



Analisis Stabilitas Lereng Pada Lahan Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kawasan Inti Pusat Pemerintahan

Eko Riyanto [✉], Agung Setiawan, Amin Nur Hidayat

Universitas Muhammadiyah Purworejo, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.26623/teknika.v20i1.11811>

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Disubmit 2025-03-07

Direvisi 2025-04-14

Disetujui 2025-04-29

Keywords:

Stabilitas Lereng; Metode Bishop Simplified; Metode Elemen Hingga;

Abstrak

Banyaknya lereng pada pembangunan IPAL 1 KIPP IKN menyebabkan adanya potensi longsoran yang membahayakan lingkungan disekitarnya. Faktor yang sering mengakibatkan kelongsoran yaitu pengaruh geometri dan penyusun material tanah lereng tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis stabil atau tidaknya suatu lereng yang ditunjukkan dalam bentuk nilai Faktor Keamanan. Penelitian menggunakan dua metode, yaitu metode *Bishop Simplified* dan metode elemen hingga. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu geometri lereng pada jalan akses lingkaran kanan IPAL 1 KIPP IKN dari Sta 0+340 s/d Sta 0+380 dan data penyelidikan tanah dari PT. YODYA selaku konsultan perancangannya dengan tinggi lereng 25 m, lebar 20,6 m, nilai kohesi tanah (c) = 75 kN/m², berat volume tanah (γ_b) = 18,4396 kN/m³, dan sudut geser tanah (ϕ) = 17,1°. Penelitian ini didapatkan hasil Faktor Keamanan dengan metode *Bishop Simplified* sebesar 1,7 dan metode elemen hingga sebesar 1,7. Berdasarkan nilai Faktor Keamanan yang disarankan SNI-8460 yaitu 1,5 berarti lereng tersebut aman karena nilai Faktor Keamanan lerengnya lebih besar dari yang disarankan.

Abstract

The numerous slopes in the construction of IPAL 1 KIPP IKN create a potential for landslides that could endanger the surrounding environment. The factors that often cause landslides include the influence of slope geometry and the materials composing the slope. The objective of this study is to analyze whether a slope is stable or not, as indicated by the Safety Factor value. The study employs two methods: the Bishop Simplified method and the finite element method. The data used in this study includes the slope geometry of the right circular access road to IPAL 1 KIPP IKN from Sta 0+340 to Sta 0+380 and soil investigation data from PT. YODYA, the project consultant, with a slope height of 25 m, a width of 20.6 m, soil cohesion (c) = 75 kN/m², soil unit weight (γ_b) = 18.4396 kN/m³, and soil shear angle (ϕ) = 17.1°. The study results show that the Safety Factor obtained using the Bishop Simplified method is 1.7, and the finite element method also yields a Safety Factor of 1.7. Based on the Safety Factor value recommended by SNI-8460, which is 1.5, the slope is considered safe because its Safety Factor value exceeds the recommended threshold.

[✉] Alamat Korespondensi:

E-mail: eko.riyanto@umpwr.ac.id

PENDAHULUAN

Ibu Kota Nusantara (IKN) merupakan salah satu mega proyek Indonesia yang mulai dibangun pada tahun 2022 dengan target pembangunan sampai tahun 2045 (Princessca et al., 2020). Ibu Kota Nusantara (IKN) terletak di Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Di Penajam Paser Utara memiliki kondisi alam berupa pegunungan yang sangat luas sehingga menyebabkan adanya elevasi tanah yang sangat beragam. Kondisi tanah di wilayah Kalimantan Timur juga di dominasi oleh tanah lempung lunak dan *clay shell* (Pasole et al., 2020). Tanah *clay shell* sendiri memiliki karakteristik yang unik karena tanah tersebut secara fisik mirip dengan batuan keras dan sangat keras apabila masih di bawah permukaan, akan tetapi ketika sudah terpapar di udara ataupun air karakteristik tanah tersebut berubah menjadi lunak dan mudah pecah (Das, 1995) (Song et al., 2024). Dalam bidang Teknik Sipil tanah merupakan dasar dari suatu pembangunan konstruksi karena diharapkan tanah dapat menahan beban yang bekerja di atasnya (Okta et al., 2024). Salah satu infrastruktur penunjang Ibu Kota Nusantara (IKN) yang sedang dibangun yaitu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang akan menampung dan mengolah semua limbah domestik dari Ibu Kota Nusantara (IKN). Pembangunan infrastruktur tersebut didapatkan kontur tanah yang berbukit-bukit sehingga perlu dilakukan penggalian tanah yang mengakibatkan terbentuknya lereng seperti ditunjukkan pada gambar 1. Menurut (Gael et al., 2025) lereng merupakan permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal (Ngueyep et al., 2024).



