ITATS

SEMITAN

Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan

https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN METODE BISHOP DAN KUAT GESER BATUAN PADA DAERAH PULAU PINANG, KABUPATEN LAHAT SUMATERA SELATAN

Ferdian Syahputra *[1], Harnani [1], Budhi Setiawan [1]

[1] Universitas Sriwijaya, Palembang

*e-mail: ferdion.894@gmail.com

Info Artikel

Diserahkan:
17 Juli 2022
Direvisi:
24 Juli 2022
Diterima:
2 Agustus 2022
Diterbitkan:
6 Agustus 2022

Abstrak

Pada lokasi pelaksanaan riset dari segi geografis letaknya di daerah Pulau Pinang dan sekitar Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Tujuan dilakukannya riset ini yakni supaya memahami daerah yang termasuk kedalam daerah yang rawan longsor dan melakukan upaya mitigasinya. Metode yang digunakan berupa metode kuat geser pertanahan melalui pelaksanaan pengujian *Direct Shear Test* dan pengujian *Unit Weight*. Kemudian dilanjutkan dengan metode *Bishop* untuk mencari nilai Faktor Keamanan (FK). Pemakaian indikator guna mencarikan skor Faktor Keamanan (FK) yaitu kohesi (C), sudut geser dalam (ϕ), serta berat jenis tanah (ϒ). Hasil penelitian didapatkan nilai faktor keamanan lokasi pengamatan pada lokasi penelitian 1 dan 2 termasuk (Kelas Labil) dikarenakan nilai faktor keamanannya 0,846 dan 0,586 , lokasi penelitan 3 termasuk (Kelas Stabil) dikarenakan nilai faktor keamanannya 2,543, lokasi penelitan 4 dan 5 termasuk (Kelas Kritis) dikarenakan nilai faktor keamanannya 1,119 dan 1,156. Upaya mitigasi yang dapat dilakukan yaitu prinsip *soil nailing* dengan cara memberi tanah paku – paku dengan panjang tertentu dengan jaraknya rapat.

Kata kunci: Longsor, *Direct Shear Test*, Faktor Keamanan, Mitigasi

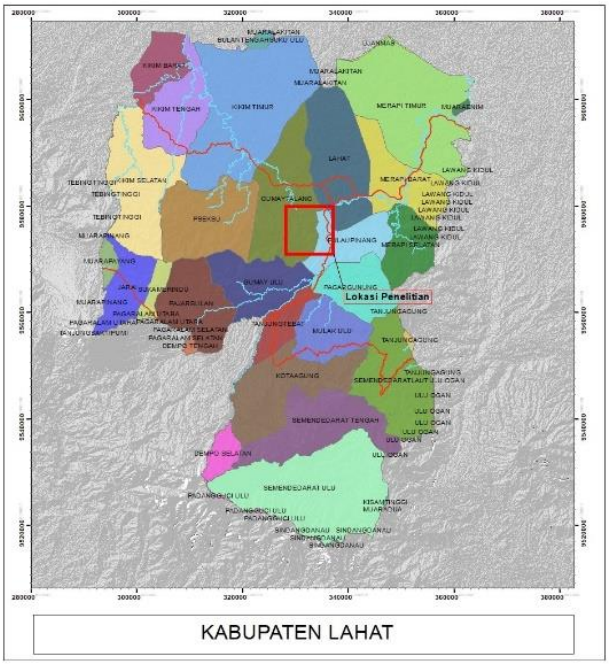
Abstract

The research location is geographically located in the area of Pulau Pinang and its surroundings, Lahat Regency, South Sumatra. The purpose of this research is to find out the areas that are included in areas prone to landslides and make efforts to mitigate them. The method used is the soil shear strength method by testing Direct Shear Test and testing Unit Weight. Then proceed with the Bishop method to find the value of the Safety Factor (FK). The parameters used in finding the value of the Safety Factor (FK) are cohesion (C), internal shear angle (ϕ), and soil density (ϒ). The results showed that the safety factor values for the observation sites at research sites 1 and 2 included (Label Class) due to the safety factor values being 0.846 and 0.586, research location 3 included (Stable Class) due to the safety factor value being 2.543, research locations 4 and 5 including (Critical Class).) because the value of the safety factor is 1.119 and 1.156. Mitigation efforts that can be done are the principle of soil nailing by giving soil nails of a certain length with a tight distance.

Keywords: *Landslide, Direct Shear Test, Safety Factor, Mitigation*

1. Pendahuluan

Secara umum, daerah Sumatera Selatan mempunyai berbagai cekungan, salah satunya yaitu cekungan Sumatera Selatan yang masuk pada kategori cekungan busur belakang yang terdapat pembentukan karena pengaruh interaksi diantara lempeng Indo-Australia terhadap lempeng mikro sunda. Cekungan ini dibagikan jadi empat subcekungan yakni SubCekungan Palembang Utara, SubCekungan Jambi, SubCekungan Palembang Selatan, SubCekungan Palembang Tengah. Dari segi regional wilayah riset ada pada Sumatera Selatan. Dari segi geografis wilayah riset letaknya di wilayah Pulau Pinang dan sekitaran Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Penelitian ini mempunyai luasan daerah 81 km dengan skala 1:25.000 terletak pada koordinat 48 M 332724.86 E dan 48 M 9575483.42 S. (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Masalah kestabilan lereng sering dijumpai pada negara Indonesia. Hal itu bisa dijumpai dikarenakan permukaan pertanahan tidak begitu mendatar, perbedaan elevasi diantara satu wilayah terhadap wilayah yang lain dan menciptakan lereng. Lereng yaitu permukaan tanah yang menciptakan suatu sudut kemiringan bidangnya horizontal. Lereng bisa tercipta dengan alamiah dan juga secara sengaja dibuatkan oelh manusia bertujuan tertentu. Longsoran merupakan bentuk erosi yang mana pergerakan massa tanah bisa dijumpai ketika volume yang relative lebih besar [1].

