



Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Keseimbangan Batas di Tebing Sungai Klawing, Kecamatan Kaligondang, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah

Hanifah Hamna Lidia¹, Indra Permanajati¹, Yogi Adi Prasetya¹, Hiskia Ulinuha Annisa^{1*}

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/Goescienceed.v6i4.1469>

Article Info

Received: 27 October 2025

Revised: 18 November 2025

Accepted: 30 November 2025

Correspondence:

Phone: +6285794567866

Abstract: The Alluvium Formation on the hillside around the Klawing River, Kaligondang District, Purbalingga Regency, Central Java, experiences simultaneous landslides. This study examines the influence of lithology and erosion, which erodes the riverbanks, on the occurrence of landslides in the area. Field observations were conducted by determining the landslide position, identifying soil types, measuring slope geometry, determining slope layers, and collecting soil samples from each layer for further analysis. The Klawing River is highly prone to landslides due to its lithology, which is easily weathered and eroded, particularly in claystone and sandstone formations. Additionally, lateral erosion by the Klawing River erodes the slope foot, reducing the base support and increasing the potential for landslides. This research aims to analyze the slope safety factor in landslide-prone areas. The study focuses on the cliffs of the Klawing River, which are divided into three sections: upper, middle, and lower. Soil samples were collected and tested in the laboratory to determine parameters such as specific gravity, internal shear angle, and cohesion. Slope stability analysis was carried out using the Limit Equilibrium method (Morgenstern-Price) with the aid of Geostudio (Slope/W) software. The analysis results indicate the slope safety factor (SF) of the Klawing River, showing that the slope is in an unstable condition and highly susceptible to landslides.

Keywords : *Klawing River, Landslide, Limit Equilibrium Method, Morgenstern - Price Method.*

Citation: Lidia, H., H., Permanajati, I., Prasetya, A., Y., Annisa, U., H. (2025). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Keseimbangan Batas di Tebing Sungai Klawing, Kecamatan Kaligondang, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah. *Journal Pendidikan, Sains, Geologi dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(4), 2360-2371. doi: <https://doi.org/10.29303/Goescienceed.v6i4.1469>

Pendahuluan

Tnah adalah kondisi dataran secara umum (termasuk sungai, bukit, dan lainnya), yang biasanya dinyatakan dalam istilah orientasi fitur permukaan tanah, ketinggian, dan kemiringan. Permukaan tanah tidak hanya membentuk bidang datar saja, tetapi permukaan tanah juga

mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan tempat yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das, 1985). Lereng yang ada secara umum dibagi menjadi dua

Email: hiskia.annisa@unsoed.ac.id

kategori lereng tanah, yaitu lereng alami dan lereng buatan.

Sungai Klawing termasuk jenis sungai meander berkelok dan rentan mengalami perubahan alur khususnya saat memasuki musim penghujan. Kondisi yang membahayakan hunian yang berada dipinggiran Sungai Klawing. Perubahan atas alur sungai disebabkan karena kondisi sungai yang berkelok pada musim penghujan. Posisi tikungan luar akan selalu tergerus karena sifat tanah aluvial tidak berikat. Kerusakan daerah hulu Sungai Klawing semakin masif dengan perubahan alih fungsi lahan menyebabkan hilangnya daerah resapan di mana bila musim kemarau, Sungai Klawing akan berkurang drastis debitnya, pada musim penghujan akan mengalami banjir bandang. Secara administratif, lokasi penelitian terletak di Desa Penaruban, Kecamatan Kaligondang, Kabupaten Purbalingga, Provinsi Jawa Tengah. Sungai Klawing adalah sungai yang berhulu di Gunung Slamet dan Pegunungan Serayu Utara yang mengalir di sepanjang kabupaten Purbalingga hingga bermuara di Sungai Serayu atau Kali Serayu di Kabupaten Banyumas. Hulu Sungai Klawing berada di Gunung Sitengkek di Desa Kutabawa, Kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga. Sungai Klawing berada di daerah aliran sungai (DAS) Serayu dengan sub DAS Klawing sendiri yang memiliki luas sekitar 1.725,1306 Km².



Gambar 1. Lokasi Penelitian Lapangan Geologi Regional

Fisiografi Kabupaten Purbalingga terletak pada daerah perbatasan antara zona vulkanik kwarter dengan zona serayu utara. Sungai Klawing memiliki bentang alam dan fisik

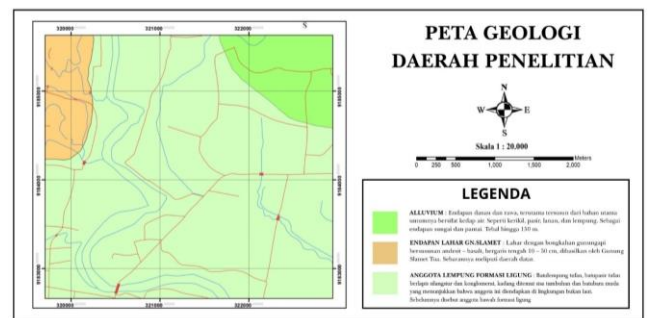
alami yang dapat di kategorikan dalam satuan morfologi dan geologi tertentu. Wilayah Sungai Klawing di Kecamatan Kaligondang masuk dalam Satuan Dataran Aluvial yang terbentuk dari proses sedimentasi sungai serta pergerakan tektonik yang memengaruhi kestabilan lereng di sekitarnya.

