



# **Kajian mitigasi longsor menggunakan aplikasi Geo5 Versi 2.0 Studi kasus : Ruas Jalan Silondou-Malala Km. 364 Kabupaten Toli-Toli Provinsi Sulawesi Tengah**

**Ian Rahmat<sup>1</sup>✉**

Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia<sup>(1)</sup>

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.42069

✉ Corresponding author:

[[ian.rahmat@umi.ac.id](mailto:ian.rahmat@umi.ac.id)]

Article Info	Abstrak
<p><i>Kata kunci:</i> <i>Mitigasi Longsor;</i> <i>Aplikasi Geo5;</i> <i>Kestabilan Lereng;</i></p>	<p>Bencana longsor terjadi di ruas jalan silondou-Malala km. 364 Kabupaten Tolitoli Provinsi Sulawesi Tengah. Oleh karena itu, perlu kajian mitigasi bencana longsor untuk mengurangi dampak resiko atau sebagai tindakan cepat dan tepat dalam penanganan ketika bencana longsor terjadi. Tahap awal kajian mitigasi longsor adalah dengan melakukan observasi mengenai penyebab dan jenis longsoran, selanjutnya adalah melakukan survey detail geoteknik. Setelah hasil penyelidikan didapatkan maka akan dilakukan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan aplikasi Geo5 versi 2.0. Metode yang digunakan adalah metode elemen hingga (Finite Element Method). Tujuan dari penelitian ini adalah Bagaimana kajian mitigasi bencana longsor ruas jalan Silondou-Malala km.364 dan Bagaimana menentukan penanganan teknis longsoran ruas jalan Silondou-Malala km.364 dengan program Geo5 versi 2.0. Hasil investigasi lapangan, longsoran terjadi karena menjemben drainase dan bangunan pelintas tipe box culvert yang kurang baik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Kajian mitigasi yang dilakukan adalah mitigasi struktural, dimana ada tiga bentuk penanganan yang dilakukan pada lokasi longsor. Penanganannya adalah mengalirkan air permukaan dengan membuat sistem menjemben drainase yang baik, mengendalikan air rembesan dengan cara membuat saluran penghantar pada tepi lereng, dan membuat dinding penahan tanah tipe kantilever.</p>
<p><b>Keywords:</b> <i>Landslide Mitigation;</i> <i>Geo5 Application;</i> <i>Slope stability;</i></p>	<p><b>Abstract</b></p> <p>A landslide disaster occurred on the Silondou-Malala km road. 364 Tolitoli Regency, Central Sulawesi Province. Therefore, it is necessary to study landslide disaster mitigation to reduce the impact of risk or as a quick and appropriate action in handling when a landslide disaster occurs. The initial stage of the landslide mitigation study is to make observations regarding the causes and types</p>

of landslides, the next step is to carry out a detailed geotechnical survey. After the results of the investigation are obtained, a slope stability analysis will be carried out using the Geo5 version 2.0 application. The method used is the finite element method. The aim of this research is how to study landslide disaster mitigation on the Silondou-Malala km.364 road section and how to determine the technical handling of landslides on the Silondou-Malala km.364 road section using the Geo5 version 2.0 program. The results of field investigations showed that the landslide occurred due to poor management of drainage and box culvert type crossing structures. The results of this research show that the mitigation study carried out was structural mitigation, where there were three forms of treatment carried out at the landslide location. The treatment is to drain surface water by creating a good drainage management system, controlling seepage water by creating conductive channels at the edge of the slope, and creating cantilever type retaining walls.

## 1. INTRODUCTION

Provinsi Sulawesi Tengah adalah daerah yang memiliki banyak pegunungan dan perbukitan, banyak infrastruktur jalan di daerah ini yang melewati perbukitan dan pegunungan yang berpotensi untuk longsor. Prasarana jalan sangatlah vital, tanah memiliki kerapatan yang sangat bervariasi baik di permukaan ataupun di bawah permukaan (Arifuddin Karim,Sudarman Supardi, Andi Alifuddin, Mukti Maruddin,2023) sehingga saat terjadi longsor diperlukan penanganan dengan tepat, cepat dan ekonomis untuk menanggulangi kerugian-kerugian dalam pemanfaatan prasarana tersebut oleh masyarakat. Longsoran yang berdampak pada terganggunya jaringan infrastruktur jalan akan mengganggu kelancaran distribusi barang dan jasa yang juga akan berdampak menghambat pertumbuhan ekonomi suatu wilayah karena terisolasi. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2021-2023 telah terjadi bencana tanah longsor sebanyak 17 titik dan mengakibatkan korban jiwa sebanyak 5 orang di wilayah Sulawesi Tengah. Faktor pemicu terjadinya longsor ini Sebagian besar adalah karena curah hujan tinggi dengan periode yang lama. Kurang atau hilangnya daya dukung tanah sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng (Andi Idham Mahmud,Lambang Basri Said,Andi Alifuddin,2022) Ketika curah hujan tinggi, air hujan akan meresap ke dalam tanah sehingga meningkatkan kadar air tanah yang memperlemah sifat fisik-mekanik tanah dan menurunkan daya dukung tanah. Daya dukung tanah adalah merupakan tahanan geser untuk melawan penurunan tanah akibat pembebahan (St fauziah Badaron,2020) .