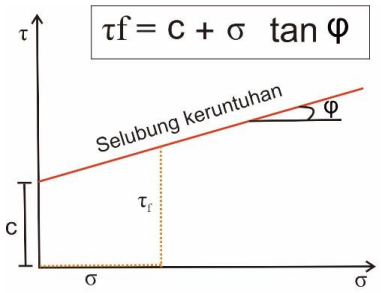
Ada pula tujuannya riset berikut yakni supaya memahami tingkatan stabilitas lereng berdasarkan dari nilai faktor keamanan. Maka dari itu, diperlukan pengkajian kepada kestabilan lereng guna memperoleh ketinggan serta kemiringannya secara aman. Metode bishop dipilih karena sangat sesuai dengan kondisi lapangan daerah penelitian.

2. Metodologi

Dalam pelaksanaan riset berikut dilaksanakan melalui berbagai metode yakni mencakup metode kuat geser tanah dengan melakukan uji kuat geser langsung (*Direct Shear Test*) dan pengujian berat jenis tanah (*Unit Weight*). Kemudian dilanjutkan dengan metode *Bishop* untuk mencari nilai faktor keamanan. Selain itu dilakukan juga pengukuran data dilapangan untuk mendapatkan data primer berupa pengukuran tinggi, lebar, dan panjang lereng. Kemudian dilakukan pengambilan sample menggunakan tabung secara *undisturbed* agar diujikan dalam laboratorium.

Uji mempergunakan menganalisis kuat geser tanah yang mencakup uji dilakukan dengan *Direct Shear Test.* Kuat geser tanah yakni gaya yang berlawanan yang dilaksanakan oleh butiran tanah

kepada tarikan ataupun desakan [2]. Pada (Gambar 2) merupakan rumus dan grafik mohr dan coulomb.



Gambar 2. Rumus dan grafik mohr dan coulomb menurut (Coulomb, 1776)

Keterangan :

τ = Kuat geser tanah (kN/m2)
c = Kohesi tanah
φ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat)
σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m2)
τ_f = Nilai tegangan maksimum

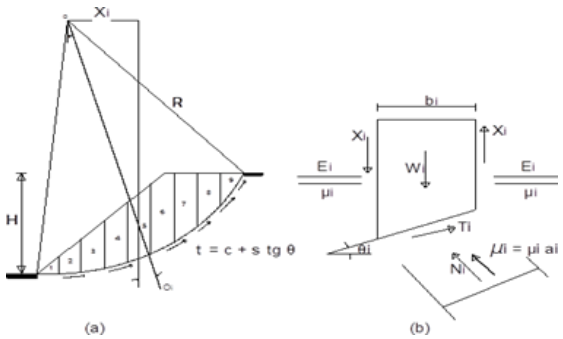
Dalam analisis ini data yang didapatkan mencakup nilai kohesi (C), nilai sudut geser dalam (ϕ). Selain itu dilakukan pengujian *Unit Weight* atau berat isi tanah (Υ). Bertujuan guna mencarikan berat isi tanah aslinya yang dilakukan pengambilan dari lapangan. Berat isi bisa dilakukan perhitungan dengan rasio diantara berat tanah mencakup air yang dikandung di dalam dengan volume tanah totalnya.

$$\gamma = \frac{W2 - W1}{V}$$

Keterangan :

$W2$ = Ring sample + tanah ditimbang
$W1$ = Ring sample ditimbang
V = Volume tanah

Setelah mendapatkan ketiga nilai tersebut digunakan untuk mencari nilai faktor keamanan (FK). Analisis yang digunakan agar mendapatkan nilai faktor keamanan menggunakan software *Rockscience Slide* V6.0 melalui bermetodekan *bishop.* Metode Bishop dipergunakan dalam melaksanakan menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) berwujud lingkaran. Metode Bishop mengasumsikan yaitu gaya yang bekerja di irisan memiliki resultan nol di arah vertikalnya. [3]



Gambar 3. Gaya yang bekerja pada metode Bishop (Bishop, 1955)

$$FK = \frac{1}{\Sigma W \sin\alpha}\Sigma(c'b + (W - \mu b)\tan\phi \frac{\sec\alpha}{1+\frac{1+\tan\phi\tan\alpha}{FK}})$$

Keterangan :
FK = Faktor aman
B = Lebar irisan tanah (m)
c = kohesi tanah (kN/m²)
φ = sudut gesek dalam (°)
α = sudut kemiringan segmen (°)
W = berat irisan tanah (kN)
μ = tekanan air pori irisan ke-I (kN/m²)

Lalu agar bisa memahami kelasnya longsoran dari hasil nilai Faktor Keamanan (FK) yang sudah didapatkan dan dikelompokan menuju klasifikasi [4].

Tabel 1. Klasifikasi Nilai Faktor Keamanan Terhadap Kestabilan Lereng (Bowles, 2000)

Faktor Keamanan	Keterangan
FK<1,07	Longsoran biasa atau sering terjadi (Kelas Labil)
FK antara 1,07-1,25	Longsoran pernah terjadi (Kelas Kritis)
FK>1,25	Longsoran jarang terjadi (Kelas Stabil)

Selain menggunakan data primer seperti penjelasan diatas, data sekunder juga perlu dimasukan melalui analisis pengindraan jauh dengan melalui tahapan parameter kemiringan lereng, jenis pertanahan, tutupan lahan, curah hujan. Sehingga dari keempat parameter tersebut dilakukan *overlay* maka akan menjadi peta rawan bencana tanah longsor.

3. Hasil dan pembahasan

Di wilayah pelaksanaan riset ada lima titik longsor, hal - hal yang perlu diamati didalam observasi lapangan yaitu berupa pengukuran geometri lereng mulai dari tinggi lereng, lebar lereng, panjang lereng, nilai sudut kemiringan lereng, dan azimuth longsor yang terdapat pada lereng.