Stratigrafi Regional

Berdasarkan geologi regional daerah penelitian terdiri dari beberapa satuan litologi, yaitu satuan breksi formasi endapan lahar Gunung Slamet, satuan batupasir halus formasi endapan lahar Gunung Slamet, satuan batupasir kasar formasi anggota lempung Formasi Ligung, dan endapan alluvial (Djuri M, dkk, 1996).

Gambar 2. Peta Geologi Regional (*Clipping*)

Metode



Penelitian ini menggunakan metode kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*) dimana metode kesetimbangan batas itu sendiri memerlukan massa batuan dengan bidang permukaan yang kontinu. Bidang permukaan ini sangat penting untuk menentukan nilai Faktor Keamanan (FK) minimum. Metode ini dinyatakan dengan persamaan-persamaan kesetimbangan dari satu atau beberapa blok yang diasumsikan tidak mengalami deformasi, dan mengurangi gaya-gaya yang tidak diketahui (reaksi dari bagian stabil massa batuan atau gaya-gaya antar blok), khususnya gaya geser yang bekerja pada permukaan longsoran yang dipilih sebelumnya. Kondisi kestabilan lereng dengan menggunakan metode ini dinyatakan dalam nilai faktor keamanan. Faktor keamanan dihitung menggunakan kesetimbangan gaya atau kesetimbangan momen, maupun keduanya tergantung dari metode perhitungan yang dipakai. Dalam keadaan tidak terganggu, massa batuan pada umumnya memiliki kesetimbangan

gaya-gaya yang bekerja. Metode penelitian meliputi studi pustaka, pengamatan kondisi lereng dilapangan, pengambilan data, pengolahan data, dan teknik analisis data.

Hasil dan Pembahasan

a. Peta Kemiringan Lereng

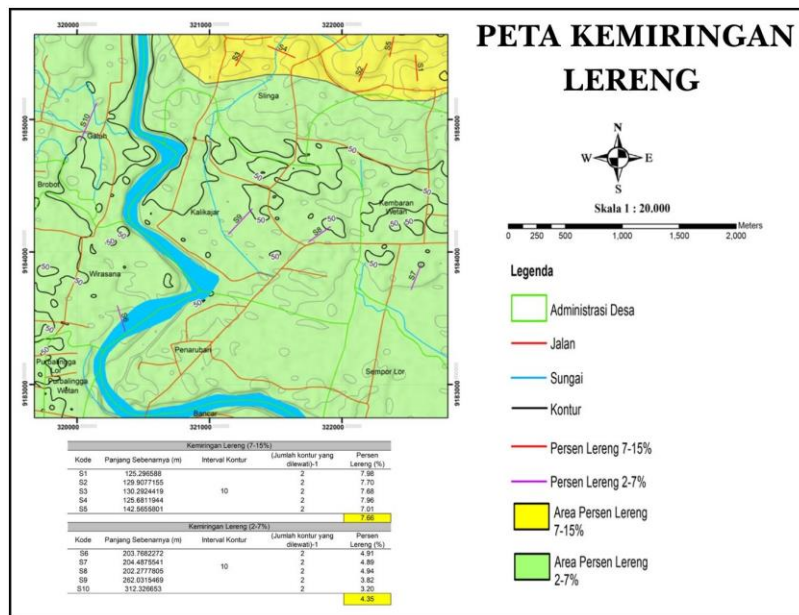
Peta kemiringan lereng berskala 1: 20.000 menurut klasifikasi *Van Zuidam (1985)* digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kecuraman suatu daerah, yang berhubungan dengan potensi bahaya longsor, erosi, atau stabilitas tanah. Untuk daerah Sungai Klwing kemiringan lereng cukup beragam karena topografi sungai yang mengalir melalui daerah berbukit hingga dataran rendah. Dapat disimpulkan bahwa kemiringan lereng pada daerah Sungai Klwing dibagi menjadi dua persen lereng yaitu :

- Area Persen Lereng 7-15 %
Area persen lereng ini yaitu 7 – 15% yang ditandai dengan warna kuning yang artinya adalah lereng mempunyai kemiringan yang sedang, ditandai dengan kode S1 hingga S5. Pada zona ini rata – rata nilai presentase

kemiringan berada di sekitar 7.66 %, menunjukkan bahwa lereng ini tidak terlalu curam tetapi berpotensi memengaruhi stabilitas jika ada pemotongan atau pengaruh air.

- Area Persen Lereng 2-7 %

Area persen lereng ini yaitu 2 – 7% yang ditandai dengan warna hijau yang artinya adalah lereng mempunyai kemiringan yang landai, ditandai dengan kode S6 hingga S10. Pada zona ini rata – rata nilai presentase kemiringan berada di sekitar 4.35 %, menunjukkan bahwa area ini relatif lebih stabil. Sungai yang mengalir pada area ini kemungkinan melewati lereng dengan kategori kemiringan sedang dan landai. Stabilitas tanah dan potensi erosi perlu diperhatikan, terutama pada zona dengan kemiringan lebih tinggi, karena dapat memengaruhi sedimentasi dan kejadian longsor pada daerah Sungai Klwing.