Ruas jalan silondou-Malala berada di jalur lintas Barat Kota Palu, panjang jalur lintas ini adalah 687 km yang melewati 3 Kabupaten di Provinsi Sulawesi Tengah serta menjadi jalan penghubung antara Provinsi Sulawesi Tengah dan Provinsi Gorontalo. Banyak prasarana jalan yang mengalami longsor pada musim-musim hujan disebabkan topografi pada prasarana ruas jalan adalah pegunungan dan perbukitan. Oleh karna itu, kajian mitigasi bencana longsor perlu dilakukan untuk mengurangi dampak resiko atau sebagai tindakan cepat dan tepat dalam penanganan ketika bencana longsor terjadi. Upaya mitigasi yang harus dilakukan adalah mitigasi struktural dengan memperbaiki atau memperkuat infrastruktur jalan yang mengalami longsor. Mitigasi bencana struktural adalah sebuah upaya mengurangi kerentanan bencana dengan rekayasa teknis (Herman Ariandi, Maryam, Nessa Anggun Permata Sari, dkk, 2023). Lokasi penelitian adalah terkhusus di km.364 ruas jalan Silondou-Malala yang mengalami longsor sehingga menghambat arus transportasi barang dan jasa daerah yang melewati ruas jalan. Tahap awal kajian mitigasi longsor adalah dengan melakukan observasi mengenai penyebab dan jenis longsoran, selanjutnya adalah adalah melakukan survey detail geologi dengan melakukan penyelidikan tanah dan survey topografi. Setelah hasil penyelidikan tanah dan hasil topografi didapatkan maka akan dilakukan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan aplikasi Geo5 versi 2.0. Geo5 adalah perangkat lunak geoteknik yang digunakan untuk menganalisis dan menyelesaikan berbagai tugas geologi dan geoteknik termasuk daya dukung tanah. Daya dukung tanah sangat ditentukan oleh sifat kerapatan dan kepadatan tanah (Arifuddin Karim, Andi Alifuddin, Mukti Maruddin, dkk, 2022) . Beberapa keunggulan Geo5 dari aplikasi geoteknik yang sejenis adalah penggunaan tools relatif mudah dan pemilihan metode analisis yang beragam sesuai kondisi dilapangan. Tanah yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya (Muhammad Husni Maricar,2016), oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan. Analisis kestabilan lereng merupakan analisis terhadap tingkat kestabilan dan kemungkinan terjadi longsoran pada suatu lereng dengan menggunakan metode elemen hingga. Metode

Elemen Hingga (Finite Element Method) adalah salah satu metode numerik untuk menyelesaikan berbagai problem rekayasa, seperti mekanika struktur dan mekanika tanah. Permasalahan struktur dengan bentuk geometrik dan pembebaana yang kompleks tidak dapat diselesaikan dengan persamaan diferensial parsial, hal ini dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga. Tahap akhir penelitian adalah memberikan rekomendasi penanganan sesuai dengan standart yang berlaku.

## 2. METHODS

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian mitigasi longsor adalah ruas jalan Silondou – Malala km.364 provinsi Sulawesi Tengah tepatnya di Desa Silondou Kecamatan Basidondo Kabupaten Tolitoli, ruas jalan Silondou-Malala berada di jalur lintas Barat Kota Palu, panjang jalur lintas ini adalah 687 km yang melewati 3 Kabupaten di Provinsi Sulawesi Tengah serta menjadi jalan penghubung antara Sulawesi Tengah dan Sulawesi Utara, secara geografis berada di kordinat ( $0^{\circ} 44.42' 33''$  N -  $120^{\circ} 36' 44.97''$  E). Secara spesifik area penelitian seperti pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1 Lokasi penelitian (Sumber : BPS Sulteng)**

### Tahapan Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian ini dibagi menjadi ke dalam tiga bagian sebagai berikut ini.

1. Pengumpulan Data Sekunder. Data sekunder yang diperlukan adalah peta lokasi, peta topografi, peta geologi penelitian, dan data penyelidikan tanah daerah penelitian. Data-data tersebut digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan analisis penyebab dan mekanisme terjadinya longsoran.
  - a) Peta Lokasi, Peta lokasi penelitian adalah representasi visual dalam bentuk peta yang digunakan untuk menunjukkan lokasi geografis di mana suatu penelitian dilakukan. Peta ini biasanya dibuat untuk memberikan konteks geografis penelitian, membantu dalam memahami lokasi penelitian, dan menjelaskan bagaimana karakteristik geografis, lingkungan, atau faktor spasial lainnya mungkin memengaruhi hasil penelitian.
  - b) Peta Topografi, Peta topografi adalah jenis peta yang menggambarkan fitur fisik permukaan bumi secara detail, termasuk bentuk, ketinggian, dan kemiringan tanah. Peta ini biasanya menggunakan garis kontur (contour lines) untuk menunjukkan perubahan elevasi. Garis kontur menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama, sehingga memudahkan pengguna untuk memahami bentuk permukaan seperti bukit, gunung, lembah, dataran, dan lereng. Peta topografi di dapatkan dari hasil pengukuran menggunakan alat ukur total station kemudian diolah menggunakan program Civil 3D versi 2022.
  - c) Peta geologi, Peta geologi adalah representasi visual dari informasi geologi pada suatu wilayah tertentu, yang biasanya disajikan dalam bentuk peta dua dimensi. Peta ini menggambarkan distribusi, jenis, dan usia batuan, serta fitur geologi lainnya seperti lipatan, patahan, dan struktur geologi lainnya pada lokasi penelitian.

d) Penyelidikan tanah, Data penyelidikan tanah adalah informasi yang dikumpulkan melalui berbagai metode dan teknik untuk memahami kondisi tanah di lokasi penelitian. Data ini digunakan untuk keperluan analisis longsoran yang bersumber dari hasil penyelidikan tanah menggunakan bor mesin.

## 2. Investigasi Lapangan

Investasi lapangan diperlukan untuk mengamati kondisi longsor. Pengamatan dilakukan terhadap kondisi gerakan tanah, topografi, kondisi tanah, saluran drainase dan kondisi vegetasi yang ada di lokasi penelitian.

## 3. Analisis Data Lapangan

Analisis data lapangan dilakukan bedasarkan hasil pengamatan di lapangan dan data-data sekunder yang telah dikumpulkan. Secara umum analisis dilakukan untuk mengetahui kondisi geografi, geologi dan faktor-faktor penyebab dan jenis longsoran. Tujuan dari analisis data lapangan ini adalah untuk evaluasi resiko dan dampak longsoran sehingga pengembangan solusi mitigasi dapat dilakukan.

## Tahapan Perencanaan

### 1. Kriteria Perencanaaan dan Pembebanan

Kriteria perencanaan dan pembebanan mengacu pada standart Pd T-09-2005-B oleh kementerian PUPR. Kriteria perencanaan untuk penanggulangan longsoran adalah meliputi faktor keamanan dan dan pembebanan. Pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan adalah beban lalu lintas yang ditambahkan ke seluruh lebar permukaan jalan sedangkan besarnya adalah 15 kPa beban lalu lintas dan 10 kPa beban di luar jalan, ditentukan berdasarkan kelas jalan 1 pada tabel 2.2.