Tabel 2. Data hasil perhitungan lapangan

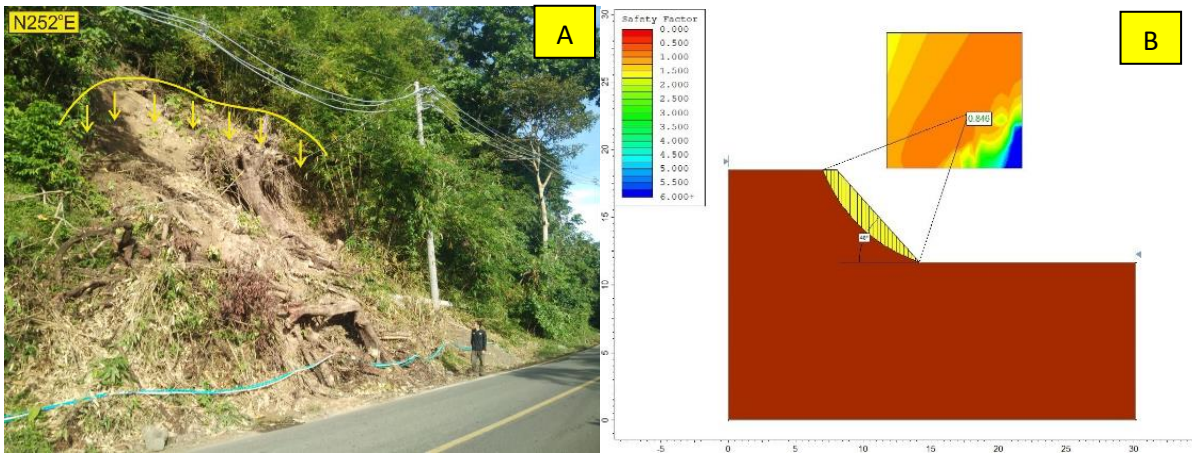
Parameter	**LP 1**	**LP 2**	**LP 3**	**LP 4**	**LP 5**
Nama Desa	Jati	Jati	Kuba	Karang dalam	Kikim kecil
Lebar Lereng Longsor (m)	9,21	12,32	4,67	7,51	7
Tinggi Lereng Longsor (m)	8,5	10,2	2,25	6	5,1
Panjang Lereng Longsor (m)	3,55	6,9	4,09	4,52	4,79
Nilai Slope	48^0	40^0	24^0	41^0	32^0
Azimuth longsor	N 252^0E	N 236^0E	N 175^0E	N 210^0E	N 355^0E
Material Longsor (Litologi)	Tuf	Tuf	Batupasir	Batulempung	Batulempung

Kemudian dari pengambilan kelima sample tanah di lapangan penelitian menggunakan tabung secara *undisturbed*. Selanjutnya sample tersebut pada pengujian dalam laboratorium mekanika tanah. Uji mempergunakan menganalisis kuat geser tanah yang pengujiannya dilaksanakan menggunakan *Direct Shear Test* dan uji *Unit Weight.*

Tabel 3. Data hasil laboratorium

Parameter	LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5
Nilai Kohesi (C) (Kg/cm^2)	0,303	0,26	0,28	0,43	0,13
Nilai Berat Isi (ϒ) (kN/m^3)	15,79	16,58	16,97	15,79	16,97
Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ)	26,57	14,84	32,21	23,03	25,17

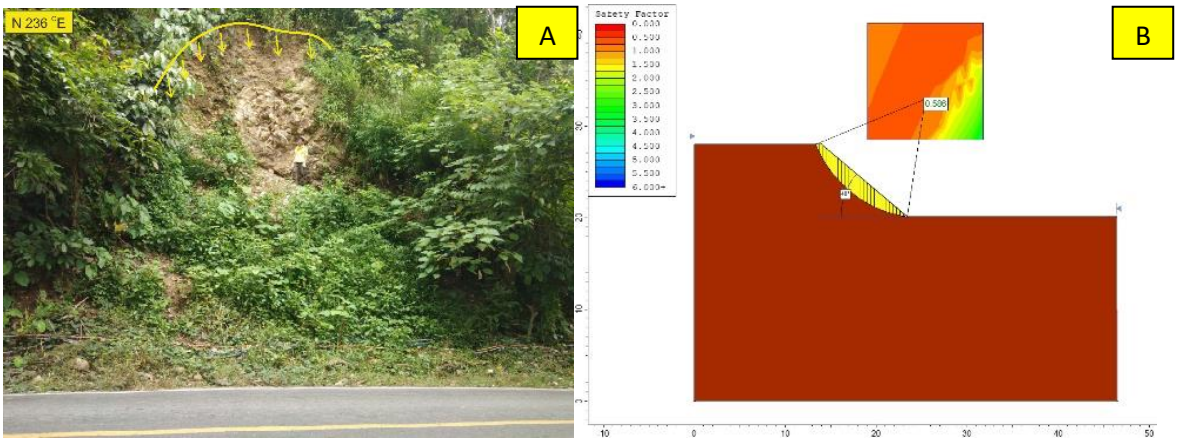
Setelah melakukan pengujian di laboratorium mekanika tanah. Kemudian data tersebut diolah mengunakan aplikasi *Rockscience slide V6.0*, dengan menggunakan metode *Simplified Bishop*. Sehingga bisa memahami nilainya Faktor Keamanan (FK). Faktor Keamanan (*Safety Factor*) yaitu rasio diantara gaya yang menahannya, kepada gaya yang memberi pergerakan tanah itu. Kemantapannya lereng sebagai suatu rasio diantara besaran gaya penahan terhadap gaya penggerak longsoran. Di bawah ini merupakan foto longsoran dan hasil analisis kestabilan lereng.



Gambar 4(a) Lokasi titik longsor 1 dan **4(b)** hasil analisis dengan Metode *Simplified Bishop*

Pada (gambar 4a) sebagai kenampakan dari lokasi titik longsor 1, lokasinya di desa Jati, Kabupaten Lahat mempunyai litologi batuan berupa tuf yang lapuk dan tidak resisten, berada pada Formasi Satuan Gunungapi Muda dengan topografi yang besar membuat lokasi atau daerah ini rawan ada longsor. Pada tempat ini termasuk pinggiran jalan lintas Lahat – Pagaralam. Jenis longsoran ini merupakan longsoran jenis translasi.