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng

Tabel 1. Klasifikasi Kemiringan Lereng (Van Zuidam, 1985)

Kelas Lereng	Proses, Karakteristik dan Kondisi lahan
0° - 2° (0 - 2 %)	Datar atau hampis datar, tidak ada erosi yang besar, dapat diolah dengan mudah dalam kondisi kering.
2° - 4° (2 - 7 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng landai, bila terjadi longsor bergerak dengan kecepatan rendah, pengikisan dan erosi akan meninggalkan bekas yang sangat dalam.
4° - 8° (7 - 15 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng landai sampai curam, bila terjadi longsor bergerak dengan kecepatan rendah, sangat rawan terhadap erosi.
8° - 16° (15 - 30 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang curam, rawan terhadap bahaya longsor, erosi permukaan dan erosi akuar.
16° - 35° (30 - 70 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang curam sampai terjal, sering terjadi erosi dan gerakan tanah dengan kecepatan yang peristahan-lahan. Daerah rawan erosi dan longsor.
35° - 56° (70 - 140 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang terjal, sering ditemukan singkapan batuan, rawan terhadap erosi.
> 56° (> 140%)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang terjal, singkapan batuan muncul di permukaan, rawan terhadap longsor batuan.

b. Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian disajikan dalam peta geomorfologi berskala 1:20.000, yang disusun berdasarkan Klasifikasi BMB (Budi Brahmantio dan Bandonu, 2006). Klasifikasi ini membagi bentuk muka bumi menjadi satuan bentang alam yang terbentuk akibat pengaruh proses endogen dan eksogen. Geomorfologi daerah penelitian terdiri atas dua satuan geomorfologi utama, yaitu :

✓ *Satuan Dataran Aluvial*

Satuan ini disimbolkan dengan area berwarna merah muda dan tersebar di seluruh daerah penelitian dengan persentase sebesar 95%. Satuan ini mengacu pada geomorfologi

Gambar 4. Peta Geomorfologi Daerah Penelitian

✓ *Satuan Dataran Teras Sungai*

Satuan ini disimbolkan dengan area berwarna biru muda dan mencakup sekitar 5% dari daerah penelitian. Satuan Dataran Teras Sungai merupakan bentuk lahan geomorfologi yang terbentuk dari aktivitas

dataran aluvial, yaitu bentang alam yang terbentuk dari proses pengendapan material oleh aliran sungai di daerah yang relatif datar, seperti bagian hilir sungai atau lembahnya.

Kemiringan lahan yang rendah menyebabkan aliran air bergerak lambat, memungkinkan deposisi material halus seperti pasir, lempung, dan lumpur. Material ini mengandung unsur hara tinggi karena akumulasi bahan organik dan mineral dari aliran air. Selain itu, dataran aluvial ini masih aktif secara geomorfologi mengalami proses erosi, transportasi, dan deposisi yang terus berlangsung oleh aliran sungai.

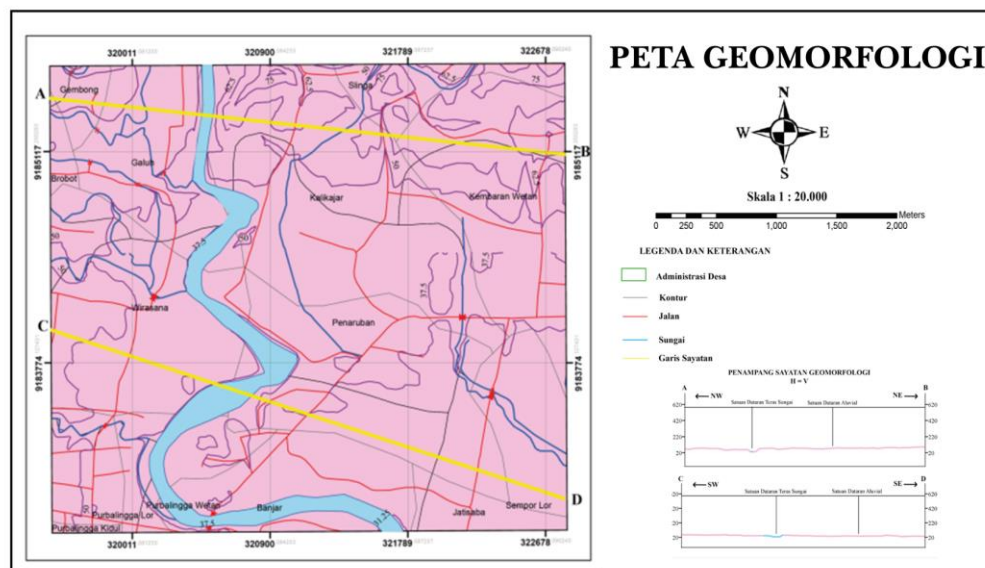
debit aliran. Area ini terdiri atas lapisan sedimen seperti pasir, kerikil, dan batuan halus yang mencerminkan jejak aliran sungai di masa lalu. Topografi dataran teras sungai relatif datar dengan kemiringan yang lebih kecil dibandingkan area sekitarnya.

c. Geologi Daerah Penelitian

aliran sungai di masa lampau. Teras sungai adalah sisa dataran banjir yang posisinya lebih tinggi dari permukaan sungai saat ini, terbentuk akibat proses erosi, pengikisan, atau penurunan aliran sungai.

