

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TURAP BERJANGKAR PADA LONGSORAN DI RUAS JALAN NASIONAL KM 37+900, BATURITI, TABANAN, BALI

Moch. Ardin Deviansyah¹, Eding Iskak Imananto², Vega Aditama³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : ardinkk2001@gmail.com

ABSTRACT

This project analyzes the slope stability at KM 37+900 of the national road, located in an area with unstable slope conditions, specifically in Baturiti District, Tabanan Regency, which is prone to landslides due to high rainfall. The landslide at this location reaches a height of approximately 6 meters from the road surface. The analysis process involves collecting and processing the necessary data and applying relevant theories. Slope stability analysis was conducted using the Bishop method, while structural calculations were performed using the Rankine method. The analysis results using Rocscience Slide software indicate a safety factor of 0.816, and manual calculations show a value of 0.967, both of which are below the safe threshold of 1.5. This indicates that the slope is unsafe without reinforcement. Therefore, reinforcement using anchored retaining walls is necessary. The calculations show a sheet pile depth of 6.820 meters with a total sheet pile length of 12.82 meters. The required section modulus is between 2577.24 cm³ and 2700 cm³/m. Steel sheet piles of type IVw from PT. ESC Steel Indonesia were selected, with an anchor tension force of 45.842 kN, using ASTM//A416 – Grade 270 anchor bars measuring 0.375 inches in diameter and 6 meters in length.

ABSTRAK

Proyek ini menganalisis stabilitas lereng pada ruas jalan nasional KM 37+900 yang berada di kawasan dengan kondisi lereng yang tidak stabil, tepatnya di Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, yang rawan bencana tanah longsor akibat curah hujan tinggi. Longsor di lokasi ini mencapai ketinggian sekitar 6 meter dari permukaan jalan. Proses analisis melibatkan pengumpulan dan pengolahan data yang diperlukan serta penerapan teori yang relevan. Analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan metode Bishop, sementara perhitungan struktur dilakukan dengan metode Rankine. Hasil analisis menggunakan Software Rocscience Slide menunjukkan faktor keamanan sebesar 0,816, dan perhitungan manual menunjukkan angka 0,967, keduanya lebih rendah dari batas aman 1,5. Ini menandakan lereng tersebut tidak aman tanpa perkuatan. Oleh karena itu, perkuatan dengan turap berangkur diperlukan. Perhitungan menunjukkan kedalaman pemancangan turap sebesar 6,820 meter dengan total panjang turap 12,82 meter. Modulus penampang yang dibutuhkan sebesar 2577,24 cm³ hingga 2700 cm³/m. Turap baja tipe IVw dari PT. ESC Steel Indonesia dipilih, dengan gaya tarik angker sebesar 45,842 kN, menggunakan batang angker ASTM//A416 – Grade270 berukuran 0,375 inch sepanjang 6 meter.

Kata Kunci : Stabilitas Lereng, Dinding Penahan Tanah, Turap Berangkur

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian penting dari kerak bumi yang terdiri atas mineral dan bahan organik, dan memainkan peran yang tidak terpisahkan dalam dunia konstruksi teknik sipil. Tanah memiliki karakteristik, kekuatan, dan jenis yang bervariasi, yang memerlukan perlakuan khusus baik secara fisik maupun teknis untuk memenuhi syarat pendirian bangunan di atasnya. Setiap daerah memiliki kontur tanah yang berbeda, seringkali tidak rata dan terjal, sehingga rentan terhadap longsor jika sudut kemiringannya terlalu tinggi. Untuk mencegah terjadinya longsor, berbagai metode seperti terasiring, penambahan timbunan pada kaki lereng,

dan pemasangan konstruksi penahan seperti dinding penahan tanah (DPT) dapat diterapkan.