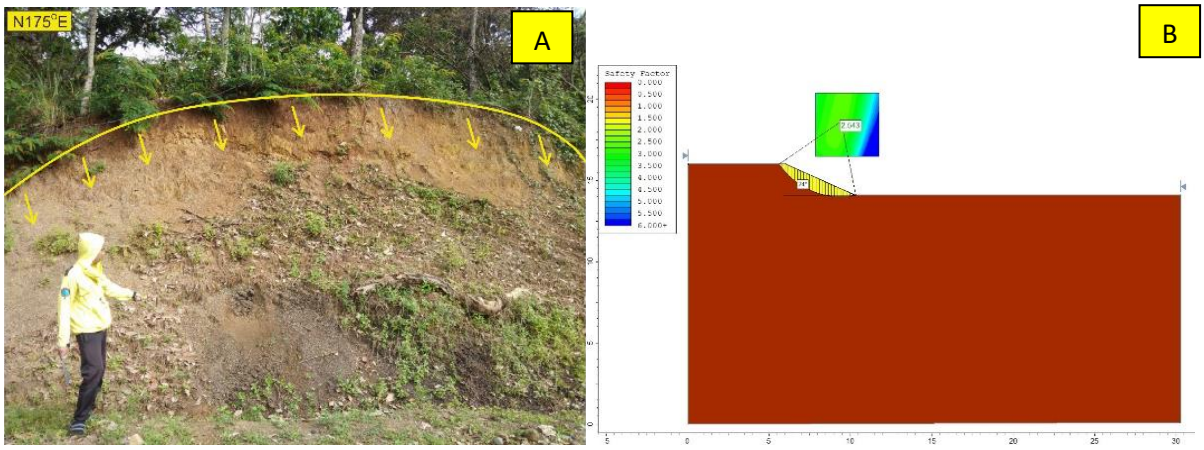
Melalui hasil menganalisis *simplified bishop* dengan tidak ada beban yang mempergunakan perangkat lunak *Rockscience Slide* V6.0 (gambar 4b). Di tempat penyelenggaraan 1 diperoleh faktor keamanannya 0,846 sebagai lereng berkelas labil berdasarkan pengklasifikasian Bowles (2000) yang maknanya longsoran biasa ataupun seringkali terjadi. Bila diamati di lapangan wujudan geometri dari lereng agak curam dengan litologi tuf serta ada *soil* di badan lereng. Sehingga bisa berkesimpulan yakni desa Jati merupakan aera yang rawan terjadinya longsor.



Gambar 5(a) Lokasi titik longsor 2 dan **5(b)** hasil analisis dengan Metode *Simplified Bishop*

Pada (gambar 5a) merupakan kenampakan lokasi titik longsoran 2, terdapat di desa Jati, Kabupaten Lahat. Mempunyai litologi batuan berupa tuf yang lapuk dan tidak resisten, berada pada Formasi Satuan Gunungapi Muda. Dilokasi ini merupakan jalan lintas Kabupaten Lahat – Pagar Alam. Sehingga harus diberi penanganan yang lebih, agar tidak terjadi longsoran kembali. Jenis longsoran pada titik ini merupakan longsoran tipe runtuhan (*fall*).

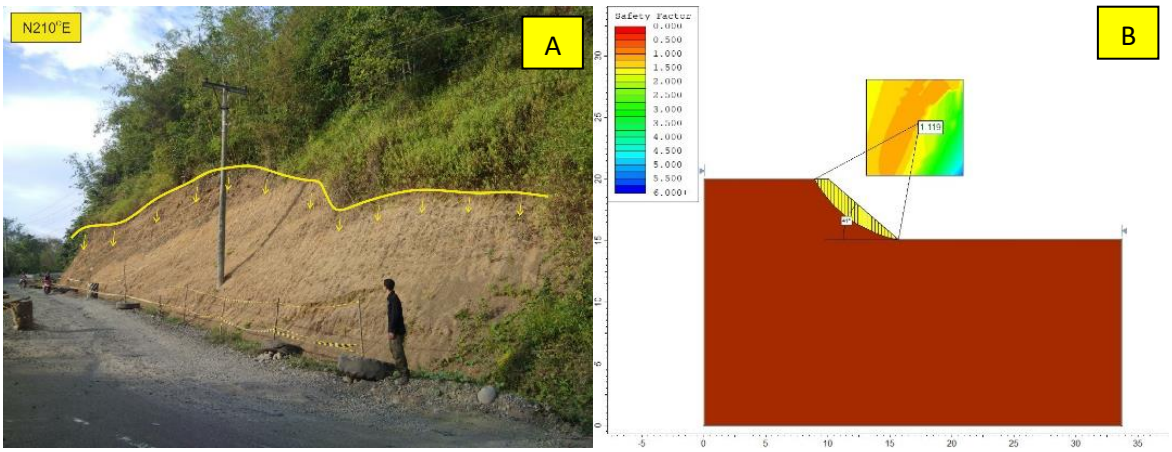
Melalui hasil menganalisis *simplified bishop* tanpa beban melalui penggunaan perangkat lunak *Rockscience Slide* V6.0 (gambar 5b). untuk tempat observasi 2 diperoleh hasilnya faktor keamanan bernilai 0,586. Sebagai lereng dalam kelas labil berdasarkan pengklasifikasian Bowles (2000), maknanya seringkali terdapat longsoran. Bila diamati dilapangan geometri dari lerengnya curam dengan litologi batuan berupa tuf. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada lokasi penelitian ini rawan terjadinya longsor dengan lereng yang curam dan memiliki nilai faktor keamanan yang rendah.



Gambar 6(a) Lokasi titik longsor 3 dan **6(b)** hasil analisis dengan Metode *Simplified Bishop*

Pada (gambar 6a) yaitu kenampakannya area titik longsor tiga lokasinya pada desa Kuba, Kabupaten Lahat, mempunya litologi batuan berupa batupasir, berada pada Formasi Gumai dengan topografi yang besar membuat tempat ini rawan mengalami longsor. Macam longsoran di titik ini sebagai suatu longsoran berjenis translasi.