Pembentukan dataran teras sungai dipengaruhi oleh pengangkatan tanah (*uplift*), penurunan muka air sungai, atau perubahan

Geologi daerah penelitian dibagi menjadi empat satuan batuan. Pemerian satuan pada daerah penelitian didasarkan pada hasil analisis petrografi, sedangkan untuk penentuan batas satuan, serta luasan didasarkan pada hasil pemetaan. Penentuan umur sebaran satuan daerah penelitian dilakukan dengan studi referensi dari peneliti



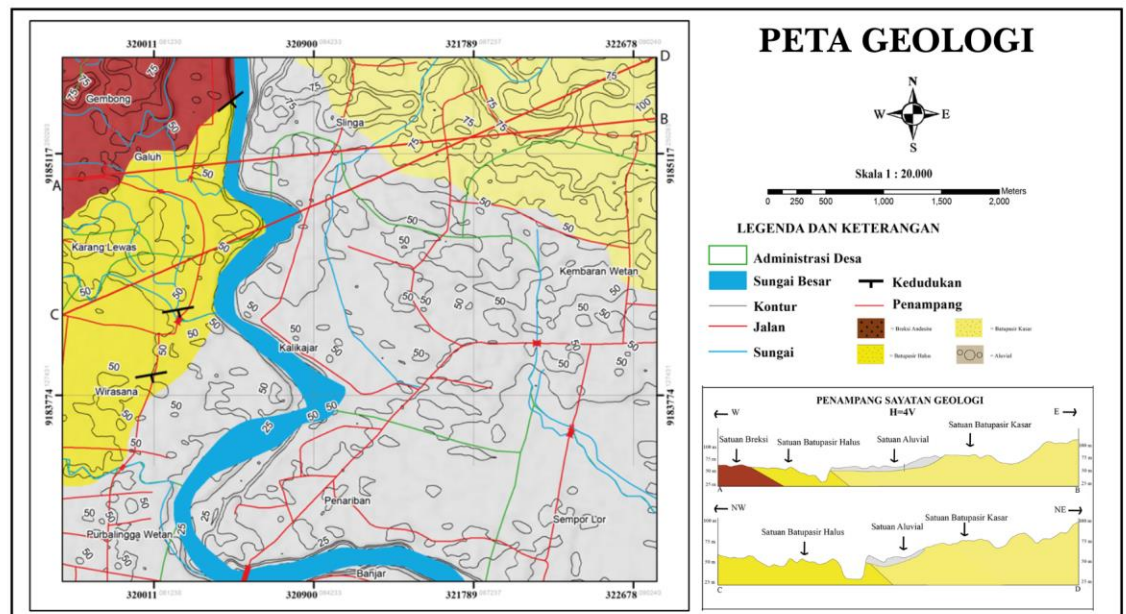
terdahulu. Daerah Sungai Klwing, Purbalingga tersusun atas litologi dari tertua hingga termuda antara lain adalah: Satuan Breksi, Satuan Batupasir Halus, Satuan Batupasir Kasar, dan Satuan Aluvial.

❖ Satuan Breksi

Satuan ini termasuk ke dalam satuan tertua pada daerah penelitian, tersebar pada bagian Barat hingga utara pada daerah penelitian dengan luasan presentase sebesar ±7%. Pemerian satuan didasarkan pada hasil

sekitar ±16%. Pemerian satuan didasarkan pada hasil analisis petrografi, yang menunjukkan bahwa satuan ini terpreservasi dalam kondisi segar. Berdasarkan pengamatan megaskopis, satuan ini berwarna abu-abu hingga coklat, memiliki ukuran butir halus (0,125-0,25 mm), derajat kebundaran mulai dari *rounded* hingga *angular*, dengan kemas terbuka dan sortasi buruk (*Pettijohn, 1975*).

❖ Satuan Batupasir Kasar



analisis petrografi. Satuan ini terpreservasi dengan kondisi segar. Berdasarkan pengamatan megaskopis, satuan ini memiliki warna abu hingga coklat kehitaman, memiliki matriks pasir (*Pettijohn, 1975*) dan fragmen andesit (*IUGS, 1973*). Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis melalui analisis petrografi, Satuan Breksi dibagi menjadi dua komponen utama, yaitu matriks dan fragmen.

❖ Satuan Batupasir Halus

Satuan ini tersebar di bagian barat hingga selatan daerah penelitian dengan luasan

Satuan ini tersebar di bagian Utara hingga Timur daerah penelitian dengan luasan sekitar ±17%. Pemerian satuan didasarkan pada hasil analisis petrografi, yang menunjukkan bahwa satuan ini terpreservasi dalam kondisi segar. Berdasarkan pengamatan megaskopis, satuan ini berwarna abu-abu hingga coklat, memiliki ukuran butir kasar (0,5-1 mm), derajat kebundaran mulai dari *rounded* hingga *angular*, dengan kemas terbuka dan sortasi buruk (*Pettijohn, 1975*).

Gambar 5. Peta Geologi Daerah Penelitian

❖ Satuan Aluvial

Satuan aluvial termasuk ke dalam satuan termuda di daerah penelitian dan tersebar

hampir di seluruh area dengan luas mencapai ±60%. Satuan ini merupakan satuan geologi yang terbentuk dari pengendapan material

sedimen oleh aliran air, terutama di wilayah yang relatif datar seperti dataran banjir, lembah sungai, atau bagian hilir sungai. Proses pembentukannya melibatkan erosi, transportasi, dan deposisi material oleh aliran air yang bergerak lambat, terutama di area dengan kemiringan rendah.

d. Geologi Teknik Daerah Penelitian

Peta geologi teknik memberikan informasi penting terkait kondisi geologi untuk berbagai keperluan, seperti konstruksi dan pengembangan wilayah. Peta ini menjelaskan proses pengamatan jenis tanah yang terdapat di lokasi penelitian. Berdasarkan klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)*, tanah di lokasi penelitian dibagi menjadi beberapa jenis berikut :