Proyek analisis stabilitas lereng di ruas jalan nasional KM 37+900 terletak di kawasan yang kondisi lereng tanahnya tidak stabil. Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, dikenal sebagai daerah dengan tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana tanah longsor. Berdasarkan data dari BPBD Provinsi Bali, banyak bencana longsor terjadi di daerah permukiman, lahan pertanian, dan jalur lintas Denpasar-Singaraja, yang sering disebabkan oleh tingginya debit air hujan. Bencana longsor di lokasi ini menyebabkan kerugian besar, termasuk tertimbunnya jalur jalan, permukiman, dan lahan pertanian. Ketinggian

longsor di lokasi ini mencapai sekitar 6 meter dari permukaan badan jalan.

Penyelidikan tanah di lokasi ini telah dilakukan dengan metode Standard Penetration Test (SPT) dan pengambilan sampel melalui dua titik boring. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa tanah di sekitar lokasi longsor memiliki berbagai lapisan tanah dengan karakteristik berbeda pada kedalaman yang bervariasi. SPT menunjukkan bahwa sebagian besar tanah di lokasi tersebut termasuk dalam kategori tanah sedang, berdasarkan nilai SPT antara 15 hingga 50 blows/feet.

Dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan lateral yang ditimbulkan oleh tanah di sekitarnya. Dalam kasus ini, perkuatan dengan turap berjangkar dipilih untuk menjaga stabilitas tanah dan memperpendek dimensi kedalaman turap. Pembangunan turap berjangkar dilakukan di KM 37+900 sepanjang 32,00 meter pada area STA 0+394,4 – STA 0+426,5. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan perkuatan tanah yang dihitung dengan perangkat lunak *Rocscience Slide*, sebagai solusi alternatif untuk mengatasi masalah stabilitas lereng di ruas jalan nasional KM 37+900 Baturiti.

2. DASAR TEORI

Tanah

Dalam Teknik Sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan lepas yang berada di atas batuan dasar. Tanah memiliki peran penting dalam konstruksi, karena menjadi dasar bagi setiap proyek. Sebelum memulai konstruksi, perlu diidentifikasi tipe tanah di lapangan untuk memastikan karakteristik masing-masing jenis tanah, diantaranya yaitu :

- Pasir (*Sand*)
- Lanau (*Silt*)
- Batuan (*Gravel*)
- Tanah Lempung (*Clay*)

Penyebab Tanah Longsor

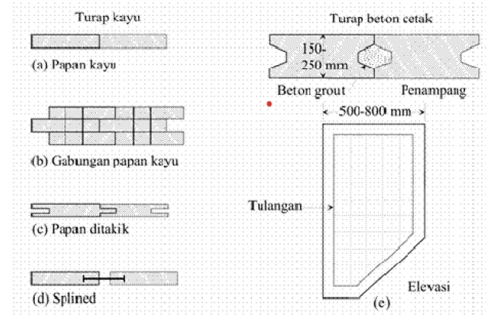
Tanah longsor pada umumnya dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kondisi tanah, geometri lokasi, pola drainase, vegetasi tumbuhan, dan kondisi geologi lokal yang mempengaruhi tanah longsor secara terpisah (Soehardi, Putri, & Dinata, 2019). Secara umum ada dua penyebab utama tanah longsor yaitu alam dan ulah manusia.

Jenis-Jenis Turap

Menjelaskan beberapa jenis dinding turap, material dipilih berdasarkan tujuan dinding turap. Ada beberapa alasan mengapa menggunakan jenis material ini, antara lain adalah :

- Dinding Turap Kayu
 Tiang turap kayu digunakan untuk konstruksi ringan sementara di atas permukaan air. Tiang ini umumnya berupa papan kayu berukuran 50 mm x 300 mm atau beberapa papan yang

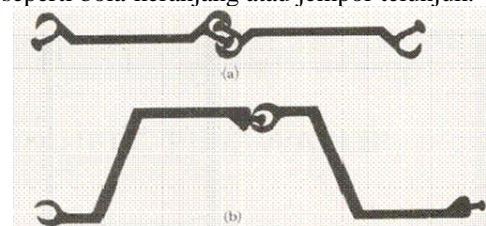
digabung (*wakefield piles*). Papan kayu bisa memiliki takik, takik lidah, atau menggunakan besi yang ditanam setelah tiang dimasukkan ke tanah (Simatupang).