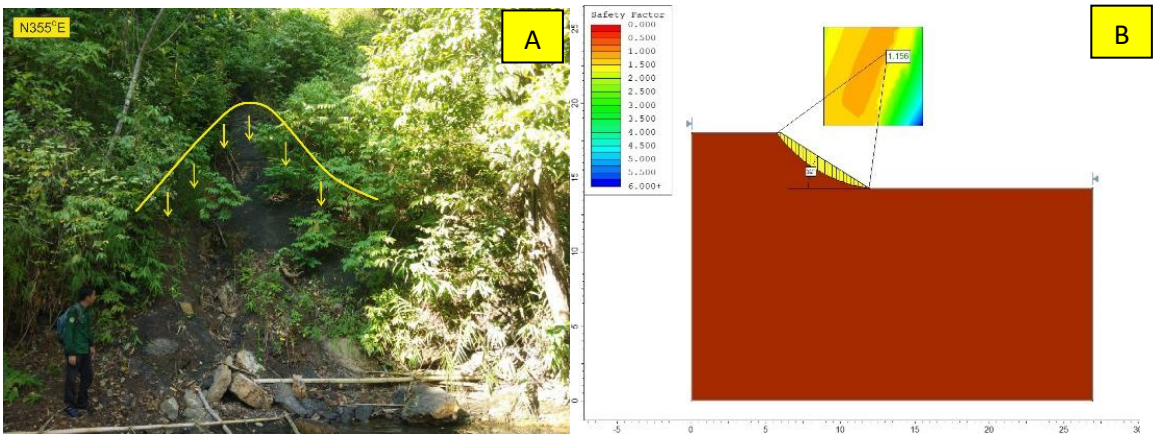
Dari hasil analisis *simplified bishop* tanpa beban melalui penggunaan perangkat lunak *Rockscience Slide* V6.0 (gambar 6b). untuk tempat observasi 2 diperoleh hasilnya faktor keamanan bernilai 2,543. Sebagai lereng dalam kelas labil berdasarkan pengklasifikasian Bowles (2000) maknanya longsrongan jarang dijumpai. Jika dilihat dilapangan geometri dari lereng tidak curam dengan litologi batuan berupa batupasir.



Gambar 7(a) Lokasi titik longsor 4 dan **7(b)** hasil analisis dengan Metode *Simplified Bishop*

Pada (gambar 7a) yakni kenampakannya lokasi titik longsor 4, terhadap pada desa Karang dalam Kabupaten Lahat, mempunyai jenis litologi berupa batupasir yang lapuk serta tidak resisiten, ada dalam Formasi Talangakar dengan topografi yang tinggi mengakibatkan lokasi ini rawan keapda peristiwa longsor. Jenis longsoran di lokasi ini berjenis longsoran tipe translasi.

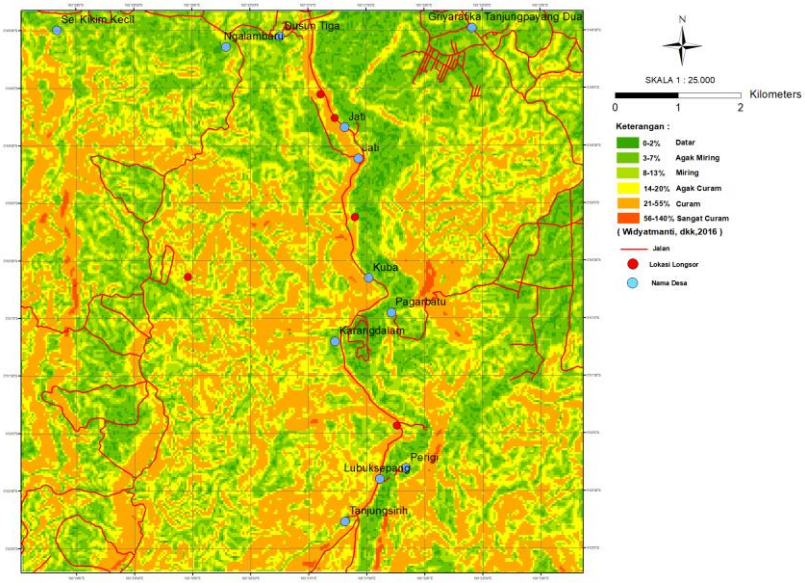
Dari hasil analisis *simplified bishop* tanpa beban dengan menggunakan software *Rockscience Slide* V6.0 (gambar 7b). Pada lokasi pengamatan 4 didapatkan hasil nilai faktor keamanan 1,119 yang berarti longsoran pernah terjadi. Jika dilihat dilapangan bentuk geometri dari lereng lumayan curam dengan litologi batuan batulempung. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada lokasi penelitian cukup rawan akan terjadinya longsoran.



Gambar 8(a) Lokasi titik longsor 5 dan **8(b)** hasil analisis dengan Metode *Simplified Bishop*

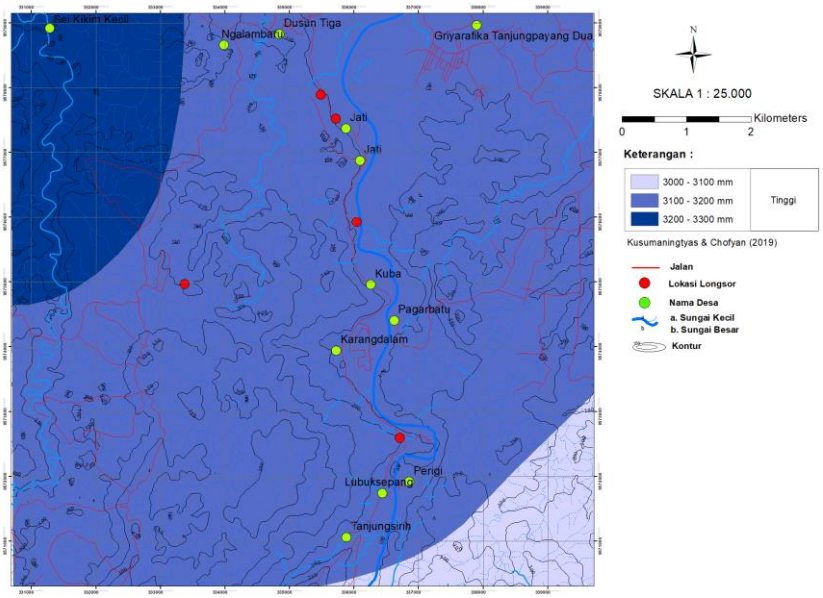
Pada (gambar 8a) merupakan kenampakan dari longsoran 5 di desa Kikim Kecil, Kabupaten Lahat, mempunyai jenis litologi berupa batulempung yang mengalami pelapukan. Hal itu karena terdapat aliran sungai yang memberi gerusan lapisan bebatuan yang ada di sekitar menjadikan tidak resisten. Selain itu faktor dari topografi dan intensitas hujan mempengaruhi terjadinya pergerakan tanah dan terjadi longsor. Jenis longsoran pada lokasi ini merupakan longsoran tipe runtuhan (*fall*).