1. Pasir Lanauan

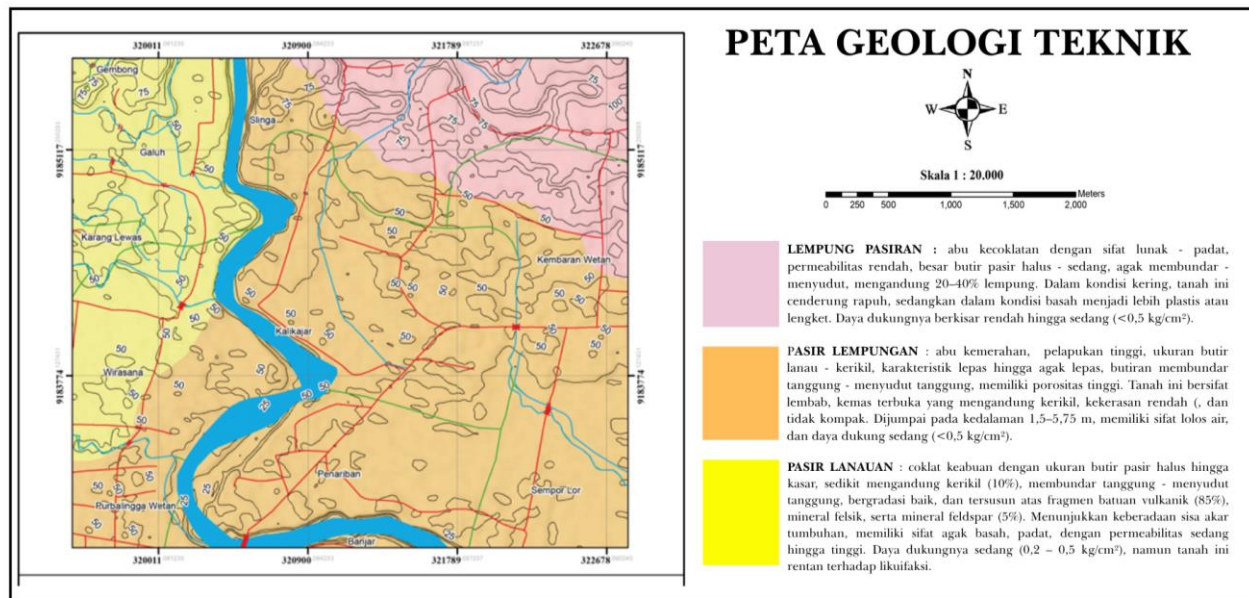
Jenis tanah ini disimbolkan dengan warna kuning dan membentang dari arah utara hingga barat di daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan lapangan, pasir lanauan memiliki warna coklat keabuan dengan ukuran butir pasir halus hingga kasar, sedikit mengandung kerikil (10%). Bentuk butirannya bervariasi dari membundar tanggung hingga menyudut tanggung, bergradasi baik, dan tersusun atas fragmen batuan vulkanik (85%), mineral felsik, serta mineral feldspar (5%). Tanah ini juga menunjukkan keberadaan sisa akar tumbuhan, memiliki sifat agak basah, padat, dengan permeabilitas sedang hingga tinggi. Daya dukungnya sedang ($0,2 - 0,5 \text{ kg/cm}^2$), namun tanah ini rentan terhadap likuifaksi.

2. Pasir Lempungan

Jenis tanah ini disimbolkan dengan warna oranye dan membentang hampir di seluruh daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, pasir lempungan memiliki warna abu kemerahan dan merupakan batuan yang mengalami pelapukan tinggi (*highly weathered*). Tanah ini terdiri atas material lanau hingga kerikil dengan karakteristik lepas hingga agak lepas, butiran membundar tanggung hingga menyudut tanggung, serta memiliki porositas tinggi. Tanah ini bersifat lembab, dengan kemas terbuka yang mengandung kerikil, kekerasan rendah (dapat diremas dengan tangan), dan tidak kompak. Lapisan ini dijumpai pada kedalaman 1,5–5,75 m, memiliki sifat lolos air, dan daya dukung sedang ($<0,5 \text{ kg/cm}^2$).

3. Lempung Pasiran

Jenis tanah ini disimbolkan dengan warna merah muda dan membentang dari arah utara ke timur di daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, lempung pasiran memiliki warna abu kecoklatan dengan sifat lunak hingga padat. Tanah ini memiliki permeabilitas rendah dan terdiri atas pasir berbutir halus hingga sedang, dengan bentuk butiran agak membundar hingga menyudut, serta mengandung 20–40% lempung. Dalam kondisi kering, tanah ini cenderung rapuh, sedangkan dalam kondisi basah menjadi lebih plastis atau lengket. Daya dukungnya berkisar rendah hingga sedang ($<0,5 \text{ kg/cm}^2$).



Gambar 6. Peta Geologi Teknik Daerah Penelitian

e. Analisis Kesetimbangan Batas Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas (Morgenstern - Price).