### 2. Faktor Keamanan

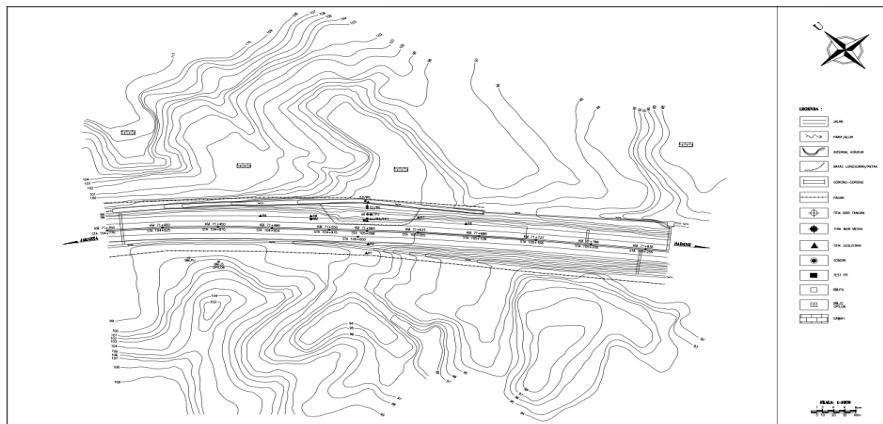
Secara umum faktor keamanan suatu lereng adalah merupakan perbandingan nilai rata-rata kuat geser tanah atau batuan di sepanjang keruntuhan kritisnya terhadap beban yang diterima lereng di sepanjang bidang keruntuhan. Berdasarkan table 2.3 maka faktor keamanan lereng yang di rekomendasikan adalah minimal 1.4 untuk di kategorikan lereng tersebut aman.

### 3. Analisis Kestabilan Lereng

Secara umum tahapan analisis kestabilan lereng adalah evaluasi dan interpretasi parameter hasil investigasi, penentuan stratifikasi lereng, penentuan tipe bidang gelincir dan pemilihan metode analisis, penentuan parameter desain/analisis, serta analisis stabilitas kondisi lereng dengan dan tanpa penanganan.

#### a. Topografi

Data site plan yang akurat harus memperlihatkan posisi dari titik uji (bor, sondir, geolistrik dll.), area retakan, area lokasi kekar, juga lokasi dari potongan melintang lereng yang akan dianalisis seperti pada gambar 3.2.



**Gambar 3.1 Contoh peta situasi logsoran**  
**(Sumber : Pd T-09-2005-B)**

#### a. Geologi

Kedalaman pelapukan adanya lapisan colluvium atau timbunan serta adanya struktur yang segar dan batuan yang mengalami pelapukan harus diketahui dari hasil penyelidikan pada permukaan dan dalam tanah. Untuk kebutuhan analisis, data geologi harus diinterpretasikan secara normal pada kondisi perlapisan atau per-zona material dengan karakteristik teknis yang memiliki kemiripan dalam bentuk peta geologi lokal.

#### b. Kuat Geser

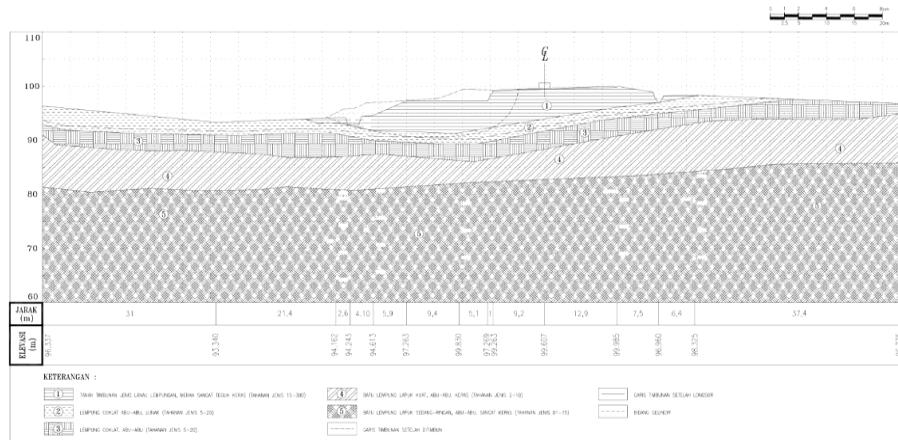
Kekuatan geser material pembentuk lereng digambarkan pada kondisi parameter efektifnya ( $c'$  dan  $\phi'$ ). Parameter efektif tersebut ditentukan dari hasil tes triaksial CU pada sampel tanah yang mewakili material matriknya (tanah residual dan batuan yang mengalami pelapukan) serta pada bidang lemahnya (kekakar). Sampel tersebut harus diuji pada tegangan yang besarnya mendekati tegangan lapangannya, serta harus berada pada kondisi jenuh.

c. Kondisi air tanah

Tinggi muka air selama periode observasi tidak sepenuhnya memperlihatkan level puncak yang akan terjadi selama periode hujan rencana. Karena itu estimasi harus dibuat pada area yang lebih lebar dari pada tinggi muka air tanah dalam lereng yang akan meningkat sebagai respon terhadap kejadian hujan dan faktor-faktor lain.

### Stratifikasi Penampang Lereng

Stratifikasi penampang lereng adalah suatu penampang yang menunjukkan urutan lapisan tanah/batuan sepanjang yang dikehendaki dari muka tanah sampai batas kedalaman penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah/batuan



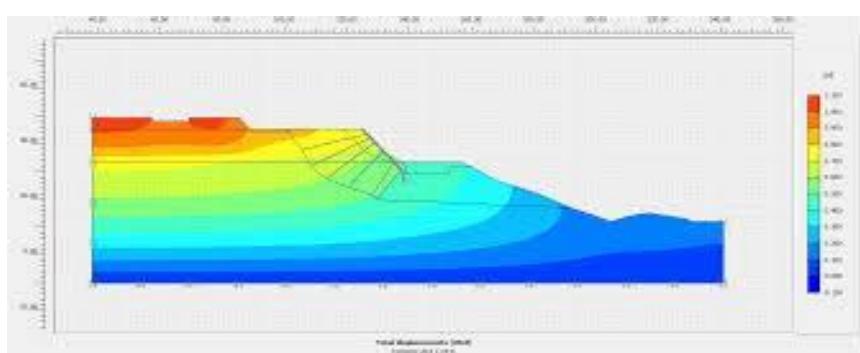
**Gambar 3.3 Contoh potongan melintang stratifikasi tanah**  
(Sumber : Pd T-09-2005-B)

