47 potongan lereng formasi meta sedimen, tidak satupun sistim penilaian lereng tersebut memberikan hasil yang memuaskan dalam memprediksi tanah longsor karena sistem tersebut tidak dikembangkan berdasarkan data lokal. Hanya metode Sistem Manajemen Lereng dan Pelacakan Risiko (SMART) dapat memprediksi kelongsoran dengan akurasi 90% untuk lereng yang terbentuk oleh meta-sedimen karena sistem ini dikembangkan berdasarkan data longsor pada formasi yang sama. Oleh karena itu, untuk sistem prediksi yang akurat diperlukan suatu metode penilaian lereng yang dikembangkan secara lokal berdasarkan data karakteristik tanah yang sesuai.

Berdasarkan pembahasan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa bencana longsor dan keruntuhan lereng merupakan suatu bencana yang kerap terjadi di bagian barat Sumatra Selatan. Bencana ini sering menyebabkan kerusakan sarana dan prasarana, mengganggu kelancaran transportasi, bahkan menimbulkan korban jiwa manusia dan harta. Dengan demikian lokasi rawan longsor dengan tingkat risiko tinggi perlu diidentifikasi terutama di daerah yang dilalui oleh Bukit Barisan. Jenis kelongsoran serta penyebabnya merupakan hal yang penting untuk dipelajari sebagai dasar pengembangan sistem peringatan awal (*early warning system*).

Selain itu, belum ada studi yang dilakukan terhadap mitigasi yang telah dilakukan untuk mengurangi akibat terjadinya longsor serta menjaga kondisi keamanan lereng. Mitigasi ini harus disesuaikan dengan jenis dan penyebab kelongsoran lereng tersebut sehingga pada masa yang akan datang kejadian keruntuhan lereng dapat berkurang.

Dengan demikian, penelitian ini di fokuskan pada Evaluasi Faktor Faktor Penyebab Longsor dan Kesesuaian Mitigasi. Lokasi yang di tinjau adalah yaitu Ruas Jalan 37 (Batas kota Lahat – Simpang Air Dingin, Ruas Jalan 38 (Simpang Air Dingin – Pagar Alam) dan Ruas Jalan 39 (Pagar Alam – Tanjung Sakti – batas Provinsi Bengkulu). Dalam penelitian ini juga dievaluasi kesesuaian tindakan mitigasi lereng lereng yang telah mengalami penanganan dan pemeliharaan.

2. METODE

Penelitian menggunakan data sekunder dan data primer. Data sekunder berupa data survey kondisi lereng yang dilakukan di Balai Penyelenggaraan Jalan Provinsi Sumatera Selatan (BBPJNSS) tahun 2018. Lokasi yang ditinjau adalah yaitu Ruas Jalan 36, 37 dan 38. seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Dari penilaian ini dihasilkan tingkat risiko lereng jalan yang diklasifikasikan dalam empat tingkat risiko, yaitu risiko rendah, risiko sedang, risiko tinggi dan risiko sangat tinggi seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Klasifikasi tingkat risiko lereng jalan

Nilai risiko total	Tingkat risiko lereng jalan
Rendah	< 50
Sedang	51 < tingkat risiko < 65
Tinggi	66 < tingkat risiko < 75
Sangat Tinggi	> 75

Sumber : Pedoman Penilaian tingkat risiko lereng jalan, Kementerian PU dan Perumahan Rakyat, 2017



Gambar 1 Lokasi penelitian dan titik pengamatan

Pemetaan tingkat risiko dan penyebab kelongsoran dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Koordinat titik-titik lokasi lereng yang telah diperoleh dari survei GPS disimpan dalam arsip dengan menggunakan microsoft excel. Kemudian data berformat excel tersebut dimasukkan ke dalam lembar kerja SIG dengan memilih file - add xy data. Selanjutnya data diproses dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS sehingga membentuk layer baru. Layer baru yang memuat sebaran titik - titik lokasi lereng tersebut dapat dinamai Titik longsor dan titik jenis keruntuhan lereng.

Data primer berupa hasil pengamatan langsung terhadap kondisi lapangan lereng yang telah mengalami longsoran dan perbaikan lereng (mitigasi). Gambar 1 juga memperlihatkan titik pengamatan yang dilakukan secara langsung di lapangan yaitu 10 titik pengamatan yaitu: 1 (satu) titik di ruas jalan Bts. Kota Lahat – Simpang Air

Dingin; 3 (tiga) titik di ruas jalan Simp. Air Dingin – Pagar Alam; dan 6 (enam) titik pada ruas jalan Pagar Alam – Tanjung Sakti – Bts. Prov. Bengkulu. Koordinat titik pengamatan diperlihatkan pada Tabel 2.