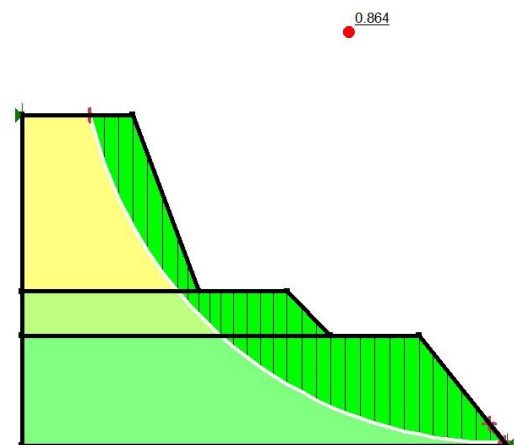
Data untuk menganalisis tebing di Sungai Klawing diperoleh melalui pengambilan langsung di lapangan, kemudian contoh tanah yang diperoleh dianalisis di laboratorium. Analisis ini mencakup pengujian karakteristik tanah yang tidak terganggu untuk menentukan parameter seperti berat jenis (γ), sudut geser dalam (ϕ), dan kohesi (c). Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk menghitung nilai faktor keamanan lereng. Berdasarkan pengamatan visual di lapangan, tanah di lokasi ini memiliki tiga lapisan. Adapun data-data tebing Sungai Klawing yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- a. Tinggi Lereng : 15 m
- b. Panjang Lereng : 22 m
- c. Sisi miring atas : 7.3 m
- d. Sisi miring tengah : 3.4 m
- e. Sisi miring bawah : 6 m
- f. Sisi atas setiap lapisan: 4 m

Hasil perhitungan menggunakan program Geostudio (Slope/W) dengan parameter-parameter yang telah diketahui menunjukkan nilai faktor keamanan (FK) sebesar 0,864 (Tabel 2). Nilai ini mengindikasikan bahwa lereng tersebut berada dalam kondisi tidak stabil, sehingga sering terjadi longsor di tebing ini.

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan (FK) dan Indikasinya

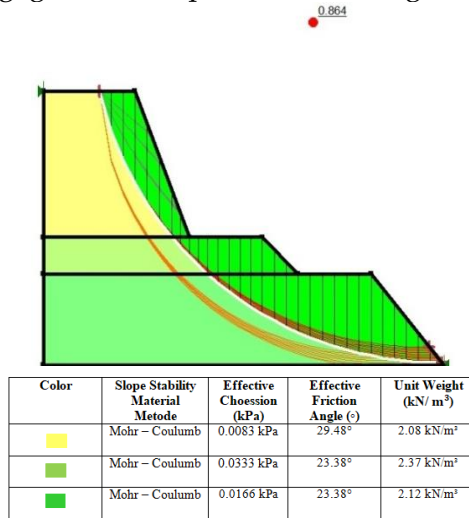
Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 - 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)



Color	Slope Stability Material Metode	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (ϕ)	Unit Weight (kN/ m ³)
Yellow	Mohr - Coulumb	0.0083 kPa	29.48°	2.08 kN/m ³
Light Green	Mohr - Coulumb	0.0333 kPa	23.38°	2.37 kN/m ³
Dark Green	Mohr - Coulumb	0.0166 kPa	23.38°	2.12 kN/m ³

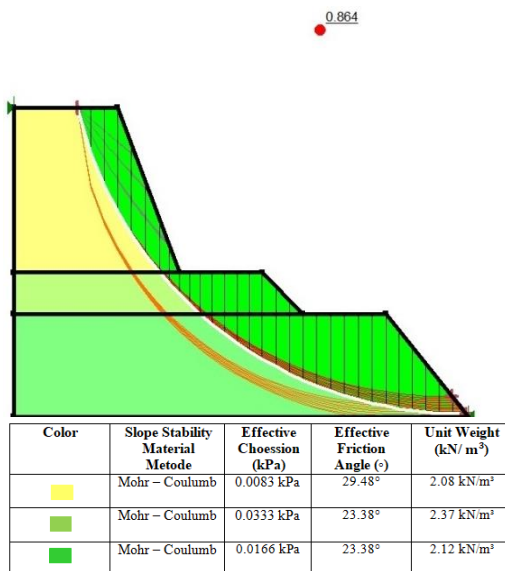
Gambar 7. Hasil Pemodelan Geometri Lereng

Hasil pemodelan geometri lereng menggunakan *slip surface* (bidang gelincir) berfungsi untuk menentukan dan memvisualisasikan potensi jalur kegagalan tanah pada suatu lereng.



Gambar 8. Hasil Pemodelan Geometri Lereng (*Slip Surface*)

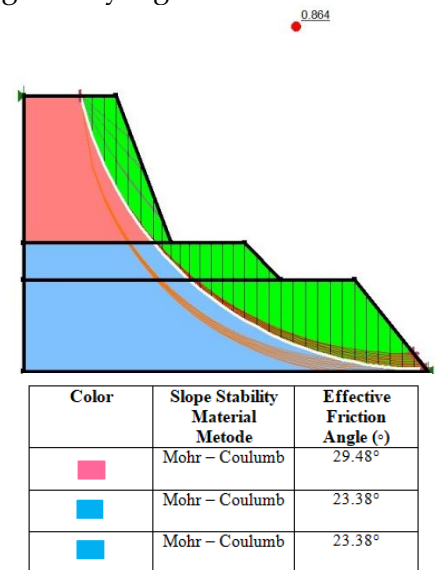
Hasil pemodelan geometri lereng menggunakan *safety map* berfungsi untuk mengidentifikasi area kritis, menganalisis stabilitas lereng, dan mengevaluasi solusi stabilisasi dengan melihat distribusi faktor keamanan di dalam model geoteknik.