### Penentuan Tipe Bidang Gelincir dan Pemilihan Metode Analisis

Penentuan tipe bidang gelincir sangat penting sekali dalam tahapan analisis kestabilan lereng karena akan menjadi patokan dalam pemilihan metode analisis.

a. Penentuan tipe bidang gelincir

Penentuan tipe gelincir dapat diperoleh melalui metode lansung dan tak lansung. Metode lansung dilakukan dengan pipa PVC atau inklinometer lalu diamati pergerakaknya. Pada penelitian ini menggunakan metode tak lansung, yaitu dengan malakukan analisis balik lereng yang dimodelkan dengan program aplikasi Geo5 versi 2.0. Analisis balik dilakukan dengan trial and error sampai lereng tersebut mempunyai nilai  $SF \sim 1$ , dengan variabel bebasnya nilai parameter sudut geser dalam efektif  $\phi'$  untuk lapisan yang terdapat pada bidang lemah. Metode tak langsung ini hasilnya akan lebih baik jika didukung input data yang akurat, di antaranya stratifikasi dan parameter kuat geser material. Gambar 3.4 berikut merupakan contoh lereng yang mengalami longsor lalu dilakukan analisis balik (back analysis).



**Gambar 3.4 Contoh model hasil analisis balik**  
**(Sumber : Pd T-09-2005-B)**

### Pemilihan Metode Analisis

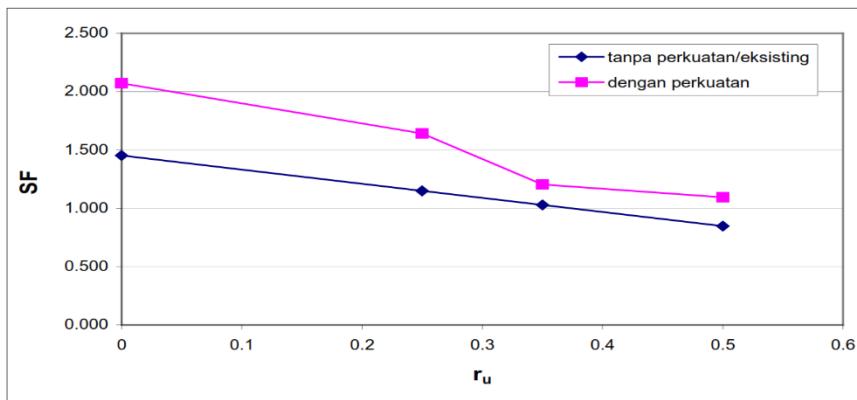
Banyak metode yang dapat dipergunakan untuk analisis lereng tanah/batuan. Dasar dari semua perhitungan ini disebut sebagai kondisi keseimbangan batas (limit equilibrium), walaupun metode ini didasarkan pada teori batas plastis dan beberapa didasarkan pada deformasi. Beberapa metode yang tersedia untuk analisis lereng batuan, sebagian besar dihitung pada kondisi keseimbangan batasnya juga.

### Penentuan Parameter Desain

Penentuan parameter desain dengan metode tak lansung mengacu pada hasil analisis balik (back analysis) dan pertimbangan rekayasa (engineering judgement). Dalam analisis balik, parameter awal yang diambil dari parameter kuat geser hasil korelasi Kumpulan parameter geoteknik dan pondasi. Pada analisis balik stabilitas lereng cara pertama, parameter yang akan dicari adalah parameter sudut geser dalam material lunak yang merupakan representasi dari posisi lapisan gelincirnya, sedangkan parameter lainnya dibuat konstan. Langkah pertama analisis balik ini adalah dengan memberikan nilai tertentu parameter sudut geser dalam lempung lunak, lalu dicari nilai faktor keamanannya. Proses trial and error (sampai  $SF \sim 1.4$ ) dilakukan dengan variable bebasnya adalah sudut geser dalam ( $\phi$ ) lempung lunak, sedangkan parameter lainnya termasuk muka air tanah (MAT) atau dalam bentuk ru dibuat konstan.

### Kondisi Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan Dan Dengan Perkuatan

Setelah seluruh parameter yang digunakan dalam analisis ditentukan, lakukan perhitungan kondisi stabilitas lereng untuk berbagai variasi penambahan tegangan air pori/tinggi muka air tanah. Kondisi stabilitas lereng yang harus dihitung adalah lereng tanpa perkuatan dan lereng dengan perkuatan. Berikut adalah merupakan contoh hasil analisa yang di sajikan dalam bentuk grafik kondisi stabilitas lereng.



**Gambar 3.6 Contoh hasil analisis kondisi stabilitas tanpa dan dengan perkuatan lereng**  
**(Sumber : Pd T-09-2005-B)**

## 3. RESULT AND DISCUSSION

### Hasil Tahapan Perencanaan

- Kriteria perencanaan dan pembebangan

Kriteria perencanaan dan pembebangan mengacu pada standart Pd T-09-2005-B oleh kementerian PUPR. Kriteria perencanaan untuk penanggulangan longsoran adalah meliputi faktor keamanan dan dan pembebangan.

**Tabel 4.1 Beban Lalu lintas untuk analisa stabilitas**

Kelas Jalan	Beban lalulintas (kPa)	Beban diluar jalan (*) (kPa)
I	15	10

Pada penelitian ini beban gempa diabaikan dalam perhitungan untuk analisa stabilitas.

### b. Faktor keamanan lereng

Faktor keamanan lereng yang direkomendasikan adalah minimal 1.4 pada kondisi statis (tanpa gempa), faktor keamanan yang sesuai dengan bidang keruntuhannya juga mempertimbangkan akibat yang ditimbulkan, yaitu korban jiwa dan kehilangan secara ekonomi.