Gambar 1 Berbagai Jenis Turap Kayu dan Beton

b. Dinding Turap Beton dan Baja

Tiang turap beton pracetak digunakan dalam konstruksi berat dan dirancang dengan tulangan untuk menahan tegangan selama dan setelah konstruksi. Penampang tiang ini memiliki lebar 500-800 mm dan ketebalan 150-250 mm. Di USA, tiang turap baja biasanya memiliki ketebalan 10-13 mm, sementara tiang turap Eropa mungkin lebih tipis tetapi lebih besar. Penampangnya bisa berbentuk Z, lengkungan dalam, lengkungan rendah, atau sayap lurus. Sambungan tiang turap dirancang untuk menahan air, dengan bentuk sambungan seperti bola-keranjang atau jempol-telunjuk.



Gambar 2 Hubungan Tiang Turap : (a) Jenis Jempol-Telunjuk (b) Jenis Bola-Keranjang

Tabel di bawah menunjukkan sifat-sifat penampang tiang turap baja. Tegangan lentur rencana yang diijinkan untuk tiap turap baja diberikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 1 Tegangan Ijin Penampang Tiang Baja

| Jenis baja | Tegangan ijin (MN/m ²) |
|------------|------------------------------------|
| ASTM A-328 | 170 (≈ 25000 lb/in. ²) |
| ASTM A-572 | 210 (≈ 30000 lb/in. ²) |
| ASTM A-690 | 210 (≈ 30000 lb/in. ²) |

Tabel 2 Sifat Penampang Tiang Baja
 (Sumber : (PT. ESC STEEL INDONESIA, 2024))

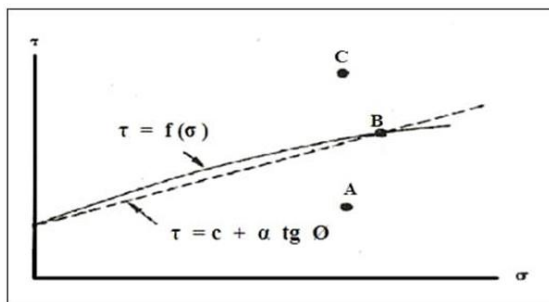
| Section | Width | Height | Thickness | | Cross Sectional Area | Weight | | Elastic Section Modulus | Moment of Inertia | Coating Area (both sides per pile) |
|------------|-------|--------|-------------|----------|----------------------|----------|-------------------|-------------------------|-------------------|------------------------------------|
| | (w) | (h) | Flange (tf) | Web (tw) | | Per Pile | Per Wall | | | |
| | mm | mm | mm | mm | cm ² m | kg/m | kg/m ² | cm ³ m | cm ⁴ m | m ² m |
| Type II | 400 | 200 | 10.5 | - | 152.9 | 48 | 120 | 874 | 8,740 | 1.33 |
| Type III | 400 | 250 | 13 | - | 191.1 | 60 | 150 | 1,340 | 16,800 | 1.44 |
| Type IIIA | 400 | 300 | 13.1 | - | 186 | 58.4 | 146 | 1,520 | 22,800 | 1.44 |
| Type IV | 400 | 340 | 15.5 | - | 242 | 76.1 | 190 | 2,270 | 38,500 | 1.61 |
| Type VI | 500 | 400 | 24.3 | - | 267.5 | 105 | 210 | 3,150 | 63,000 | 1.75 |
| Type IIV | 600 | 260 | 10.3 | - | 131.2 | 61.8 | 103 | 1,000 | 13,000 | 1.77 |
| Type IIIIV | 600 | 360 | 13.4 | - | 173.2 | 81.6 | 136 | 1,800 | 32,400 | 1.9 |
| Type IVIV | 600 | 420 | 18 | - | 225.5 | 106 | 177 | 2,700 | 56,700 | 1.99 |
| Type VII | 500 | 450 | 27.6 | - | 305.7 | 120 | 240 | 3,820 | 86,000 | 1.82 |

Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah adalah perlawanan internal tanah terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser. Ini penting untuk menganalisis stabilitas tanah, seperti daya dukung, stabilitas lereng, dan tekanan tanah pada turap atau tembok penahan. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut :

$$\tau_f = f(\sigma)$$

Seperti yang di tunjukkan pada Gambar 2.4, garis keruntuhan (*failure envelope*) yang dinyatakan oleh persamaan diatas sebenarnya berbentuk garis lengkung. Untuk Sebagian besar masalah yang berkaitan dengan mekanika tanah, garis ini cukup dekat dengan garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (Coulomb; 1776). Persamaan itu sebagai berikut :



Gambar 3 Garis Keruntuhan menurut Mohr dan Hukum Keruntuhan dari Mohr-Coulomb

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

Dengan :

- τ = Kuat geser tanah (kN/m²)
- C = Kohesi (kN/m²)
- ϕ = Sudut geser dalam (derajat)
- σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang dihasilkan oleh dorongan tanah di belakang struktur penahan. Besarnya tekanan ini dipengaruhi oleh perpindahan dinding penahan dan sifat-sifat tanah. Analisis tekanan tanah lateral dilakukan pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah hampir runtuh (Santoso & Makarim, 2022). Besarnya tekanan tanah ditentukan oleh :

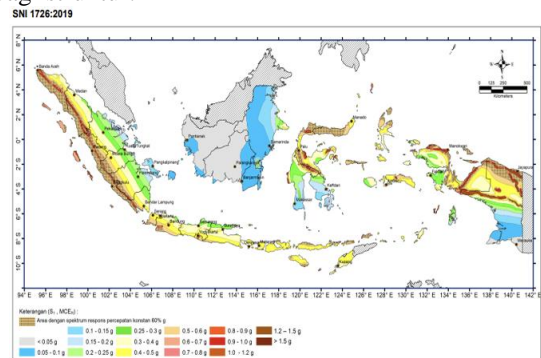
- a. Koefisien tekanan tanah aktif, pasif dan diam.
- b. Kohesi tanah.
- c. Beban yang bekerja pada permukaan tanah timbunan.

Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Konsep tekanan tanah aktif dan pasif sangat penting dalam masalah stabilitas tanah, pemasangan batang penguat, dan desain dinding penahan tanah. Masalah utamanya adalah menentukan faktor keamanan akibat gaya lateral yang dapat mengulangi atau menggeser dinding penahan tanah. Gaya ini dilawan oleh berat dinding penahan yang bekerja secara vertikal. Tekanan tanah aktif terjadi ketika dinding bergerak menjauh dari tanah timbunan atau ketika bagian atas dinding bergerak ke depan terhadap dasarnya, dipengaruhi oleh momen yang bekerja. Koefisien tekanan tanah aktif (K_a) adalah rasio antara tekanan horizontal dan vertikal (Wibowo & Wulandari, 2023).

Tekanan Akibat Gempa

Faktor gempa bumi harus selalu dipertimbangkan dalam pembangunan karena sangat mempengaruhi keamanan dan kestabilan bangunan. Gaya gempa ditentukan oleh berat bangunan dan koefisien gempa, yang didasarkan pada peta zona gempa di Indonesia. Percepatan gravitasi minimal 0,1 digunakan untuk menghitung gaya horizontal yang bekerja pada bangunan, mengarah ke arah yang paling tidak aman bagi struktur.