Selanjutnya dilakukan pemeringkatan tingkat resiko lereng dan penyebab kelongsoran menggunakan tabulasi data Inventarisasi Lereng, Inspeksi Lereng, Geometri Lereng dan Tingkat Resiko Lereng. Analisis yang dilakukan berdasarkan Sistem Manajemen Lereng yang disarankan oleh Kementerian PUPR (Kementerian PUPR, 2017). Penilaian tingkat risiko lereng jalan ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan analisis bahaya dan analisis konsekuensi pada lereng diruas jalan nasional provinsi sumatera selatan yang dijadikan obyek penelitian. Identifikasi lereng dan bangunan rekayasa lereng berdasarkan kondisi lereng dan bangunan rekayasa lereng yang telah dilakukan mitigasi dan penanganan.

Tabel 2 Koordinat titik pengamatan lapangan

No	STA	No Lereng	Koordinat	Ruas Jalan
1	238+569	15-036-035-A	103°30'42,5" BT, -3°54'38,9"LS	Kota Lahat – Simpang Air Dingin
2	254+000	15-037-031-B	103°19'33,6"BT -4°04'19,00"LS	Simpang Air Dingin – Pagar Alam
3	273+360	15-037-034-B	103°32'58,6"BT -4°07'16,14"LS	Simpang Air Dingin – Pagar Alam
4	273+680	15-037-034-A	103,32'59,8"BT -4°07'47,3"LS	Simpang Air Dingin – Pagar Alam
5	314+040	15-038-023-A	103°13'98,8"BT -4°09'06,6"LS	Pagar Alam – Tanjung Sakti – Bts Prov. Bengkulu
6	318+900	15-038-026-A	103°09'91,5"BT -4°11'39,4"LS	Pagar Alam – Tanjung Sakti – Bts Prov. Bengkulu
7	321+238	15-038-052-B	103°08'33,9"BT -4°18'86,28"LS	Pagar Alam – Tanjung Sakti – Bts Prov. Bengkulu
8	329+400	15-038-027-A	103°07'92,4"BT -4°18'34,7"LS	Pagar Alam – Tanjung Sakti – Bts Prov. Bengkulu
9	331+700	15-038-061-B	103°07'48,22"BT 4°24'82,27"LS	Pagar Alam – Tanjung Sakti – Bts Prov. Bengkulu
10	333+841	15-038-062-A	103°07'29,77"BT 4°25'28,09"LS	Pagar Alam – Tanjung Sakti – Bts Prov. Bengkulu

Penilaian tingkat risiko lereng dilakukan dengan pemeringkatan nilai bahaya dan pemeringkatan nilai konsekuensi suatu lereng jalan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan pemeringkatan tingkat risiko lereng adalah sebagai berikut:

$$R = 0,9H + C \quad (1)$$

Keterangan :

- R = tingkat risiko lereng jalan
- H = pemeringkatan bahaya lereng jalan
- C = pemeringkatan konsekuensi lereng jalan

Penilaian tingkat risiko lereng jalan dilakukan sesuai dengan jenis keruntuhan berdasarkan hasil Inventarisasi Lapangan yang terdiri dari Analisa Bahaya dan Analisis Konsekuensi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