Dari hasil analisis *simplified bishop* tanpa beban dengan menggunakan software *Rockscience Slide* V6.0 (gambar 8b). Pada lokasi pengamatan 5 didapatkan hasil nilai faktor keamanan 1,156 yang berarti longsoran pernah terjadi. Jika dilihat dilapangan bentuk geometri cukup curam dengan litologi batulempung dan terdapat *soil* pada tubuh lereng. Jadi dapat disimpulkan pada lokasi penelitian ini rawan terjadinya longsor.



Gambar 9. Peta Kemiringan Lereng daerah Pulau Pinang dan sekitarnya Kabupaten Lahat

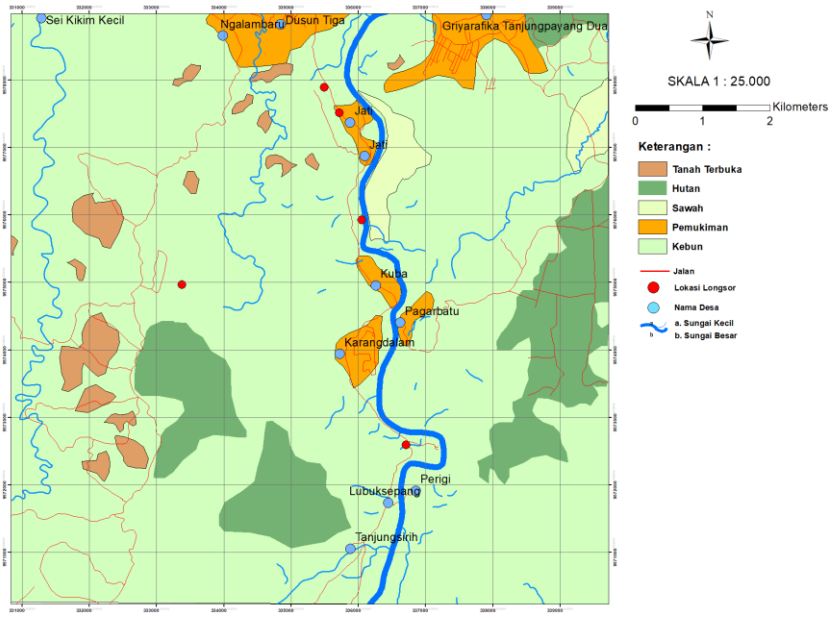
Kemiringan lereng yang curam melalui terdapatnya pelapisan dalam permukaan tanah yang kedap air dan lunak adalah faktor dasar yang mempunyai peranan krusial pada proses adanya longsoran [5]. Kemiringan lereng berkelas >40% ada potensinya lebih besar daripada kemiringan lereng bernilai <40%. Namun tidak semua lereng yang kemiringannya mempunyai nilai >40 diklasifikasikan curam sampai sangat curam bisa jadi suatu faktor berpotensi adanya longsor. Di wilayah penyelenggaraan riset kemiringan lereng dibagikan jadi enam kelas yakni datar (0-2%), agak miring (3-7%), miring (8-13%), agak curam (14–20%), curam (21-55%),sangat curam (56–140%) [6]. Untuk wilayah pelaksanaan riset mayoritas didominasikan oleh wilayah dengan kemiringan lereng agak curam sampai curam. Hal itu dicirikan melalui area pelaksanaan riset didominasikan oleh berwarna kuning mencakup kemiringan lereng agak curam serta warna oren sebagai kemiringan lereng curam.



Gambar 10. Peta curah hujan tahunan daerah Pulau Pinang dan sekitarnya Kabupaten Lahat

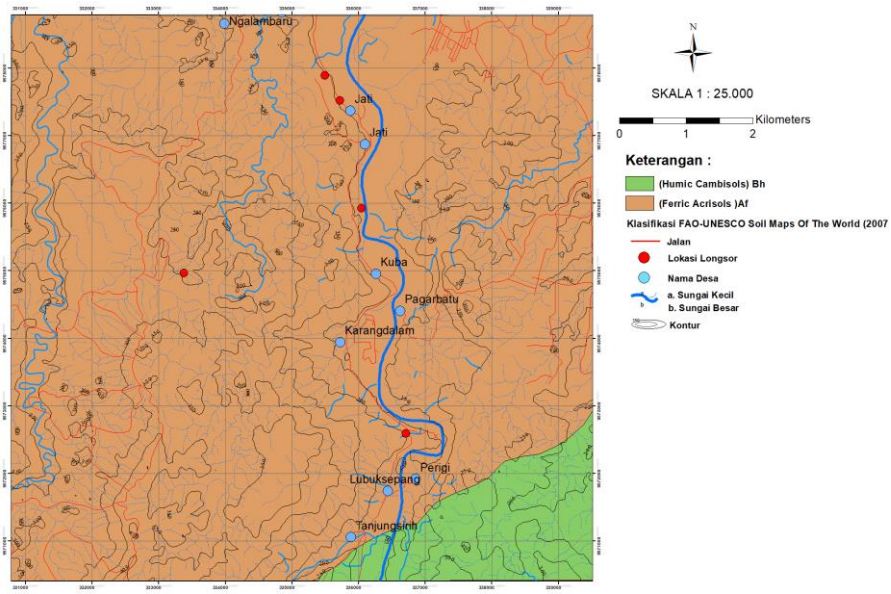
Peta curah hujan diolah menggunakan aplikasi *Arcgis*. Data yang digunakan adalah data *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS) perbulan 2012-2021 sejumlah 120

file format raster. Data itu dilakukan pengolahan jadi rerata tahunan sejumlah satu file berformat raster dengan *cell statistics tools*. Lalu diekstraksikan jadi titik, reklasifikasi, interpolasi kriging. Hasil menunjukan pada kelima lokasi penelitian terdapat satu kelas yaitu intensitas curah hujan tinggi dengan nilai curah hujan yaitu antara 3100 – 3200 mm/tahun [7].