**Tabel 4.2 rekomendasi nilai faktor keamanan lereng**

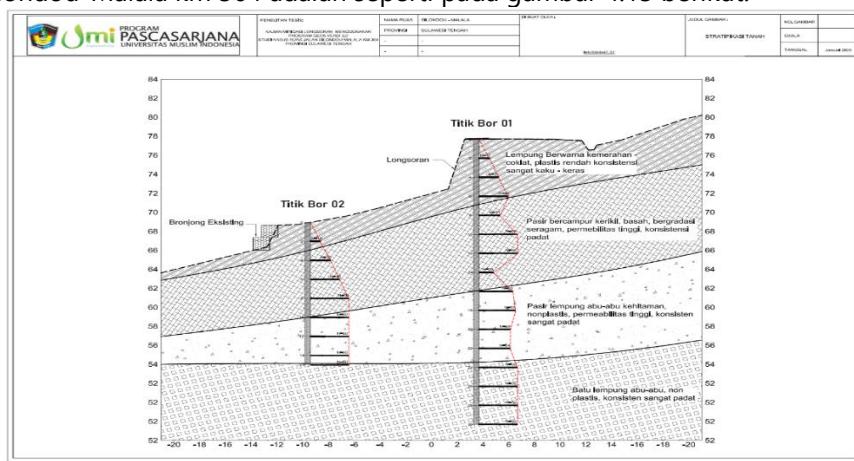
Resiko Ekonomis		Resiko terhadap nyawa manusia		
		Tak diperhatikan	Rendah	Tinggi
Rekomendasi nilai faktor keamanan terhadap resiko kehilangan secara ekonomis	Diabaikan	1.1	1.2	1.5
	Rendah	1.2	1.2	1.5
	Tinggi	1.4	1.4	1.5

### c. Analisis kestabilan lereng

- Site plan, data site plan harus akurat menggambarkan posisi dari titik uji bor, dan potongan melintang, area lokasi longsoran Silondou-Malala km 364.
- Kekuatan geser material pembentuk lereng digambarkan pada kondisi parameter efektifnya ( $c'$  dan  $\phi'$ ). Australian Standard for retaining walls (AS 4678) menyarankan nilai untuk  $c'$  dan  $\phi'$  berdasarkan kelompok tanah seperti yang disajikan pada table 4.3 dan gambar 4.11. Berikut adalah index properties tanah hasil penyelidikan tanah ruas jalan Silondou-Malala km 364 yang akan digunakan sebagai parameter input dalam program Geo5.
- Kondisi Muka Air Tanah (MAT) di ukur saat penyelidikan tanah di lakukan dengan bor mesin. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, maka Muka Air Tanah pada lokasi longsoran berada pada elevasi -7 meter dari elevasi jalan. Muka Air Tanah di ilustrasikan dengan garis linear seperti pada gambar 4.12.

### d. Stratifikasi Penampang Lereng

Stratifikasi penampang lereng dibuat berdasarkan data topografi untuk mengetahui geometri lereng secara horizontal, serta untuk lapisan tanah perlayer berdasarkan data penyeledikan tanah. Stratifikasi penampang lereng ruas jalan Silondou-Malala km 364 adalah seperti pada gambar 4.13 berikut.

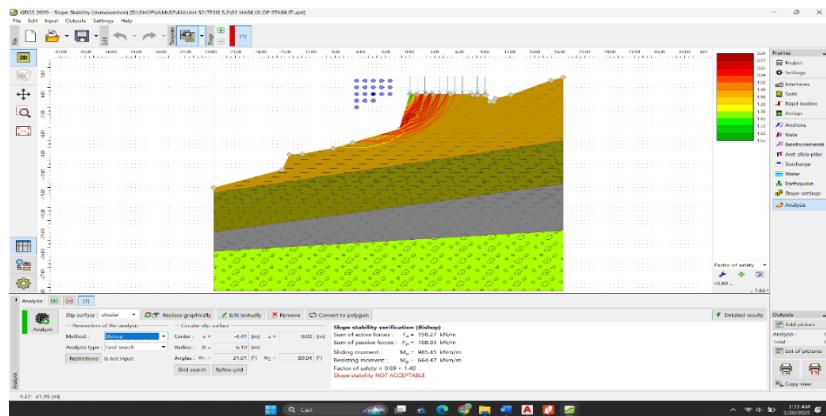


**Gambar 3.20 Stratifikasi tanah**

### e. Penentuan Bidang Gelincir dan Metode Analisis

Penentuan bidang gelincir dilakukan dengan metode tak lansung, yaitu dengan melakukan analisis balik lereng yang dimodelkan dengan program aplikasi Geo5 versi 2.0. Penentuan bidang gelincir di analisis pada

program berdasarkan input data geometri lereng, index properti tanah, beban, dan muka air tanah. Metode analisis yang digunakan adalah metode Bishop, analisis dilakukan dengan trial and error sampai lereng tersebut mempunyai nilai SF yang didapatkan. Berdasarkan hasil analisis balik (back analysis) maka lereng Silondou-Malala km 364 maka di dapatkan nilai SF= 0.69 (lereng eksisting) dengan minimal SF= 1.4. Jika mengacu pada table 4.2 rekomendasi nilai faktor keamanan lereng maka nilai SF= 0.69 (tanpa penanganan) di kategorikan tidak aman.