Gambar 16 – Parameter gerak tanah, S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCEs) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%)

Gambar 4 Peta Percepatan Gempa

Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall)

Dinding penahan tanah adalah salah satu metode perkuatan tanah yang sering digunakan dalam teknik sipil. Dinding ini berfungsi untuk menahan beban tanah, baik secara vertikal maupun pada sudut kemiringan tertentu. Saat merancang dinding penahan tanah, penting untuk memperhatikan dimensi yang memastikan kestabilan dan kekuatan dinding. Dimensi awal harus disesuaikan dengan bentuk lereng, kondisi tanah, dan ketinggian lereng yang akan ditahan (Hakam & Mulya, 2011).

Dinding Penahan Tanah Kantilever

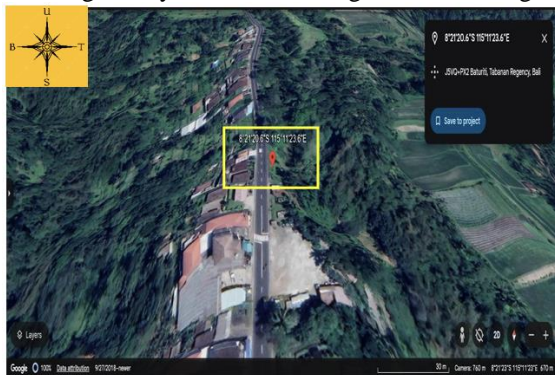
Dinding penahan tanah kantilever adalah dinding yang terdiri dari beton bertulang berbentuk huruf T,

seperti terlihat pada Gambar 1. Kedua bagian dinding ini memiliki ketebalan yang relatif tipis dan diberi tulangan penuh untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja. Dimensi pelat dasar dinding dirancang agar eksentrisitas resultan beban berada pada $e < (B/6)$. Jika resultan beban jatuh di luar rentang tersebut, tekanan fondasi akan menjadi terlalu besar, dan hanya sebagian fondasi yang akan mendukung beban. Dinding penahan tanah kantilever biasanya diterapkan pada ketinggian 2,5 hingga 7 meter, dengan ketebalan minimum puncak dinding sekitar 0,2 meter, baik untuk memudahkan pengecoran beton maupun demi estetika (Derwaman, Syaiful, & Fachruddin, 2022).

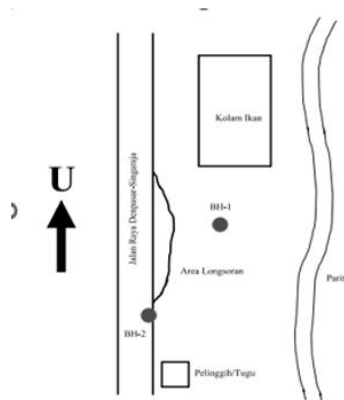
3. METODE PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi Perencanaan dinding penahan tanah turap ini di Ruas Jalan Nasional KM 37+900, Baturiti, Tabanan, Bali. Hasil data yang di dapat dari “Laporan Penyelidikan Tanah Universitas Warmadewa Denpasar” bahwasanya, pada daerah ini terdapat 2 titik longsor yaitu di atas lereng dan kaki lereng.



Gambar 5 Peta Lokasi Longsor (Google Earth)



Gambar 6 Sketsa Lokasi Longsor

Metode Pengumpulan Data

Setiap perencanaan akan membutuhkan data untuk menyelesaikan perencanaan yang akan dilakukan. Perencanaan juga membutuhkan data data pendukung yaitu data primer dan data sekunder. Data-data yang

digunakan dalam studi perencanaan ini adalah sebagai berikut.