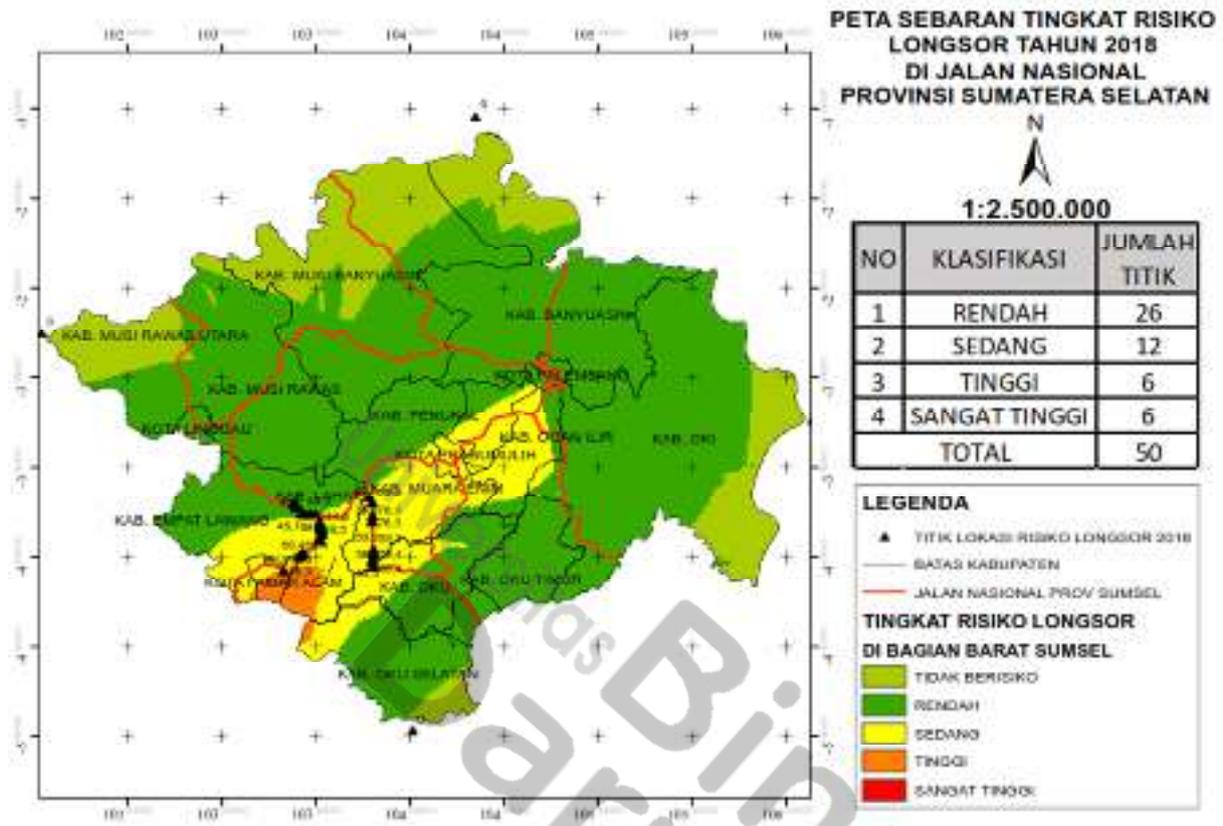
3.1 Peta Sebaran Tingkat Risiko Lereng

Peta sebaran tingkat risiko lereng di buat sebagai langkah awal dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi lokasi yang rawan terhadap

longsoran. Peta ini di buat berdasarkan data lereng yang dikumpulkan oleh BPJNSS pada tahun 2018.

Data Tingkat Risiko lereng yang dipetakan kedalam peta sebaran sebanyak 50 lokasi. Dari hasil observasi, terdapat 6 titik dengan tingkat risiko sangat tinggi, 6 titik dengan tingkat risiko tinggi, 12 titik dengan tingkat risiko sedang serta 26 titik dengan tingkat risiko rendah. **Gambar 2** memperlihatkan rincian jumlah data tingkat risiko lereng pada tahun 2018 yang dipetakan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Dari **Gambar 2** dapat dilihat bahwa semua lereng dengan risiko longsor terdapat pada ruas jalan No 36, 37 dan 38. Dari sumber data tersebut disusun format penelitian sebagai instrument penelitian dilapangan untuk melakukan validasi dengan cara yang sistematis sehingga diperoleh data data yang digunakan untuk dilakukan analisis dalam penelitian ini.

Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada **Gambar 2**, selanjutnya dilakukan observasi terhadap beberapa titik longsoran yang telah dilakukan penanganan dan mitigasi lereng pada Ruas Jalan 36, 37, 38. Hasil observasi di paparkan pada **Tabel 3, 4, 5 dan 6**.



Gambar 2. Peta sebaran tingkat risiko lereng (berdasarkan data tahun 2018)

Analisis Penilaian Tingkat Risiko Lereng

Penilaian tingkat risiko lereng dibagi dalam beberapa analisis yaitu analisis bahaya, analisis konsekuensi, analisis stabilitas dan jenis keruntuhan lereng, dan analisis jenis keruntuhan lereng.

Analisis bahaya meliputi karakterisasi bahaya longsor yang dilakukan dengan identifikasi lereng dan bangunan rekayasa lereng terhadap tingkat bahaya lereng. Identifikasi lereng dan bangunan rekayasa lereng berdasarkan kondisi lereng dan bangunan rekayasa lereng eksisting menggunakan data hasil inventarisasi lereng jalan dan inspeksi yang disimpan dalam basis data lereng jalan.

Analisis konsekuensi meliputi penilaian kerentanan berdasarkan parameter risiko lereng jalan yaitu layanan utilitas, bahaya terhadap penghuni bangunan, volume lalu lintas, sudut β (as jalan ke puncak lereng galian atau kaki timbunan), dimensi keruntuhan, Masa konstruksi untuk jalan sementara untuk pengalihan lalu lintas, dan panjang jalan alternatif. Analisis konsekuensi dilakukan dengan pemeringkatan konsekuensi yaitu identifikasi lereng dan bangunan rekayasa lereng terhadap tingkat konsekuensi lereng.

Analisis stabilitas dan jenis keruntuhan lereng berkaitan dengan kondisi ketidakstabilan setiap lereng yang diobservasi digunakan untuk mengkalibrasi hasil analisis yang setara dengan kondisi, di mana faktor keamanan lereng sama

dengan 1 (satu). Data curah hujan dikumpulkan dan curah hujan anteseden yang sesuai dengan ketidakstabilan lereng digunakan dalam analisis. Intensitas curah hujan di lokasi lereng diinterpolasi dari data curah hujan yang tercatat di stasiun curah hujan yang berdekatan.