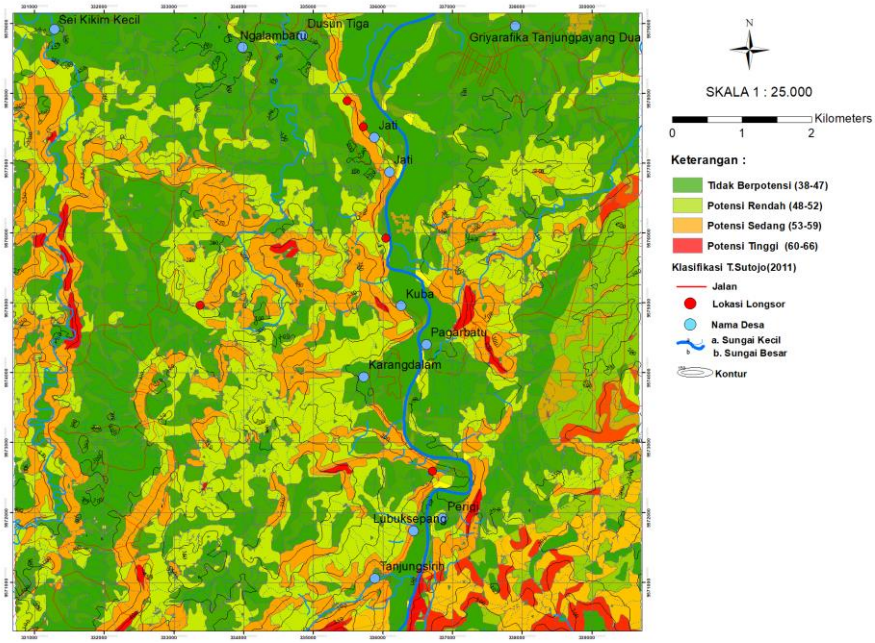
Gambar 11. Peta tutupan lahan daerah Pulau Pinang dan sekitarnya Kabupaten Lahat

Pemakaian lahan bisa menaikan risiko longsoran serta jadi faktor pengontrolnya atas pergerakan pertanahan [8]. Maka dari itu, digitasi pemakaian lahan yang mempergunakan data melalui *science for a changing world* (*USGS)* berupa data citra landsat yang telah melalui tahap composit pada aplikasi *Arcgis.* Mnegacu pada hasilnya digitasi pemakaian lahan di wilayah riset didapatkan lima macam pemakaian lahannya (Gambar 11). Lima macam pemakaian lahan mencakup hutan, permukiman, sawah, tanah terbuka, kebun. Pemakaian lahan di wilayah riset didominasikan adanya kebun maupun pemukiman. Sementara mayoritas dipakai untuk perhutanan, persawahan, serta tanah terbuka.



Gambar 12. Peta jenis tanah daerah Pulau Pinang dan sekitarnya Kabupaten Lahat

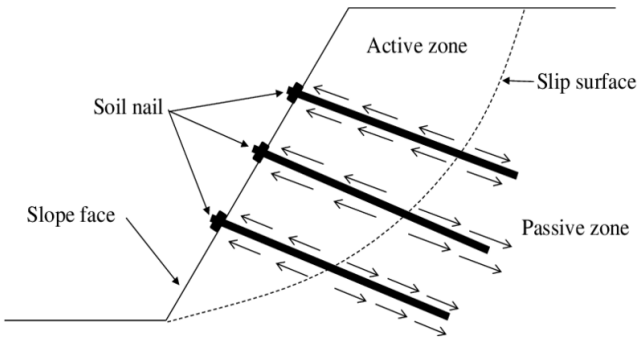
Jenis tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan kerawanan gerakan tanah dilihat berdasarkan tekstur, permeabilitas dan kedalamannya. Pada lokasi penelitian memiliki jenis tanah Kombisol Humik (Bh) dan Ferric Acrisols (Af). Identifikasi titik longsor semuanya berada pada tanah Ferric Acrisols (Af) yang mempunyai warna coklat pada peta jenis tanah.



Gambar 13. Peta rawan bencana tanah longsor daerah Pulau Pinang dan sekitarnya Kabupaten Lahat

Pada proses penentuan tingkat kerawanan longsor yang didasarkan pada parameter sebagai data untuk menentukan kerawanan longsor pada daerah penelitian. Proses *overlay* menggambarkan peta persebaran tingkat kerawanan longsor daerah penelitian. Hasil analisis pada daerah penelitian terdiri dari empat tingkat kerawanan longsor yakni tidak ada potensi (38-47), berpotensi rendah (48-52), berpotensi sedang (53-59), berpotensi tinggi (60-66) (Gambar 13). Identifikasi kerawanan longsor menggunakan analisis pengindraan jauh dengan melalui tahapan parameter jenis pertanahan, tutupan lahan, curah hujan, kemiringan lereng. Sehingga dari keempat parameter tersebut dilakukan *overlay* maka akan menjadi peta rawan bencana tanah longsor.

Setelah didapatan hasilnya mengolah data di lapangan, mencakup data sekunder serta data primer. Maka diperlukan mitigasi dalam hal ini yaitu dengan menggunakan metode *Soil Nailing* . Metode ini digunakan untuk kontur tanah yang miring dan juga curam. *soil nailing* merupakan perkuatan tanah melalui metode pemberian tanah paku yang memiliki panjang tertentunya dan berjarak merapat. Sehingga dalam prinsipnya *soil nailing* mempersatukan massa tanah di bagian tanah yang kurang ada kestabilan, untuk penahan dindin di penggaliannya serta pula untuk tambahan kestabilitasan lereng [9].