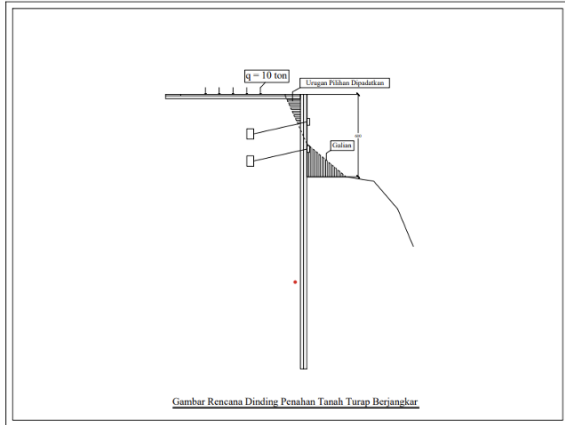
- a. Data Primer
 Data primer merupakan data yang di dapat dengan cara melalui pengamatan dan pengukuran secara langsung di lokasi penelitian. Tetapi pada penelitian ini tidak menggunakan data primer yang dikarenakan kelengkapan data sekunder sudah di rasa cukup untuk mengerjakan tugas akhir ini.
- b. Data Sekunder
 Data Sekunder merupakan data yang di dapat dari data yang di miliki Perusahaan, badan tertentu atau sumber lain yang relevan. Data sekunder yang di perlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - i. Data Gambar Perencanaan
 - ii. Data Penyelidikan Tanah
 - iii. Data Gempa
 - iv. Data Turap Baja

Metode Analisis

Tahapan ini meliputi analisa dan pengolahan data berdasarkan data – data yang diperlukan serta teori – teori yang mendukung. Sehingga pada tahap penyelesaian ini mendapatkan hasil perencanaan dinding penahan tanah yang diinginkan. Tahap melakukan perencanaan dinding penahan tanah sebagai berikut :

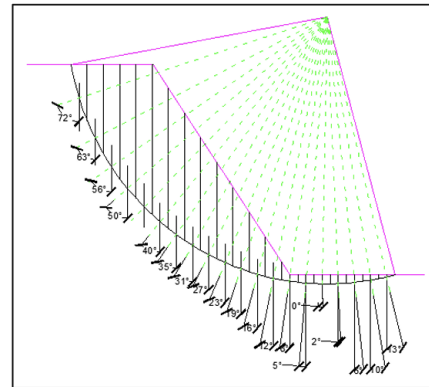
- a. Identifikasi penyebab longsor dan bagaimana dinding penahan tanah mengatasi longsor.
- b. Pengumpulan data sekunder yang meliputi hasil pengujian lapangan, data tanah hasil pengujian laboratorium, dan data gempa sebagai penunjang perencanaan.
- c. Menghitung tekanan tanah lateran dan faktor gempa.
- d. Menghitung stabilitas lereng menggunakan metode bishop.
- e. Menentukan dimensi dinding penahan tanah Turap Berjangkar.
- f. Menghitung beban yang bekerja pada dinding penahan tanah
- g. Menghitung stabilitas lereng dan dinding penahan tanah dengan program bantu Rocscience Slide.

Rencana Turap



Gambar 7 Konsep Rencana Dinding Penahan Tanah Turap Berjangkar

$F = 1,5$. Lereng dalam keadaan kritis, artinya dengan sedikit tambahan momen penggerak maka lereng menjadi tidak stabil.
 $F > 1,5$. Lereng stabil.



Gambar 8 Kelongsoran Irisan Bishop

4. DATA DAN ANALISIS

Analisa Data Tanah

Data yang di gunakan pada proyek Analisa Stabilitas Lereng Di Ruas Jalan Nasional KM 37+900, Baturiti, Tabanan, Bali menggunakan hasil penyelidikan tanah sebagai parameter yang di perlukan dalam dasar perhitungan. Data tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 3 Korelasi Nilai N pada Tanah Cohesionless

| | | | | | |
|-------------------------------|------------|---------|---------|---------|------------|
| N | 0 - 3 | 4 - 10 | 11 - 30 | 31 - 50 | >50 |
| γ (kN/m ³) | - | 16 - 25 | 14 - 18 | 16 - 20 | 18 - 23 |
| ϕ | 0 | 25 - 32 | 28 - 36 | 30 - 40 | >33 |
| State | Very Loose | Loose | Medium | Dense | Very Dense |
| Dr (%) | 0 - 15 | 15 - 35 | 35 - 65 | 65 - 85 | 85 - 100 |