Gambar 9. Hasil Pemodelan Geometri Lereng (*Safety Map*)

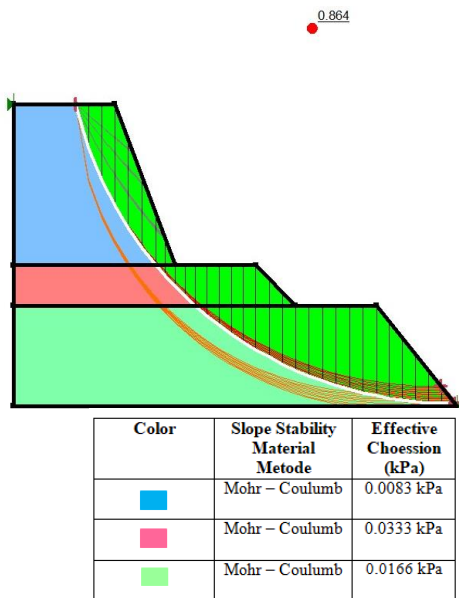
Fungsi *draw contours label* pada geostudio adalah untuk menampilkan kontur dari parameter geoteknik tertentu, seperti sudut geser dalam (Φ), kohesi (*Cohesion*), dan berat jenis tanah (*Unit Weight*) pada model analisis kestabilan lereng.

Draw countours label untuk Φ (Sudut Geser Dalam) berfungsi untuk melihat bidang gelincirnya, jika area dengan Φ rendah lebih rentan terhadap longsor dibanding area dengan Φ tinggi. Jika Φ tinggi, tanah akan lebih stabil dibanding dengan Φ yang rendah.



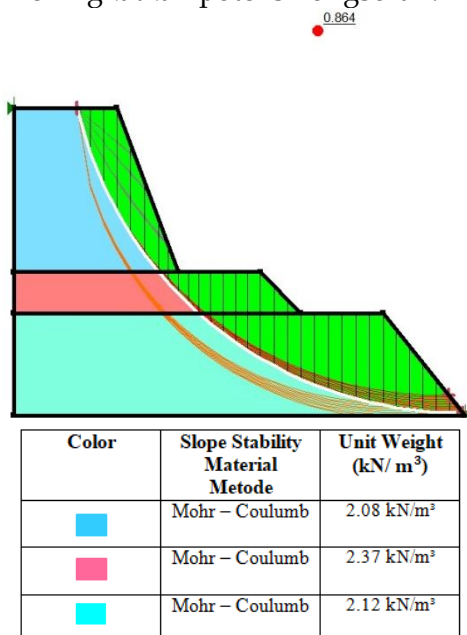
Gambar 10. Hasil Pemodelan Geometri Lereng (Φ)

Draw countours label untuk kohesi (*Cohesion*) berfungsi untuk melihat bidang gelincirnya, jika area dengan kohesi rendah lebih rentan terhadap longsor dibanding area dengan kohesi tinggi. Kohesi juga berfungsi untuk modifikasi desain seperti penggunaan perkuatan tanah yang berdampak untuk meningkatkan stabilitas lereng.



Gambar 11. Hasil Pemodelan Geometri Lereng (*Cohession*)

Draw countours label untuk berat jenis tanah (*Unit Weight*) berfungsi untuk melihat bidang gelincirnya, jika tanah dengan berat jenis lebih tinggi menghasilkan tegangan geser yang lebih besar di bidang gelincir, yang bisa meningkatkan atau mengurangi stabilitas tergantung kondisi tanah lainnya. Berat jenis tanah juga memengaruhi perubahan kadar airnya, tanah yang jenuh air memiliki berat jenis lebih tinggi dan bisa meningkatkan potensi longsoran.



Gambar 12. Hasil Pemodelan Geometri Lereng (*Unit Weight*)

f. Hubungan Geologi dan Studi Kasus

Hubungan geologi dengan studi kasus analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas di Tebing Sungai Klawing, sangat erat, karena geologi menyediakan dasar ilmiah untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi kestabilan lereng. Berikut adalah poin-poin utama yang menjelaskan hubungan tersebut:

✚ Karakteristik Geologi Lokal

Litologi: jenis batuan di tebing Sungai Klawing, seperti batuan sedimen, vulkanik, atau metamorf, memengaruhi kekuatan dan kestabilan lereng. Misalnya, batuan lempung cenderung lebih rentan terhadap pelapukan dan longsor dibandingkan dengan batuan keras seperti basal.

✚ Proses Geomorfologi

- a) Erosi Sungai: Aktivitas Sungai Klawing, seperti erosi lateral, dapat memperlemah kaki lereng, sehingga meningkatkan risiko ketidakstabilan lereng.
- b) Pelapukan: Proses pelapukan kimiawi dan fisik pada batuan memperlemah kekuatannya, yang berkontribusi pada kestabilan lereng.

✚ Penerapan Metode Kesetimbangan Batas

Dalam analisis kestabilan lereng, metode kesetimbangan batas memerlukan data geologi untuk memodelkan lereng, seperti geometri lerengnya. Informasi geologi membantu memastikan hasil analisis lebih akurat.

✚ Mitigasi dan Pengelolaan Risiko

Berdasarkan hasil analisis kestabilan, rekomendasi geoteknik dan mitigasi, seperti penguatan lereng atau pengendalian erosi, dapat dibuat dengan mempertimbangkan faktor geologi di lokasi. Geologi menjadi fondasi utama dalam memahami dan menganalisis kestabilan lereng, terutama dalam konteks Sungai Klawing yang memiliki dinamika geologi dan geomorfologi kompleks.