Gambar 1. Kondisi lereng akibat penggalian tanah (dokumen pribadi)

Adanya kondisi lereng tersebut perlu adanya analisis stabilitas untuk memastikan kondisi lereng apakah mampu menahan beban yang bekerja sehingga tidak mengalami keruntuhan yang bisa mengakibatkan kerugian (At et al., 2025). Ada beberapa unsur yang mempengaruhi kestabilan lereng, baik alami maupun buatan. Faktor-faktor tersebut dapat terjadi akibat kekuatan pendorong serta kekuatan penahan terhadap kestabilan lereng. Jika gaya penggerak lebih kecil dari gaya penahan maka lereng akan berada dalam keadaan aman dan stabil. Longsoran akan terjadi pada lereng yang tidak stabil akibat gaya penahannya lebih kecil dari gaya pendorongnya. Adapun tingkat keamanan suatu kestabilan lereng, dikenal dengan istilah faktor keamanan. Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui kemandapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsoran di waktu yang akan datang (Dwi et al., 2017) (Qiu et al., 2024). Analisis stabilitas tersebut digunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software Plaxis Version 8.6* (Ngueyep et al., 2024) untuk permodelan lereng yang akan ditinjau dan menggunakan metode *Bishop Simplified* (Huang et al., 2023) (Ngueyep et al., 2024). Analisis

stabilitas lereng menggunakan keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*) (Gael et al., 2025). Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk menentukan nilai faktor keamanan dari suatu lereng. Faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan menggerakkan pada suatu lereng. Semakin besar nilai tahannya maka semakin aman suatu lereng (Pasole et al., 2020). Apabila lereng tidak aman maka perlu diperhatikan lagi tingkat keamanan lereng dalam melakukan perencanaan agar tidak terjadi kerusakan dalam waktu yang singkat. Menurut (Mehta & Siddique, 2018) muka air tanah sangat berpengaruh pada kestabilan lereng karena mempengaruhi nilai faktor keamanannya di mana semakin tinggi muka air tanah semakin kecil nilai faktor keamanannya (Hardiyatmo, 2003).

METODE

Metode penelitian ini termasuk kedalam metode kuantitatif karena menggunakan metode *Bishop Simplified* dan *Software Plaxis V8.6*. (Achu et al., 2023) Data yang digunakan adalah data primer yang didapat dari observasi lapangan berupa pengukuran geometri lereng dan data sekunder berupa hasil penyelidikan tanah PT. YODYA. Setelah mendapatkan nilai Faktor Keamanan, dapat diketahui kondisi lereng stabil atau tidak stabil berdasarkan nilai Faktor Keamanan (Gazali, 2020) (Song et al., 2024) yang disarankan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan lereng tanah

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah	Tinggi
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif.	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif.	1,5	2,0 atau lebih
a. Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.		
b. Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten, dan tidak dapat diandalkan.		

Sumber: Persyaratan Perancangan Geoteknik, (SNI8460, 2017)

1.1. Metode *Bishop Simplified*

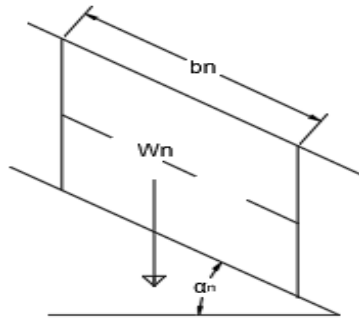
Metode ini menyederhanakan analisis dengan mengabaikan gesekan antar irisan. Diasumsikan bahwa gaya normal seperti pada **Gambar 1** bidang kontak antar irisan sudah cukup untuk menentukan gaya-gaya yang bekerja. Gaya-gaya pada sisi-sisi irisan diasumsikan seimbang dalam arah vertikal,

sehingga tidak ada resultan gaya vertikal yang bekerja. Pemakaian faktor aman *Bishop Simplified* lebih sulit pemakaiannya dibandingkan dengan metode lain. Dikarenakan membutuhkan cara coba-coba (*trial and error*), tetapi cara ini terbukti menghasilkan nilai faktor aman yang mendekati hasil hitungan dengan cara lain yang lebih teliti (Gazali, 2020)(Wu et al., 2024). Berikut rumus *Bishop Simplified* :

$$FK = \frac{1}{\sum W_n \sin \alpha_n} \sum \left(\frac{cb_n + W_n \tan \phi}{\cos \alpha_n + \frac{\sin \alpha_n \tan \phi}{F_k}} \right)$$