Analisis Jenis Keruntuhan Lereng dilakukan terhadap data hasil analisis jenis keruntuhan lereng diambil data tahun 2018 (BBPJNSS), untuk setiap lokasi titik lereng kemudian dianalisis terhadap jenis keruntuhan yang terjadi dan mitigasi yang telah dilakukan yaitu dengan melakukan observasi dan pengamatan langsung dilapangan. Dari analisis terhadap jenis keruntuhan didapatkan bahwa terdapat beberapa jenis keruntuhan lereng yang terjadi, yaitu jenis keruntuhan akibat aliran debris, jatuhnya batuan, keruntuhan massa batuan, keruntuhan timbunan, longsor keruntuhan, longsor rotasi dan longsor translasi.

Data jenis keruntuhan lereng pada tahun 2018 yang dipetakan kedalam peta sebaran sebanyak 50 lokasi dengan jenis keruntuhan aliran debris berjumlah 2 titik, keruntuhan jatuhnya batuan berjumlah 2 titik, keruntuhan berjumlah 28 titik, keruntuhan massa batuan berjumlah 13 titik, keruntuhan timbunan berjumlah 2 titik, keruntuhan longsor rotasi berjumlah 2 titik dan keruntuhan longsor rotasi berjumlah 1 titik.

Analisis Bahaya & Konsekuensi Lereng

Hasil observasi dan penelitian lapangan terhadap analisis bahaya dan analisis konsekuensi lereng berupa pemeringkatan tingkat resiko lereng disampaikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 ini dapat disimpulkan bahwa di wilayah ini tingkat bahaya jatuhnya batuan adalah rendah sampai sedang. Sedangkan untuk keruntuhan massa batuan,

keruntuhan longsoran, aliran debris dan keruntuhan timbunan wilayah ini termasuk cukup aman dengan tingkat risiko rendah.

Untuk lokasi dengan tingkat bahaya sedang perlu dilakukan rehabilitasi terhadap penanganan lereng, sedangkan untuk lokasi dengan tingkat bahaya rendah hanya perlu dilakukan pemeliharaan rutin dan berkala.

Tabel 3. Pemeringkatan tingkat resiko lereng

Nomor Lereng	Tingkat bahaya keruntuhan dan jatuhan batuan	Tingkat bahaya keruntuhan massa batuan	Tingkat bahaya keruntuhan longsoran	Tingkat bahaya keruntuhan aliran debris	Tingkat bahaya keruntuhan timbunan
36-035-A	35,7 Rendah	6 Rendah	24,9 Rendah	33,9 Rendah	31,2 Rendah
37-031-B	64,5 Sedang	11,4 Rendah	25,2 Rendah	28,8 Rendah	25,7 Rendah
37-034-B	54,6 Sedang	14,1 Rendah	15 Rendah	42 Rendah	33 Rendah
37-034-A	20,4 Rendah	-5,7 Rendah	7,8 Rendah	13,2 Rendah	0,6 Rendah
38-023-A	47,4 Rendah	6 Rendah	29,4 Rendah	37,5 Rendah	22,2 Rendah
38-026-A	25,8 Rendah	-3,9 Rendah	7,8 Rendah	13,2 Rendah	-0,3 Rendah
38-052-B	42,3 Rendah	6 Rendah	18,6 Rendah	37,5 Rendah	16,8 Rendah
38-027-A	51,6 Sedang	5,1 Rendah	39,6 Rendah	23,6 Rendah	32,4 Rendah
38-061-B	63,8 Sedang	29,4 Rendah	45,6 Rendah	40 Rendah	44,7 Rendah
38-062-A	54,6 Sedang	24,9 Rendah	29,4 Rendah	37,5 Rendah	42 Rendah

Keterangan:

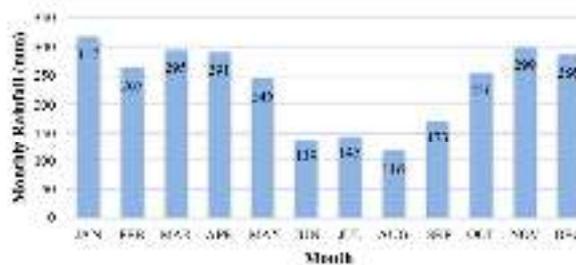
- Mitigasi Risiko Lereng berdasarkan Tingkat Resiko Lereng:
- Rendah : Dilakukan pemeliharaan rutin dan berkala
- Sedang : Melakukan Rehabilitasi terhadap penanganan lereng
- Tinggi : Pemasangan Instrumen dan Rehabilitasi
- Sangat Tinggi : Rekonstruksi Lereng

Analisis faktor faktor penyebab kelongsoran lereng

Prediksi terjadinya tanah longsor dapat diketahui melalui identifikasi faktor-faktor penyebab (*causes*) dan pemicu (*trigger*) terjadinya tanah longsor. Ada beberapa penyebab terjadinya longsor yaitu struktur geologi, morfologi, faktor fisik dan aktifitas di atas permukaan lereng yang disebabkan oleh aktifitas manusia. Sedangkan pemicu terjadinya keruntuhan lereng, diantaranya curah hujan yang cukup tinggi, gempa bumi dan aktifitas vulkanik.