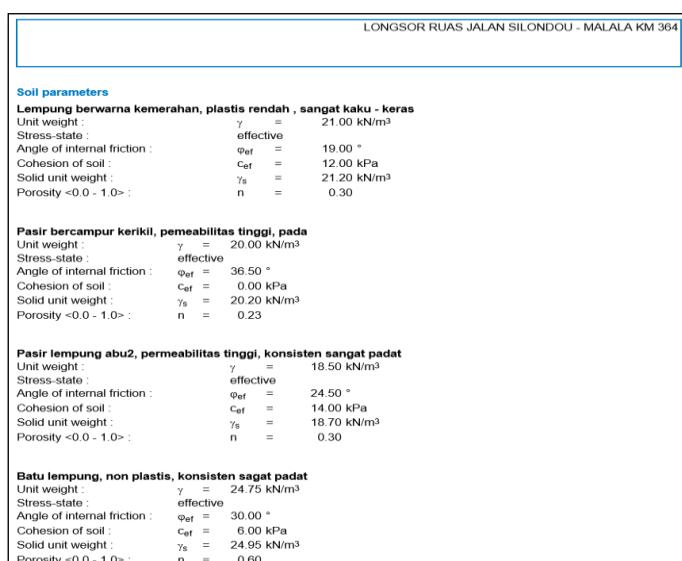


**Gambar 3.21 Hasil analisis bidang gelincir Geo5**

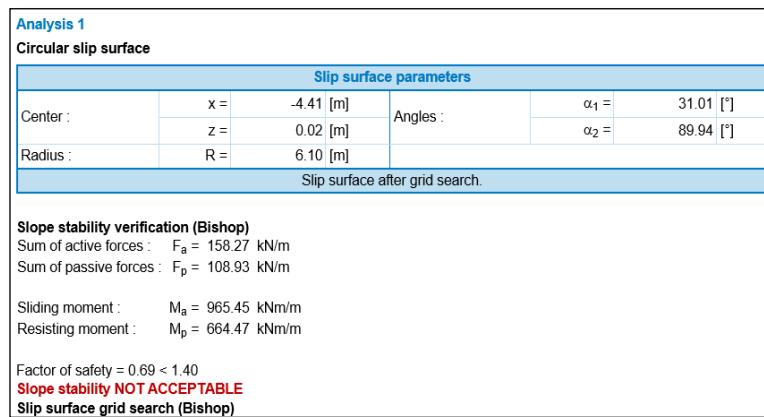
No.	Name	Pattern	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m³]
1	Lempung berwarna kemerahan, plastis rendah , sangat kaku - keras		19.00	12.00	21.00
2	Pasir bercampur kerikil, permeabilitas tinggi, pada		36.50	0.00	20.00
3	Pasir lempung abu2, permeabilitas tinggi, konsisten sangat padat		24.50	14.00	18.50
4	Batu lempung, non plastis, konsisten sangat padat		30.00	6.00	24.75

**Gambar 3.22 Input parameter tanah**

Dengan deskripsi seperti pada gambar 4.15 berikut.



**Gambar 3.23 Input parameter tanah**



Gambar 3.24 Hasil analisis program Geo5 versi 2.0

## Pembahasan

### 1. Kajian mitigasi

Kajian mitigasi pada ruas jalan Silondo – Malala km 364 adalah mitigasi struktural, mitigasi struktural adalah sebuah upaya untuk mengurangi dampak dan resiko bencana longsor dengan rekayasa teknis. Bencana longsor pada ruas jalan ini mengakibatkan terhambatnya mobilitas kendaraan yang melewati area ini, untuk mengurangi dampak secara ekonomis dan resiko keselemanan berkendara maka diperlukan penanganan secara cepat dan tepat. Hasil investigasi lapangan longsor terjadi karna menjemput drainase dan bangunan pelintas tipe box culvert yang kurang baik, serta Kemiringan lereng >350 masuk dalam kategori lereng sangat curam sehingga menjadi indikasi awal terjadi longsor.

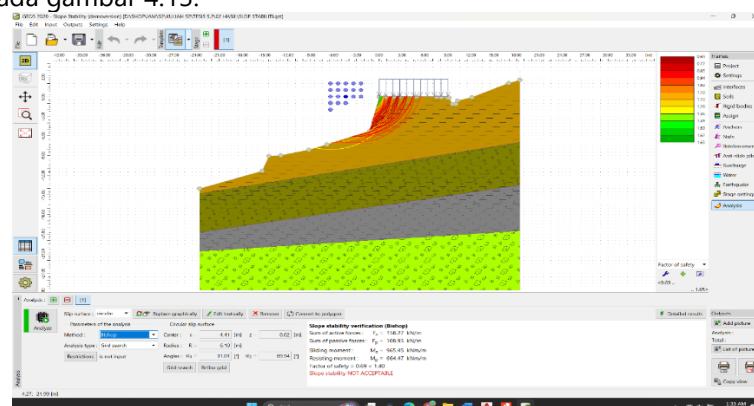
### 2. Konsep Penanganan dan parameter desain

Longsor ruas jalan Silondou-Malala km 364 adalah longsoran dengan tipe Translasi atau Planar dimana terindikasi adanya material tumpukan longsor pada kaki lereng serta terdapat retak-retak memanjang pada area atas longsoran. Parameter desain yang digunakan adalah Pd T-09-2005-B oleh kementerian PUPR. Jika mengacu pada parameter tersebut maka ada tiga penanganan yang di rekomendasikan, yaitu :

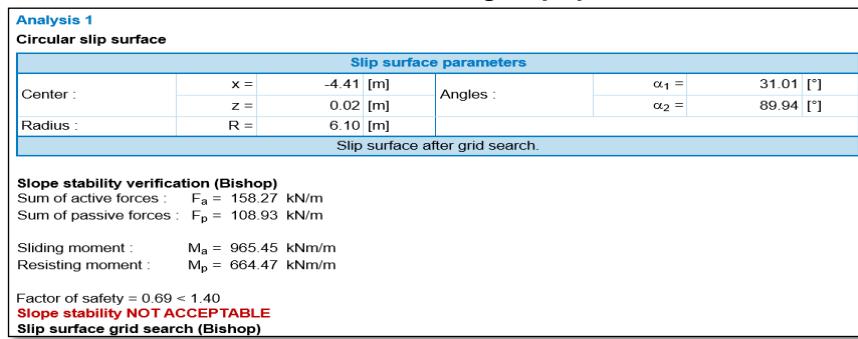
- Mengalirkan air permukaan, dengan membuat drainase dan bangunan pelintas agar air tidak melipih ke jalan dan ke arah lereng. Panjang drainase minimal 150 m sesudah dan sebelum longsoran, serta menganti banguna pelintas eksisting yang tersumbat.
- Mengendalikan air rembesan, dengan membuat pelantar atau saluran pengantar pada lereng agar air tidak merembes ke arah tebing lereng.
- Dinding penahan, menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan detail seperti pada gambar 4.21 (tipikal penanganan) dengan tambahan pondasi dalam tipe Straus Pile 2 baris sedalam 7 m untuk mendapatkan tanah keras pada SPT N=60.

### 3. Kondisi stabilitas lereng tanpa perkuatan dan dengan perkuatan

- Stabilitas lereng tanpa perkuatan, Berdasarkan hasil analisis balik (back analysis) dengan menggunakan program Geo5 versi 2.0 maka lereng Silondou-Malala km 364 maka di dapatkan nilai SF= 0.69 (lereng eksisting) seperti pada gambar 4.13.