Tabel 4 Korelasi Nilai N pada Tanah Cohesive

| | | | | | |
|-------------------------------|-----------|---------|---------|----------|---------|
| N | < 4 | 4 - 6 | 6 - 15 | 16 - 25 | >25 |
| γ (kN/m ³) | 14 - 16 | 16 - 18 | 16 - 18 | 16 - 20 | 18 - 23 |
| q_u (kPa) | < 25 | 20 - 50 | 30 - 60 | 40 - 200 | >100 |
| Consistency | Very Soft | Soft | Medium | Stiff | Hard |

Tabel 5 Hasil Korelasi Data Tanah

| KEDALAMAN (m) | KETEBALAN (m) | NSPT | JENIS TANAH | γ (kN/m ³) | ϕ | C_u (kN/m ²) |
|---------------|---------------|------|----------------------------|-------------------------------|--------|----------------------------|
| 2-3 | 2 | 4 | Pasir berlanau | 16 | 25 | 24 |
| 4-8 | 4 | 2 | Lanau berklempung berpasir | 14 | 28 | 12.5 |
| 9 | 1 | 12 | Pasir kelanauan | 16 | 28 | 28 |
| 10-12 | 2 | 21 | | 16 | 29 | 28 |
| 13-14 | 2 | 14 | | 16 | 28 | 28 |

Analisa Kelongsoran

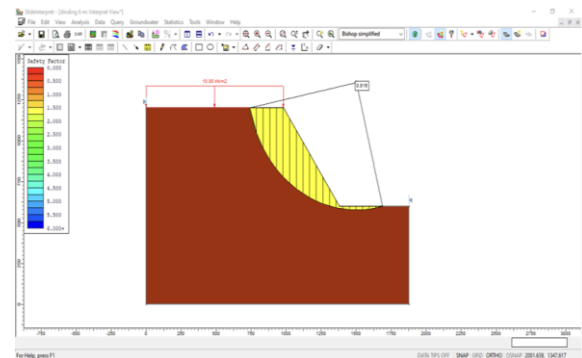
Perhitungan stabilitas lereng galian menggunakan metode irisan Bishop yang disederhanakan (simplified Bishop method), untuk mengecek stabilitas galian dari kelongsoran tanpa diperkuat dengan turap. Angka aman dari stabilitas lereng galian :

$F < 1,5$. Lereng tidak stabil.
 $F = 1,5$. Lereng dalam keadaan kritis, artinya dengan sedikit tambahan momen penggerak maka lereng menjadi tidak stabil.
 $F > 1,5$. Lereng stabil.