Hasil observasi dan analisis yang dilakukan di lokasi penelitian, ketidak-stabilan lereng dapat dipicu oleh adanya hujan. Hujan menyebabkan penjuhan tanah sehingga menyebabkan penambahan berat material di atas bidang perlemahan atau bidang gelincir. Massa tanah yang tidak stabil ini bergerak menuruni lereng sampai pada area dimana gravitasi tidak berpengaruh lagi.

Curah hujan di kota Pagar Alam cukup tinggi. Berdasarkan Climate-Data.org curah hujan tahunan di Pagar Alam adalah 2825 mm. Gambar 3 memperlihatkan grafik curah hujan bulanan rata rata tahun 1985 – 2020 yang didapatkan dan STA Hujan di Kota Pagar Alam. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa Pagar Alam mengalami hujan sepanjang tahun dengan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari (317 mm) dan terendah pada bulan Agustus (116 mm).



Gambar 3. Grafik Curah Hujan kota Pagar Alam (rata-rata tahun 1985 – 2020)

Hasil Analisis yang dilakukan terhadap penyebab longsor pada 10 lokasi yang diteliti, disampaikan pada Tabel 4. Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya longsor adalah faktor Geologi, Morfologi dan faktor Manusia.

Pada 10 titik lokasi yang ditinjau, faktor geologi terjadi di seluruh titik, faktor morfologi dan faktor fisik terjadi di 8 titik, sedangkan faktor manusia terjadi di 6 titik. Sedangkan pemicu utama terjadinya kelongsoran diakibatkan karena curah hujan yang cukup tinggi dengan intensitas dan waktu yang cukup lama. Hal ini dapat dilihat bahwa umumnya longsor di daerah ini terjadi setelah hujan dengan intensitas tinggi terjadi dalam beberapa jam, sedangkan pada saat itu tanah sudah dalam keadaan basah akibat hujan sebelumnya. Data yang dikumpulkan dari tahun 2013 – 2022 dalam penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar longsor (60%) terjadi pada bulan Januari sampai April sedangkan musim penghujan dimulai pada bulan Oktober (Gambar 3).

Analisis Jenis Keruntuhan Lereng

Untuk melakukan penangan yang sesuai, maka perlu diidentifikasi jenis keruntuhan yang terjadi. Sedangkan Jenis keruntuhan lereng yang terjadi pada lokasi yang ditinjau terdiri 9 titik dari Jenis keruntuhan tanah dan 1 titik dari Jenis keruntuhan massa batuan. Hasil analisis ini ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Jenis Keruntuhan Lereng

Nomor Lereng	Jenis Keruntuhan	Tahun kejadian
036-035-A	Keruntuhan	2020 & 2021
037-031-B	Keruntuhan	2020
037-034-B	Keruntuhan Massa Batuan	NA
037-034-A	Keruntuhan	NA
038-023-A	Keruntuhan	2020
038-026-A	Keruntuhan	2019
038-052-B	Keruntuhan	2019
038-027-A	Keruntuhan	2019
038-061-B	Keruntuhan	NA

038-062-A	Keruntuhan	NA
-----------	------------	----

Keterangan : NA tidak diketahui

Analisis Penanganan dan Mitigasi Lereng

Penanganan dan mitigasi lereng dapat dikategorikan menjadi 3 kelompok yaitu (1) melakukan pengurangan gaya gaya yang menimbulkan gerakan, (2) menambah gaya gaya yang menahan gerakan dan (3) tindakan lainnya.

Dari observasi lapangan yang dilakukan di Ruas jalan 36, 37 dan 38, Tindakan penangan dan mitigasi yang dilakukan adalah (1) perubahan geometri lereng dan pengendalian air permukaan, (2) pembangunan konstruksi penambatan dan (3) pengendalian air rembesan. Hasil analisis lapangan dipaparkan dalam Tabel 5.

Analisis Penanganan dan Mitigasi Lereng

Penanganan dan mitigasi lereng dapat dikategorikan menjadi 3 kelompok yaitu (1) melakukan pengurangan gaya gaya yang menimbulkan gerakan, (2) menambah gaya gaya yang menahan gerakan dan (3) tindakan lainnya.

Dari observasi lapangan yang dilakukan di Ruas jalan 36, 37 dan 38, Tindakan penangan dan mitigasi yang dilakukan adalah (1) perubahan geometri lereng dan pengendalian air permukaan, (2) pembangunan konstruksi penambatan dan (3) pengendalian air rembesan. Hasil analisis lapangan dipaparkan dalam Tabel 5.