Keterangan :

- FK = Faktor Keamanan
- c = kohesi tanah (kN/m^2)
- ϕ = sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)
- α_n = kemiringan lereng ke-n ($^\circ$)
- b_n = lebar irisan ke-n (m)



Gambar 2. Metode Bishop (Hoek & Bray, 1981 dalam Hardiyatmo,2006)

1.2. Metode elemen hingga dengan *Plaxis V8.6*

Metode elemen hingga dengan *Plaxis Version 8.6* merupakan *software* mutakhir untuk analisis geoteknik, khususnya dalam mengevaluasi stabilitas tanah. *Plaxis* ini menggunakan metode elemen hingga yang mampu menghasilkan simulasi realistis dan mendekati perilaku tanah sebenarnya. Geometri tanah dapat dimasukkan dengan detail dan presisi tinggi, memungkinkan analisis yang lebih akurat. Menyediakan berbagai analisis, termasuk *displacement* (perpindahan), tegangan tanah, faktor keamanan, dan lainnya (Dwi et al., 2017)(Chaidachatorn et al., 2019)(Wu et al., 2024). Adapun analisis pada program *plaxis* memiliki 3 tahapan yaitu :

- a. Tahapan permodelan lereng dan memasukkan data (*input*)

Pemodelan dilakukan dengan membuat model 2 dimensi dengan menggunakan *software Plaxis Version 8.6*. Pembuatan model berdasarkan kondisi di lapangan yang ada di IPAL 1 KIPP (Kawasan Inti Pusat Pemerintahan), penentuan dimensi dari lereng didapat dari pengukuran di lapangan dengan bantuan meteran. Analisis hanya dilakukan pada kondisi eksisting sehingga beban eksternal tidak dipertimbangkan karena tidak ada bangunan ataupun beban lalu lintas yang diterima oleh lereng tersebut. Parameter tanah yang sudah didapat dari pengujian laboratorium kemudian dimasukkan ke dalam *software Plaxis Version 8.6* untuk *input* material tanah guna analisis stabilitas lereng.

- b. Tahapan kalkulasi data (*calculation*)

Setelah semua data parameter tanah dimasukkan, maka dapat dihitung. *Software Plaxis Version 8.6* menggunakan metode elemen hingga untuk menyelesaikan persamaan kesetimbangan yang mengatur perilaku model (Da et al., 2024)

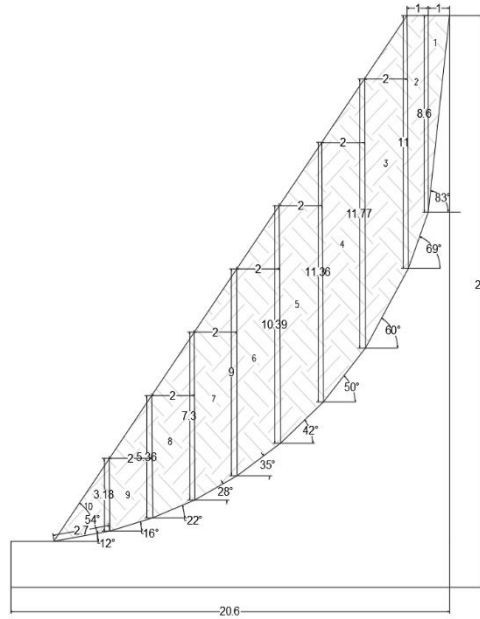
c. Tahapan keluaran data (*output*)

Setelah perhitungan selesai, hasil dapat divisualisasikan dan dianalisis. *Software Plaxis Version 8.6* dapat menampilkan model deformasi dan hasil nilai keamanan lereng tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Metode *Bishop Simplified*

Hasil dari pengukuran lereng didapatkan geometri lereng seperti pada gambar 2. Hasil seharusnya meringkas temuan atau findings daripada sekedar menyajikan data-data secara detail.