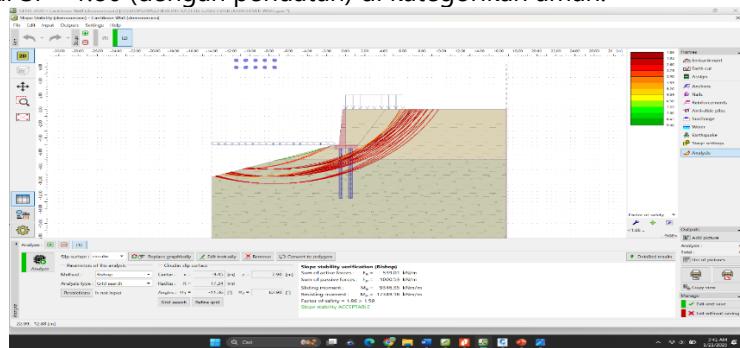


**Gambar 4.14 Analisis lereng tanpa perkutan**

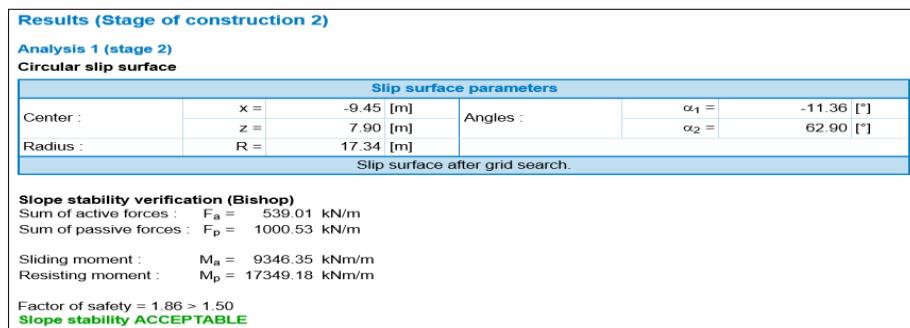


**Gambar 4.17 Hasil analisi program Geo5 versi 2.0**

- b) Stabilitas lereng dengan perkutan, Berdasarkan hasil analisis balik (back analysis) dengan menggunakan program Geo5 versi 2.0 maka lereng Silondou-Malala km 364 maka di dapatkan nilai SF= 1.86 (dengan perkutan) dengan minimal SF= 1.4. Jika mengacu pada table 4.2 rekomendasi nilai faktor keamanan lereng maka nilai SF= 1.86 (dengan perlutan) di kategorikan aman.

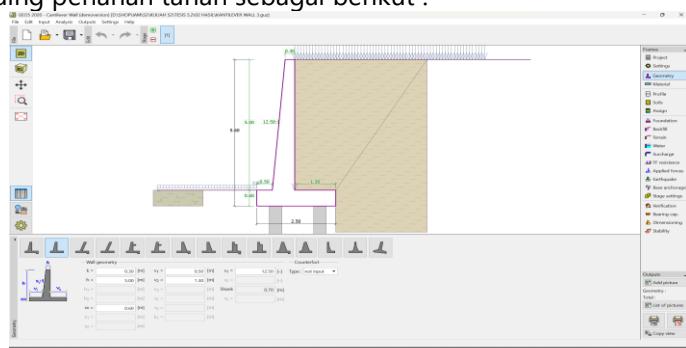


**Gambar 3.30 Analisis lereng dengan perkutan program Geo5**



**Gambar 3.31 Hasil analisis program Geo5**

Dengan detail dinding penahan tanah sebagai berikut :



**Gambar 3.32 Input geometri kantilever wall program Geo5**

Kantilever wall longsoran Silondou - Malala km 364	
<b>Construction</b>	
Width of pile cap $b_x$ = 2.50 m $b_y$ = 2.50 m	
Pile diameter $d$ = 0.40 m	
Number of piles $n_x$ = 2 $n_y$ = 2	
Spacing of piles $s_x$ = 1.40 m $s_y$ = 1.00 m	
<b>Geometry</b>	
Depth from ground surface $h_z$ = 5.60 m Pile head offset $h$ = 0.00 m	
Thickness of pile cap $t$ = 0.60 m Length of piles $l$ = 7.00 m	
<b>Material of structure</b>	
Unit weight $\gamma$ = 20.00 kN/m <sup>3</sup> Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).	
Concrete : K 300 (user defined)	
Cylinder compressive strength $f_{ck}$ = 26.40 MPa Tensile strength $f_{ctm}$ = 2.66 MPa	
Elasticity modulus $E_{cm}$ = 31870.60 MPa Shear modulus $G$ = 13279.42 MPa	
<b>Longitudinal steel : BJTS 420 A (user defined)</b>	
Yield strength $f_{yk}$ = 420.00 MPa	

**Gambar 3.33 Analisis daya dukung tiang program Geo5**

#### 4. CONCLUSION

Kesimpulan yang didapat dari penelitian tesis ini adalah sebagai berikut : 1). Kajian mitigasi pada ruas jalan Silondo – Malala km 364 adalah mitigasi struktural, mitigasi struktural adalah sebuah upaya untuk mengurangi dampak dan resiko bencana longsor dengan rekayasa teknis. Bencana longsor pada ruas jalan ini mengakibatkan terhambatnya mobilitas kendaraan yang melewati area ini, untuk mengurangi dampak secara ekonomis dan resiko keselemanat berkendara maka diperlukan penanganan secara cepat dan tepat. Hasil investigasi lapangan longsor terjadi karna menjemput drainase dan bangunan pelintas tipe box culvert yang kurang baik, serta Kemiringan lereng  $>35^\circ$  masuk dalam kategori lereng sangat curam sehingga menjadi indikasi awal terjadi longsor. 2). Longsor ruas jalan Silondou-Malala km 364 adalah longsoran dengan tipe Translasi atau Planar dimana terindikasi adanya material tumpukan longsor pada kaki lereng serta terdapat retak-retak memanjang pada area atas longsoran. Parameter desain yang digunakan adalah Pd T-09-2005-B oleh kementerian PUPR. Jika mengacu pada parameter tersebut maka ada tiga penanganan yang di rekomendasikan, yaitu :

- Mengalirkan air permukaan, dengan membuat drainase dan bangunan pelintas agar air tidak melipih ke jalan dan ke arah lereng. Panjang drainase minimal 150 m sesudah dan sebelum longsoran, serta menganti banguna pelintas eksisting yang tersumbat.
- Mengendalikan air rembesan, dengan membuat pelantar atau saluran penghantar pada lereng agar air tidak merembes ke arah tebing lereng.
- Dinding penahan, menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan detail seperti pada gambar 4.21 (tipikal penanganan) dan gambar 2.25 (input geometri kantilever wall program geo5) dengan tambahan pondasi dalam tipe Straus Pile 2 baris sedalam 7 m untuk mendapatkan tanah keras pada SPT N=60.