Dari Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa dari 10 lokasi yang ditinjau, tindakan Mitigasi dan penanganan yang dilakukan adalah: 1) Mengendalikan air permukaan dengan tetap membiarkan pepohonan, 2) Membuat bangunan Drainase di kaki lereng, 3) Mengendalikan rembesan air permukaan atas dengan menutup area bahu jalan dengan konstruksi beton bertulang, 4) Merubah geometri lereng dan 5) Membuat penambatan massa tanah dengan membangun konstruksi Tembok Penahan Tanah, dan konstruksi beton semprot.

Tabel 4 . Analisis faktor faktor penyebab longsor

Nomor Lereng	Uraian Penyebab Longsor berdasarkan Inventarisasi dan penilaian lereng
036-035-A	Faktor Geologi : Jenis Tanah : tanah lempung berpasir, terdapat rembesan air dibagian kaki lereng, sudut lereng mencapai 55° dengan panjang kemiringan mencapai 30 meter sehingga memicu terjadinya pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah itu sendiri. terdapat pengembangan (Sweeling) tanah, sehingga memudahkan tanah untuk jenuh air. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng. sehingga terjadi kerusakan pelindung tanah pada lereng. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama.
037-031-B	Faktor Geologi : Jenis Tanah merupakan tanah lempung, dengan sudut lereng mencapai 58° dan panjang kemiringan lereng mencapai 56 meter sehingga memicu terjadinya pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah itu sendiri. Adanya pengembangan (Sweeling) pada tanah, sehingga memudahkan tanah untuk jenuh air dan menambah beban lereng itu sendiri. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng, sehingga terjadi kerusakan pelindung tanah pada lereng, dimana pepohonan dilokasi lereng sudah berkurang. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama.
037-034-B	Faktor Geologi : Jenis Tanah terdapat lapisan tanah lempung, terutama pada lapisan atas lereng, dengan sudut lereng mencapai 60° dengan panjang kemiringan lereng mencapai 30 meter sehingga memicu terjadinya pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah itu sendiri. Terlihat adanya pengembangan (Sweeling) pada tanah walaupun relatif kecil, namun tetap memungkinkan adanya kejenuhan tanah. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng. Adanya kerusakan pelindung tanah pada lereng, dimana pepohonan dilokasi lereng sudah berkurang. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama. Faktor Manusia : Adanya penggundulan hutan yang dilakukan untuk pertanian.
037-034-A	Faktor Geologi : Jenis Tanah terdapat lapisan tanah lempung, terutama pada lapisan atas lereng. sehingga mempengaruhi permeabilitas tanah itu sendiri, Sudut Lereng yang cukup curam, yaitu mencapai 60°, walaupun panjang kemiringan hanya mencapai 6 meter.
038-023-A	Faktor Geologi : Jenis Tanah terdapat lapisan tanah lempung, terutama pada lapisan atas lereng, sudut lereng mencapai 45° walaupun panjang kemiringan lereng hanya 6,6 meter namun pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah tetap terjadi. Terlihat adanya pengembangan (Sweeling) pada tanah, sehingga terjadi adanya kejenuhan tanah. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng, dan adanya kerusakan pelindung tanah pada lereng, dimana pepohonan dilokasi lereng sudah berkurang. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama. Faktor Manusia : Adanya penggundulan hutan yang dilakukan dan aktifitas lainnya
038-026-A	Faktor Geologi : Terdapat lapisan tanah lempung, terutama pada lapisan atas lereng. Sudut Lereng mencapai 45° walaupun panjang kemiringan lereng mencapai 7,8 meter pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah tetap terjadi. Terlihat adanya pengembangan (Sweeling) tanah atas, sehingga dapat terjadi kejenuhan tanah. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng, dan adanya kerusakan pelindung tanah pada lereng, dimana pepohonan dilokasi lereng sudah berkurang. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama. Faktor Manusia : Adanya penggundulan hutan aktifitas lainnya.
038-052-B	Faktor Geologi : Terlihat adanya Cap Rock pelapukan pada tanah permukaan, juga terdapat jenis lapisan tanah bercampur lempung, terutama pada lapisan atas lereng. Sudut Lereng yang cukup curam, mencapai 59° dengan panjang kemiringan lereng mencapai 7 meter sehingga memicu terjadinya pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah itu sendiri. Adanya pengembangan (Sweeling) pada tanah yang lapuk, walaupun relatif kecil, namun memungkinkan adanya kejenuhan tanah. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng. Terlihat adanya kerusakan pelindung tanah pada lereng, dimana pepohonan ereng sudah berkurang.
038-027-A	Faktor Geologi : Jenis Tanah merupakan lapisan tanah lempung, dan lapisan pelapukan terutama pada lapisan atas lereng. Sudut Lereng mencapai 60° Panjang kemiringan lereng hanya mencapai 11 meter, namun dimungkinkan pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah tetap terjadi. Adanya pengembangan (Sweeling) pada tanah, sehingga memicu kejenuhan tanah. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng. Adanya kerusakan pelindung tanah pada lereng, dimana pepohonan dilokasi lereng sudah berkurang. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama. Faktor Manusia : Penggundulan hutan yang dilakukan dan aktifitas lainnya seperti pengolahan lahan kebun
038-061-B	Faktor Geologi : Tanah merupakan lapisan tanah lempung, dan lapisan pelapukan terutama pada permukaan lereng, sehingga mempengaruhi kekuatan tanah itu sendiri, Sudut Lereng mencapai 50° dengan panjang kemiringan lereng mencapai 20 meter, dimungkinkan pergeseran lapisan tanah dan perbedaan Permeabilitas tanah tetap terjadi. Terlihat adanya pengembangan (Sweeling) pada tanah dan genangan air di kaki lereng, sehingga adanya kejenuhan tanah. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng. Terlihat adanya kerusakan pelindung tanah pada lereng, dimana pepohonan dilokasi lereng sudah berkurang. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama. Faktor Manusia : Adanya penggundulan hutan yang dilakukan dan aktifitas lainnya seperti menjadikan lahan kebun dan Pertanian
038-062-A	Faktor Geologi : Jenis Tanah merupakan tanah batuan dengan campuran sedikit lempung, terdapat lapisan pelapukan pada permukaan lereng. Sudut Lereng mencapai 50° dengan panjang kemiringan lereng mencapai 70 meter, sehingga dimungkinkan pergeseran lapisan batu akibat pelapukan dan lapisan tanah lunak. Terdapat pengembangan (Sweeling) pada tanah, sehingga memungkinkan adanya kejenuhan tanah. Faktor Morfologi : Terdapat jejak erosi dan aliran debris pada permukaan lereng. Terlihat adanya kerusakan /pelapukan lapisan lereng yang merupakan pelindung lereng. Faktor Fisik : Curah hujan yang tinggi dan Intensitas hujan yang cukup lama, sehingga memicu adanya pergeseran lambat lapisan lereng. Faktor Manusia : Aktifitas lainnya seperti pengolahan lahan kebun