Gambar 3. Desain Geometri Lereng

Lapisan irisan ke-1

$$\begin{aligned} \text{Nilai } A_1 &= \frac{1}{2} a \times b \\ &= \frac{1}{2} \times 1 \times 8,6 \\ &= 4,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } W_1 &= \gamma_b \times A_1 \\ &= 18,4396 \times \frac{1}{2} \times 1 \times 8,6 \\ &= 79,2903 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } W_1 \cdot \sin\alpha_1 &= W_1 \times \sin\alpha_1 \\ &= 79,2903 \times 0,9925 \\ &= 78,6993 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } W_1 \cdot \tan\phi &= W_1 \times \tan\phi \\ &= 79,2903 \times 0,3076 \\ &= 24,3929 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } c \cdot b_1 + W_1 \cdot \tan\phi &= c \times b_1 + W_1 \times \tan\phi \\ &= 75 \times 1 + 24,3929 \\ &= 99,3929 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } m\alpha_1 &= m\alpha_1 = \cos\alpha_1 + \frac{\tan\phi \cdot \sin\alpha_1}{FK} \\ &= m\alpha_1 = 0,1219 + \frac{0,3076 \times 0,9925}{1,6735} \\ &= 0,3043 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } \frac{c \cdot b_1 + W_1 \cdot \tan \phi}{m \alpha_1} = \frac{99,3929}{0,3043} = 326,5963 \text{ kN/m}^3$$

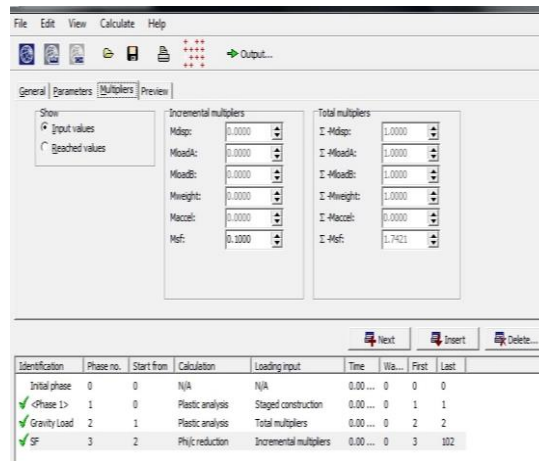
$$FK = \frac{1}{\sum W_n \sin \alpha_n} \sum \left(\frac{c b_n + W_n \tan \phi}{\cos \alpha_n + \frac{\sin \alpha_n \tan \phi}{FK}} \right)$$

$$FK = \frac{\sum(2844,3540)}{\sum(1699,6092)}$$

$$FK = 1,6735$$

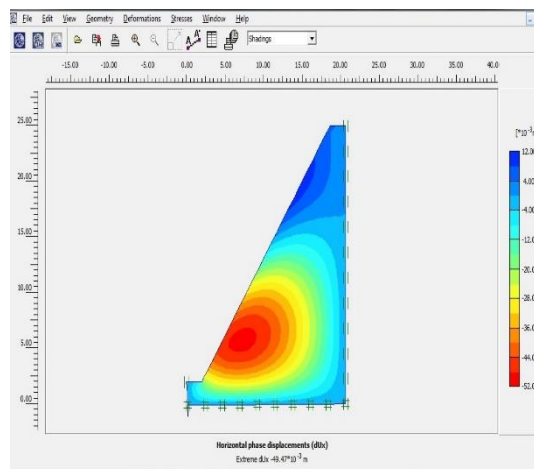
Perhitungan menggunakan metode *Bishop Simplified* didapatkan hasil $FK=1,6735$. Berdasarkan SNI 8460 tentang Persyaratan Perencanaan Geoteknik lereng dikatakan dikondisi aman atau stabil jika nilai Faktor Keamanan (FK) > 1,5 dan juga sebaliknya jika nilai Faktor Keamanan (FK) < 1,5 lereng berada dikondisi kurang aman atau tidak stabil.