Pemahaman geologi yang mendalam memastikan bahwa metode kesetimbangan batas dapat digunakan secara efektif untuk mengetahui risiko longsor dan merancang solusi mitigasi yang tepat.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Daerah penelitian terbagi menjadi dua satuan geomorfologi, yaitu Satuan Dataran Aluvial dan Satuan Dataran Teras Sungai. Secara stratigrafi, urutan batuan dari yang tertua hingga termuda meliputi satuan breksi vulkanik atau breksi andesit, satuan batupasir halus, satuan batupasir kasar, dan satuan aluvial.
2. Penyebab longsor di daerah Sungai Klawing dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, litologi yang rentan terhadap pelapukan dan erosi. Sungai Klawing mengalir melalui wilayah dengan berbagai formasi batuan, termasuk batuan sedimen seperti lempung dan batupasir yang cenderung mudah melapuk. Proses pelapukan ini menghasilkan material lepas yang mudah tererosi, sehingga meningkatkan risiko longsor. Kedua, pengaruh sungai terhadap lereng. Proses erosi lateral oleh Sungai Klawing mengikis kaki lereng yang berada di sekitarnya. Hal ini mengurangi dukungan pada dasar lereng, sehingga meningkatkan potensi longsor.
3. Kestabilan lereng pada tebing Sungai Klawing dianalisis menggunakan metode kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*) dengan pendekatan *Morgenstern-Price*. Analisis ini didukung oleh hasil uji laboratorium yang menghasilkan parameter tanah, seperti berat jenis (γ), sudut geser dalam (ϕ), dan kohesi (c). Berdasarkan analisis tersebut, faktor keamanan lereng di Sungai Klawing adalah 0,864, yang menunjukkan bahwa lereng tersebut berada dalam kategori tidak stabil dan rentan terhadap tanah longsor.

Referensi

- Aisah, E., & Dhiniati, F. (2023). *Kapasitas daya dukung pondasi dangkal dengan teori Terzaghi dan Mayerhof*. Institut Teknologi Pagar Alam.
- Apriyono, A., & Sumiyanto. (2015). *Buku panduan praktikum mekanika tanah*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Bachri, S. (2014). *Pengaruh tektonik regional terhadap pola struktur dan tektonik Pulau Jawa*. Admin Jurnal, Bandung.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The geology of Indonesia* (Vol. 1A, 1st ed.). Government Printing Office.
- Bowles, J. E., & Helnim, J. K. (1991). *Sifat fisis tanah dan geoteknik tanah (mekanika tanah)*. Jakarta: PT Erlangga.
- Brahmantyo, B., & Bandono. (2006). Klasifikasi bentuk muka bumi (landform) untuk pemetaan geomorfologi pada skala 1:25.000 dan aplikasinya untuk penataan ruang. *Geoaplika*, (2), 71-78.
- Bria, K., & Isjudarto, A. (2015). Analisis kestabilan lereng pada tambang batubara terbuka Pit D Selatan PT Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *ReTII*.
- Das, B. M. (2011). *Principles of foundation engineering* (7th ed.).
- Das, B. M., Noor, E., et al. (1998). *Mekanika tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)*. Surabaya.
- Djauhari, N. (2020). *Geologi dan mineralisasi sulfida daerah Duminanga dan sekitarnya, Kecamatan Bolaang Uki Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Sulawesi Utara*. Universitas Pakuan.
- Eddey, S. M. (2017). *Menghitung daya dukung tanah*.
- Febriadi, A., & Anaperta, Y. M. (2020). Analisis kestabilan lereng pada blok timur tambang Muara Tiga Besar Utara PT Bukit Asam Tbk, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 5(4), 11-20.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Mekanika tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Isha, J. (2013). *Pemetaan geologi teknik*. Retrieved from <https://id.scribd.com>

- Khodijah, S., Monica, U. S., Ersyari, J., Khoirullah, N., & Sophian, R. I. (2022). Analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas dalam kondisi statis dan dinamis pada Pit X, Tanjung Enim, Sumatra Selatan. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 6(4).
- Lestari, R. T. (2022). *Analisis kestabilan timbunan dengan metode limit equilibrium dan perbaikannya*. Universitas Pancasila.
- Perdana, A. Y. (2021). *Geologi dan analisis kestabilan lereng berdasarkan metode Morgenstern-Price pada daerah Pulau Laut Timur Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan* (Doctoral dissertation, Universitas Jenderal Soedirman).
- Ramadhanti, R. (2022). *Perencanaan perkuatan lereng menggunakan dinding penahan tanah (DPT) pada ruas jalan Borobudur-Bigaran Kabupaten Magelang*. Universitas Tidar.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1993). *Mekanika tanah dalam praktek rekayasa* (Vol. 2). Jakarta: Erlangga.
- Ulfiana, L. Y. (2018). *Analisis karakteristik parameter hidrologi akibat alih fungsi lahan di Sub-Daerah Aliran Sungai Klawing*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Widagdo, A., & Setijadi, R. (2012). *Geomorfologi Sungai Klawing daerah Bobotsari, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Yunasirson, N. F. (2014). *Klasifikasi tanah dengan sistem unified*. Retrieved from <https://belajarsipil.com>
- Zaenurrohman, J. A., Permanajati, I., Faozi, M. U., & Nuraga, P. B. (2023). Kerentanan gerakan tanah menggunakan analisis data spasial di daerah Karang Jambu Purbalingga. *GEOGRAPHY: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 11(1), 158-171.