Sumber : Pedoman Rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada tanah residual dan batuan DPU Tahun 2005

Tabel 5 . Analisis Penanganan dan Mitigasi terhadap tingkat resiko lereng.

No	Nomor Lereng	Uraian Mitigasi yang dilakukan
1	036-035-A	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan mengendalikan air permukaan dan dengan tetap membiarkan adanya pepohonan, menambah gaya gaya penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase dibawah kaki lereng, juga melakukan penambatan dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi Tembok Penahan Tanah.
2	037-031-B	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, menambah gaya penahan, dengan cara mengendalikan rembesan air, yaitu dengan cara melakukan penutupan bahu jalan dengan konstruksi beton bertulang dan membuat saluran air pada jalan di area longsor. Melakukan Penambatan dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi Tembok Penahan Tanah.
3	037-034-A	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, menambah gaya gaya penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase bawah kaki lereng, juga melakukan penambatan dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi Tembok Penahan Tanah.
4	036-034-B	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, menambah gaya gaya Penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan Drainase kaki permukaan lereng, juga melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi Beton Semprot.
5	038-023-A	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, menambah gaya gaya penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase kaki permukaan lereng, juga melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi Beton Semprot.
6	038-026-A	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, menambah gaya gaya penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase permukaan dan kaki bawah lereng, juga melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi tembok Penahan Tanah
7	038-052-B	Menambah Gaya gaya Penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase bawah permukaan lereng, juga melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi tembok Penahan Tanah
8	038-027-A	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, menambah gaya gaya Penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase bawah kaki lereng, juga melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi Tembok Penahan Tanah
9	15-038-061-B	Menambah Gaya gaya Penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase bawah kaki lereng, juga melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi tembok Penahan Tanah
10	15-038-062-A	Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, menambah gaya gaya penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase bawah kaki lereng, juga melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi tembok Penahan Tanah

Sumber : Pedoman Rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada tanah residual dan batuan DPU Tahun 2005

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan terhadap faktor faktor penyebab longsor dan kesesuaian mitigasi yang dilakukan di 10 titik pada Ruas Jalan Nasional Provinsi Sumatera Selatan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Masih terdapat resiko keruntuhan lereng tingkat sedang (5) titik dan risiko rendah (5 titik), walaupun telah dilakukan penanganan dan mitigasi. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan rehabilitasi terhadap lereng yang runtuh; tetap diperlukan pemeliharaan dan pengawasan lereng secara rutin dan berkala
- Dari 5 (lima) titik lokasi yang mempunyai resiko keruntuhan sedang merupakan lereng yang dengan panjang kemiringan lereng diatas 51 m dengan sudut kemiringan lebih besar dari 59°. Dapat disimpulkan bahwa semakin panjang kemiringan lereng dan semakin besar sudut kemiringan lereng, akan sangat mempengaruhi resiko keruntuhan lereng.
- Penyebab utama terjadinya longsor adalah faktor Geologi, Morfologi dan faktor Manusia. Sedangkan pemicu terjadinya kelongsoran adalah curah hujan dengan intensitas yang cukup tinggi terjadi pada tanah yang telah mengandung kelembaban tinggi akibat hujan sebelumnya. Hal ini terlihat pada kondisi curah hujan pada saat terjadi kelongsoran.