Perhitungan menggunakan *software Plaxis version 8.6* bertujuan menghitung nilai faktor keamanan lereng dan mendapatkan skema pergerakan tanah yang dianalisis seperti pada **Gambar 3** berikut :



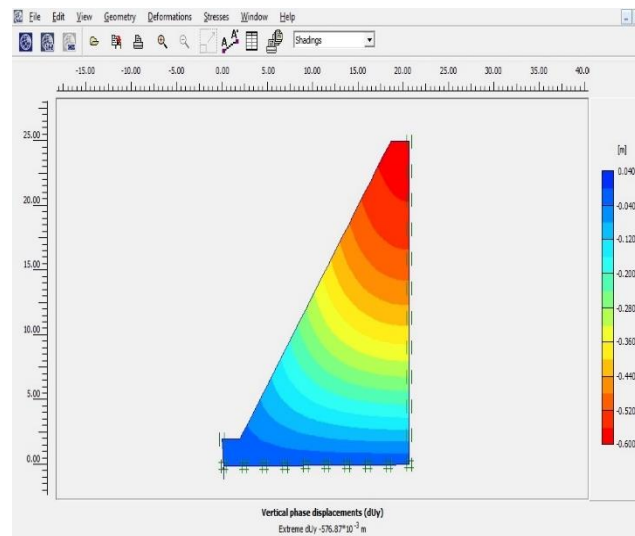
Gambar 4. Nilai Faktor Keamanan pada keadaan eksisting IPAL 1

Hasil nilai Faktor Keamanan dari perhitungan stabilitas lereng pada jalan akses lingkaran kanan Sta 0+340 s/d Sta 0+380 proyek pembangunan IPAL 1 KIPP IKN menggunakan *Software Plaxis Version 8.6* adalah 1,7421, hasilnya aman karena memenuhi standar Faktor Keamanan menurut SNI 8460 yaitu $FK > 1,5$. **Gambar 4** dan **Gambar 5** menunjukkan skema pergerakan lereng.



Gambar 5. Horizontal Displacement

Gambar 5 menunjukkan hasil perpindahan horizontal sebesar -4,947 cm, dan untuk titik kritis ditandai dengan warna merah. Tanda minus (-) menunjukkan bahwa perpindahan terjadi ke arah kiri atau ke arah sumbu x karena pengaruh beban lereng.



Gambar 5. Vertical Displacement

Berdasarkan Gambar 5 di atas menunjukkan hasil perpindahan vertikal sebesar -57,687 cm, dan untuk titik kritis ditandai dengan warna merah. Tanda minus (-) menunjukkan bahwa perpindahan terjadi ke arah kiri atau ke arah sumbu x karena ada tekanan dari beban lereng.

Berdasarkan penelitian dan analisis data dengan menggunakan metode *Bishop Simplified* didapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 1,6735, sedangkan analisis menggunakan *software Plaxis Version 8.6* didapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 1,7421. Maka hasil yang didapat dari kedua analisis tersebut adalah lereng dalam kondisi stabil, dikarenakan nilai Faktor Keamanan > 1,5.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis stabilitas lereng dengan metode *Bishop Simplified* dan *software Plaxis V8.6*, lereng dikondisi eksisting pada Proyek Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah 1 Kawasan Inti Pusat Pemerintahan Ibu Kota Nusantara di Sta 0+340 s/d Sta 0+380 jalan akses lingkaran kanan didapatkan nilai Faktor Keamanan 1,6735 dan 1,7421. Berdasarkan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perencanaan Geoteknik nilai faktor keamanan tersebut termasuk ke dalam kategori aman, dikarenakan $FK > 1,5$. Hasil simulasi permodelan lereng menggunakan *software plaxis V8.6* pada lereng Sta 0+340 s/d Sta 0+380 menunjukkan bahwa lereng mengalami deformasi vertikal dan deformasi horizontal. Deformasi vertikal sebesar 57,687 cm dan titik kritis atau deformasi vertikal terbesar terjadi pada bagian atas lereng, sedangkan deformasi horizontal sebesar 4,947 cm dan titik kritis atau deformasi horizontal terbesar terjadi pada bagian bawah lereng.