#### 5. REFERENCES

- Alfana, S., Assafira, R. R. A., Situmorang, A., & Masvika, H. (2024). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Perhitungan Manual Dan ASDIP Retain v. 4.7. 6. Teknika, 19(1), 26-37.
- Alifuddin, A. (2022). Pengujian Kuat Geser Tanah dengan Metode Langsung (Direct Shear) Terhadap Perubahan Persentase Kadar Air. JILMATEKS (Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil), 4(2), 149-155.
- Alifuddin, A. (2023). Karakteristik kekuatan geser tanah terhadap perubahan nilai kepadatan tanah. Jurnal Flyover, 3(2), 69-76.
- Badaron, S. F. (2020). Studi Eksperimental Kapasitas Dukung Dan Perilaku Deformasi Lapisan Subgrade Perkerasan Kaku Akibat Siklus Basah-Kering, Universitas Hasanuddin.
- Dharmayasa, I. G. N. P., & Eratodi, I. G. L. B. (2016). Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Pondasi Tiang Bor (Studi Kasus Tower PLN SUTT 150KV No. 71 di Jalan Gatot Subroto Barat Denpasar). Dinamika Rekayasa, 12(2), 71.
- Dzaky, M. (2024). Teknik Rekayasa Lereng Pada Tambang Kerikil Berpasir Di Desa Kemiren, Kecamatan Srumbung, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah, UPN " Veteran" Yogyakarta.

- Hartono, J., Saleh, M., & Primaswari, G. (2022). Stabilitas Lereng Timbunan Sta. 24+ 100 Jalan Akses Pulau Balang Menggunakan GeoStudio. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 1(1).
- Hermawan, F., & Ernawan, D. (2023). Pelaksanaan Pengawasan Pekerjaan Konstruksi Proyek Pembangunan Dinding Penahan Tanah Blok Ciloa Desa Cijambe Kabupaten Subang. *MESA (Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Teknik Arsitektur)*, 7(1), 12-21.
- Khairullah, Y., Al Hadi, Y., Maulani, E., Akbar, S. J., & Arfiandi, J. (2023). Analisis Stabilitas Lereng Sungai Tamang Kampung Rantau Pakam.
- Mahmud, A. I., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Pemodelan Bidang Gelincir Tanah Menggunakan Plaxis 2D pada Penanganan Pascabencana Ruas Salaonro-Pompanua Kabupaten Soppeng. *Jurnal Flyover*, 2(2), 76-85.
- Maricar, M. H. (2016). Kajian Eksperimental Kesesuaian Antara Sifat Indeks dan Hasil X-RAY DIFFRACTION Tanah Ekspansif. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 1(1), 17-25.
- Maulida, D. H., Muhtar, M., & Alihudien, A. (2023). Studi Alternatif Penanganan Stabilitas Tebing Sungai Menggunakan Tembok Penahan Tipe Kantilever Wall (Studi Kasus: Kawasan Sungai Indragiri, Desa Kampung Baru, Kecamatan Cerenti, Kabupaten Kuantan Singgingi). *Jurnal Smart Teknologi*, 4(4), 496-512.
- Murdiyanto, D., Alihudien, A., & Priyono, P. (2024). Studi Banding Struktur Dinding Penahan Tanah Kantilever Tanpa dan dengan Menggunakan "Soldier Pile" (Studi Kasus: Dinding Penahan Tanah pada Jembatan Besuk Kecamatan Klabang Kabupaten Bondowoso). *Jurnal Smart Teknologi*, 5(4), 446-454.
- Noverma, N. (2017). Peranan bambu dalam mendukung pembangunan wilayah yang berkelanjutan.
- Putra, R. A., Rizal, N. S., & Kuryanto, T. D. (2023). Desain Kapasitas Penampang Dan Analisa Anggaran Biaya Normalisasi Sungai Sampean Kabupaten Bondowoso. *Jurnal Smart Teknologi*, 4(5), 633-645.
- Saputra, A. (2022). Evaluasi Struktur Perkerasan Lentur Jalan Di Atas Tanah Rawan Longsor (Studi Kasus: Ruas Jalan Sorong-Makbon Sta 17+ 125–Sta 17+ 408).
- Setiyawati, D. (2023). Analisis Rembesan Dan Stabilitas Pada Tubuh Bendungan (Analysis Of Seepage And Stability Of The Body Of Dam) (Studi Kasus: Bendungan Krisak, Kab Wonogiri Jawa Tengah).
- Susilo, A. J., Prihatiningsih, A., Ongga, F. P., & Tarigan, K. D. K. B. (2023). Perkuatan Dinding Penahan Tanah Eksisting Setinggi 8-1000mm Yang Membahayakan Masyarakat Di Rangkasbitung. *Jurnal Serina Abdinas*, 1(2), 599-607.
- Syeirliana, M., Kuryanto, T. D., & Alihudien, A. (2024). Studi Alternatif Penggunaan Dinding Penahan pada DPT Kanan Intake Dam Genduk Alternative Study of the Use of Retaining Wall on Right DPT Intake Dam Genduk. *Jurnal Smart Teknologi*, 5(2), 155-167.
- Syeirliana, M., Kuryanto, T. D., & Alihudien, A. (2024). Studi Alternatif Penggunaan Dinding Penahan pada DPT Kanan Intake Dam Genduk Alternative Study of the Use of Retaining Wall on Right DPT Intake Dam Genduk. *Jurnal Smart Teknologi*, 5(2), 155-167.
- Tanjung, D., Sarifah, J., & Ningrum, A. S. M. (2024). Analisis Perencanaan Daya Dukung Pondasi Borepile Bangunan Dinding Penahan Tanah pada Proyek Pengelolaan Irigasi Kecamatan Binjai Utara. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 3(2), 120-131.
- Toha, G. R., Alihudien, A., & Priyono, P. (2021). Kajian Penggunaan Tiang Pancang Panjang dan Pendek pada Dinding Penahan Tanah Tanggul Kali Jompo Jember. *Jurnal Smart Teknologi*, 2(2), 164-173.
- Yudiawati, Y. (2024). Analisis Penyebab Amblasan Ruas Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Gunung Ulin–Gunung Sari). *Jurnal Serambi Engineering*, 9(2), 8457-8466.