4. Pada lokasi lereng yang diobservasi berdasarkan analisisnya dapat disimpulkan bahwa penanganan dan mitigasi lereng dilakukan dengan cara: (a) Mengurangi gaya gaya yang menimbulkan gerakan, yaitu dengan merubah Geometri permukaan lereng, dengan tujuan mengurangi tegangan dan menambah tahanan geser tanah, (b) Menambah Gaya gaya Penahan, dengan mengendalikan air rembesan yaitu adanya bangunan drainase permukaan dan kaki lereng, (c) Melakukan penambatan tanah dengan tujuan untuk menahan dan atau menambat massa tanah dan atau batuan yang berpotensi longsor dengan konstruksi tembok Penahan Tanah dan Beton Semprot.

Hasil observasi dan penelitian terhadap tingkat risiko dan jenis keruntuhan lereng ini memberikan informasi awal mengenai kondisi lereng yang ada di ruas jalan nasional provinsi sumatera selatan setelah dilakukan Mitigasi dan Penanganan. Bagi perencana, pelaksana maupun instansi teknis yang akan menggunakan data ini, tetap harus melakukan analisis terhadap lereng yang akan ditangani.

Penelitian ini dapat ditindak lanjuti dengan menampilkan informasi wilayah rawan longsor di Ruas Jalan Nasional Provinsi Sumatera Selatan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi dan resiko bahaya longsor, serta untuk acuan mitigasi lanjutan, sehingga keamanan lereng tetap terjaga dari bahaya longsor. Untuk lokasi lainnya yang belum dilakukan mitigasi dan penanganan, agar dilakukan inventarisasi dan inspeksi lereng secara rutin, sehingga kebutuhan penanganan dan mitigasi dapat diketahui sejak dini. Tindakan Mitigasi dan Penanganan yang sudah ada sudah cukup baik, namun perlu kajian lebih mendalam agar rekayasa lereng yang dilakukan lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan yang tinggi kepada BPJNSS yang telah memberikan izin penggunaan data yang diperlukan untuk penelitian ini.

REFERENSI

- Dai, F. C., Chin F.L., and Yip N.. (2002). Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology* 64(1) (2002): 65-87.
- Darajat, M. R., Iqbal, P., Zakaria, Z., & Muslim, D. (2020). Pengaruh Intensitas Dan Durasi Hujan Terhadap Kestabilan Lereng Tanah Residual Vulkanik Di Jalur Liwa-Kemuning, Lampung Barat. *Geoscience Journal*, 4(2), 181-190.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2005, Manual Penanganan Lereng jalan Buku 1-3 Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005. Pedoman Konstruksi dan bangunan Rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada tanah residual dan batuan. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Gofar, N and Kassim, K.A. (2007) Introduction to Geotechnical Engineering Part 1 Pearson Prentice Hall. Singapore.
- Hakam, A., & Istijono, B. (2016). West Sumatra landslide during in 2012 to 2015. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 9(3), 289-293.
- Indonesia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2017. Penilaian tingkat risiko lereng jalan. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Indonesia, Kementerian pekerjaan umum dan Perumahan Rakyat, 2018, Inventarisasi lereng jalan, Jakarta: Kementerian PUPR.
- Indonesia, Kementerian pekerjaan umum dan Perumahan Rakyat, 2018, Inspeksi lereng jalan, Jakarta: Kementerian PUPR.
- Kim, Y., Rahardjo, H., Nistor, M.M., Satyanaga, A., Leong, E.C. and Aaron WLS.. (2022). Assessment of critical rainfall scenarios for slope stability analyses based on historical rainfall records in Singapore. *Environmental Earth Sciences* 81 (2): 39.
- Lee, M.L., Gofar, N. and Rahardjo, H (2009). A simple model for preliminary evaluation of rainfall-induced slope instability. *Engineering Geology* 108(3-4): 272-285.
- Singh, H. Huat, B.B.K., and Jamaludin. S. (2008) Slope assessment systems: A review and evaluation of current techniques used for cut slopes in the mountainous terrain of West Malaysia. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* 13: 1-24.
- Wilopo, W. and Fathani, T. F. (2021). The mechanism of landslide-induced debris flow in geothermal area, Bukit Barisan mountains of Sumatra, Indonesia. *Journal of Applied Engineering Science*, 19(3), 688-697.