Hasil simulasi permodelan lereng menggunakan *software plaxis V8.6* pada lereng Sta 0+340 s/d Sta 0+380 menunjukkan bahwa lereng mengalami deformasi vertikal dan deformasi horizontal. Deformasi vertikal sebesar 57,687 cm dan titik kritis atau deformasi vertikal terbesar terjadi pada bagian atas lereng, sedangkan deformasi horizontal sebesar 4,947 cm dan titik kritis atau deformasi horizontal terbesar terjadi pada bagian bawah lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Achu, A. L., Aju, C. D., Di, M., Prakash, P., Gopinath, G., Shaji, E., & Chandra, V. (2023). Geoscience Frontiers Machine-learning based landslide susceptibility modelling with emphasis on uncertainty analysis. *Geoscience Frontiers*, 14(6), 101657. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101657>
- At, S., Bahang, T., Zulkarnain, M., Rahman, A., & Kassim, A. (2025). *Jurnal Teknologi SLOPE STABILITY ASSESSMENT UNDER THE EFFECT OF ANTECEDENT RAINFALL-A CASE. 2*, 297–309.
- Chaidachatorn, K., Suebsuk, J., Horpibulsuk, S., & Arulrajah, A. (2019). Extended water/cement ratio law for cement mortar containing recycled asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 196, 457–467. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.047>
- Da, Q., Chen, Y., Dai, B., & Li, D. (2024). *Prediction of Slope Safety Factor Based on Attention*.
- Dwi, A., Utama, W., & R, J. P. G. N. (2017). *Identifikasi Letak dan Kedalaman Cracks pada Bidang Longsor Menggunakan Metode Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner-Schlumberger Studi Kasus. October*. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v2i3.2104>
- Gael, C. N., Ngueyep, M., Leroy, L., & Christian, F. B. (2025). Research on slope stability assessment methods : a comparative analysis of limit equilibrium , finite element , and analytical approaches for road embankment stabilization. *AI in Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s43503-024-00046-2>
- Gazali. (2020). *ANALISIS STABILITAS LERENG DAN PENANGGULANGAN. 3*, 1–13.
- Huang, F., Xiong, H., Chen, S., Lv, Z., Huang, J., Chang, Z., & Catani, F. (2023). Slope stability prediction based on a long short - term memory neural network : comparisons with convolutional neural networks , support vector machines and random forest models. *International Journal of Coal Science & Technology*, 4. <https://doi.org/10.1007/s40789-023-00579-4>
- Mehta, A., & Siddique, R. (2018). Sustainable geopolymer concrete using ground granulated blast furnace slag and rice husk ash : Strength and permeability properties. *Journal of Cleaner Production*, 205, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.313>
- Ngueyep, M., Leroy, L., Rodrigue, O., Kenmoe, M., Nkuissi, T., Kouayep, S. L., & Chebou, G. N. (2024). *Comparative Analysis of the Slope Stability Using Slide and Plaxis 2D Software : A Case Study of Tombel Pozzolan Quarry (South-West Cameroon)*. 2024.
- Okta, Mandagi, A. T., & Sarajar, A. N. (2024). *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop Modified Dan. 22*(87).
- Pasole, D., Patanduk, J., Lie, I., & Wong, K. (2020). *Analisis Stabilitas Lereng Disposal Menggunakan Metode Bishop , Janbu , dan Ordinary Analisis Stabilitas Lereng Disposal Menggunakan Metode Analisis Stabilitas Lereng Disposal Menggunakan Metode 2*(3), 144–153.

- Princessca, C., Manar, M. H., Sophian, I., & Zakaria, Z. (2020). *PIT CENTRAL TUTUPAN , PT ADARO INDONESIA , KALIMANTAN SELATAN Fakultas Teknik Geologi , Universitas Padjadjaran Departemen Geoteknik , PT . Adaro Indonesia*. 4(3).
- Qiu, H., Xu, Y., Tang, B., Su, L., Li, Y., Yang, D., & Ullah, M. (2024). *Interpretable Landslide Susceptibility Evaluation Based on Model Optimization*. 1–19.
- SNI8460. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik*.
- Song, Y., Song, Y., Wang, C., Wu, L., Wu, W., Li, Y., Li, S., & Chen, A. (2024). Landslide susceptibility assessment through multi-model stacking and meta-learning in Poyang County , China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 15(1). <https://doi.org/10.1080/19475705.2024.2354499>
- Wu, X., Qi, X., & Peng, B. (2024). *Optimized Landslide Susceptibility Mapping and Modelling Using the SBAS-InSAR Coupling Model*.