Gambar 14. Prinsip dasar *soil nailing* (sinarta, 2014)

Selain itu upaya mitigasi jangka panjang, diperlukan vegetasi pertanian. Vegetasi bisa menurunkan *runoff* yang berlebihan dengan proses infiltrasi melalui metode peningkatan jumlah serta volume pori-pori di tanahnya [10].

4. Kesimpulan

Dapat disimpulkan dalam riset berikut terdapat 5 titik longsor yang dilakukan analisis. Hasil analisis yang didapatkan berupa nilai Faktor Keamanan (FK). Berdasarkan klasifikasi dari (Bowles, 2000). Pada lokasi penelitian 1 dan 2 termasuk (Kelas Labil) dikarenakan nilai faktor keamanannya 0,846 dan 0,586 , lokasi penelitan 3 termasuk (Kelas Stabil) dikarenakan nilai faktor keamanannya 2,543, lokasi penelitan 4 dan 5 termasuk (Kelas Kritis) dikarenakan nilai faktor keamanannya 1,119 dan 1,156. Faktor penyebab longsoran ini diberi pengaruh dari tingkatan pertahanan bebatuan yang rendah dengan litologi yang mengalami pelapukan, topografi curam sampai tinggi, serta curah hujannya yang berintensitas tinggi. Mitigasi yang bisa dilaksanakan yakni dengan metode *Soil Nailing* berupa perkuatan tanah melalui metode pemberian tanah paku yang memiliki panjang tertentunya dan berjarak merapat.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan rasa berterima kasih terhadap Program Studi Teknik Geologi serta koordinator Program Studi Teknik Geologi Elisabet Dwi Mayasari, S.T, M.T yang sudah memberi peluang untuk menyebarkan keahlian beserta pengetahuan pada penulisan ini sebagai bagian dari dari Tugas Akhir.

Daftar Pustaka:

[1] R. Rahmad, S. Suib, and A. Nurman, “Aplikasi SIG Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor Di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara,” *Maj. Geogr. Indones.*, vol. 32, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.22146/mgi.31882.

[2] S. A. Nugroho, A. I. Putra, and R. Ermina, “Korelasi Parameter Kuat Geser Tanah Hasil Pengujian Triaksial dan Unconfined Compression Strength (UCS),” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2012.

[3] O. C. P. R. Turangan and S. Monintja, “Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m),” *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 3, p. ISSN: 2337-6732, 2014.

[4] Z. Syafar, “Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop Pada Penabangan Nikel,” *J. Geomine*, vol. 4, no. 3, pp. 90–93, 2017, doi: 10.33536/jg.v4i3.70.

[5] I. Pratiwi, M. A. Ito, M. A. R. Harahap, and F. Steven, “Pemetaan Rawan Longsor Daerah Palu Dengan Metode Weight Overlay,” *J. Geosains dan Remote Sens.*, vol. 2, no. 2, pp. 74–81, 2021, doi: 10.23960/jgrs.2021.v2i2.48.

[6] I. A. Prabowo and D. Isnawan, “Identifikasi Bentuk lahan Berdasarkan Data Citra Penginderaan Jauh : Studi Kasus di Dome Kulonprogo,” *Pros. Semin. Nas. XII “Rekayasa Teknol. Ind. dan Inf. 2017"*, pp. 313–321, 2017.

[7] H. Setiawan, B. I. Geospasial, A. Wibowo, and S. Supriatna, “Geomedia,” no. November, 2021, doi: 10.21831/gm.v19i2.43227.

[8] J. P. Suranto, “Kajian Pemanfaatan Lahan Pada Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor di Gununglurah, Cilongok, Banyumas,” *Pemanfaat. Lahan Pada Drh. Rawan Bencana Tanah Longsor*, pp. 1–165, 2008.

[9] F. H. Yanto, “Pekuatan Lereng,” vol. 6, no. 1, pp. 41–47, 2017.

[10] C. Yunagardasari, A. K. Paloloang, and A. Monde, “Model infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan di Desa Tulo Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi,” *Agrotekbis*, vol. 5, no. 3, pp. 315–323, 2017, [Online]. Available: https://media.neliti.com/media/publications/245559-model-infiltrasi-pada-berbagai-penggunaa-e9b71eac.pdf

[11] Erizal, “Dr. ir. erizal, magr. departemen teknik sipil dan lingkungan fakultas teknologi pertanian ipb”.

[12] W. NI MADE DWI PRADNYASARI and T. KUSMAWATI, “Pemetaan Potensi dan Kerawanan Longsor Lahan di Desa Belandingan , Desa Songan A dan Desa Songan B Kecamatan Kintamani , Kabupaten Bangli,” *J. Agroekoteknologi Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 231–241, 2019.
[13] Y. Madora, M. Asof, and Mukiat, “Geser Dengan Metode Direct Shear Test Di Pit Muara Tiga Besar Utara Pt . Bukit Asam (Persero) Tbk Slope Stability Analysis Based on Results of Shear Strength Test With Direct Shear Test Method in Pit Muara Tiga Besar Utara Pt . Bukit Asam (Persero) Tb,” pp. 0–9, 2016.
[14] M. Isma and R. Marani, “Fakultas teknik departemen teknik geologi semarang agustus 2018,” 2018.
[15] S. reza dkk Nurdian, “127445-ID-korelasi-parameter-kekuatan-geser-tanah,” vol. 3, no. 1, pp. 13–26, 2015.
[16] S. Arief, “Metode- Metode Dalam Analisis Kestabilan Lereng,” 2007, [Online]. Available: https://docplayer.info/33479028-Metode-metode-dalam-analisis-kestabilan-lereng.html
[17] T. Ilyas, “Tanah longsor (landslide),” no. 14416241041, pp. 1–17, 2011.
[18] D. Panguriseng and U. M. Makassar, *DASAR-DASAR*, no. January. 2018.