Tabel 6 Analisa Kelongsoran Lereng

| FS RILAS Kanan | NO IRISAN | C | ϕ | W (kN/m) | am (°) | sin | cos | tan | tan ϕ | W sin α | W tan α | c sin | tan | $(c \cdot \tan W \cdot \tan \alpha) / W$ | FS |
|----------------|-----------|------|--------|----------|--------|--------|-------|-------|------------|----------------|----------------|---------|------|--|------------|
| | 1 | 24.3 | 14.97 | 43.59 | 72 | 0.951 | 0.309 | 0.474 | 0.267 | 41.46 | 15.66 | 11.5382 | 0.56 | 41.14 | |
| | 2 | 24.3 | 14.97 | 65.99 | 63 | 0.881 | 0.464 | 0.474 | 0.267 | 58.79 | 17.64 | 11.5382 | 0.69 | 42.13 | |
| | 3 | 24.3 | 14.97 | 82.77 | 56 | 0.829 | 0.559 | 0.474 | 0.267 | 68.62 | 22.13 | 11.5382 | 0.78 | 43.09 | |
| | 4 | 24.3 | 14.97 | 96.30 | 50 | 0.766 | 0.643 | 0.474 | 0.267 | 73.77 | 25.75 | 11.5382 | 0.85 | 43.97 | |
| | 5 | 24.3 | 14.97 | 107.58 | 45 | 0.707 | 0.707 | 0.474 | 0.267 | 76.07 | 28.76 | 11.5382 | 0.90 | 44.80 | |
| | 6 | 24.3 | 14.97 | 113.49 | 40 | 0.643 | 0.766 | 0.474 | 0.267 | 72.95 | 30.85 | 11.5382 | 0.94 | 44.54 | |
| | 7 | 24.3 | 14.97 | 105.83 | 35 | 0.574 | 0.819 | 0.474 | 0.267 | 60.70 | 28.30 | 11.5382 | 0.97 | 43.94 | |
| | 8 | 24.3 | 14.97 | 96.21 | 31 | 0.515 | 0.857 | 0.474 | 0.267 | 49.55 | 25.72 | 11.5382 | 0.99 | 37.43 | |
| | 9 | 24.3 | 14.97 | 85.55 | 27 | 0.454 | 0.881 | 0.474 | 0.267 | 38.84 | 22.87 | 11.5382 | 1.01 | 33.97 | |
| | 10 | 24.3 | 14.97 | 73.95 | 23 | 0.391 | 0.921 | 0.474 | 0.267 | 28.90 | 19.77 | 11.5382 | 1.02 | 30.13 | 0.86 < 1.5 |
| | 11 | 24.3 | 14.97 | 61.52 | 19 | 0.326 | 0.946 | 0.474 | 0.267 | 20.03 | 16.45 | 11.5382 | 1.03 | 27.09 | Tidak |
| | 12 | 24.3 | 14.97 | 48.31 | 16 | 0.276 | 0.961 | 0.474 | 0.267 | 13.32 | 12.92 | 11.5382 | 1.03 | 23.61 | |
| | 13 | 24.3 | 14.97 | 34.34 | 12 | 0.208 | 0.978 | 0.474 | 0.267 | 7.14 | 9.18 | 11.5382 | 1.03 | 20.03 | |
| | 14 | 24.3 | 14.97 | 21.61 | 8 | 0.139 | 0.990 | 0.474 | 0.267 | 3.01 | 5.78 | 11.5382 | 1.03 | 16.83 | |
| | 15 | 24.3 | 14.97 | 16.52 | 5 | 0.087 | 0.996 | 0.474 | 0.267 | 1.44 | 4.02 | 11.5382 | 1.02 | 15.63 | |
| | 16 | 24.3 | 14.97 | 17.96 | 0 | 0.000 | 1.000 | 0.474 | 0.267 | 0.00 | 4.56 | 11.5382 | 1.00 | 16.08 | |
| | 17 | 24.3 | 14.97 | 16.93 | -2 | -0.035 | 0.999 | 0.474 | 0.267 | -0.59 | 4.53 | 11.5382 | 0.99 | 16.21 | |
| | 18 | 24.3 | 14.97 | 16.14 | -6 | -0.105 | 0.993 | 0.474 | 0.267 | -1.69 | 4.31 | 11.5382 | 0.97 | 16.38 | |
| | 19 | 24.3 | 14.97 | 14.66 | -10 | -0.174 | 0.982 | 0.474 | 0.267 | -2.54 | 3.92 | 11.5382 | 0.94 | 16.45 | |
| | 20 | 24.3 | 14.97 | 12.40 | -13 | -0.225 | 0.974 | 0.47 | 0.267 | -2.79 | 3.31 | 11.421 | 0.91 | 16.12 | |
| | Jumlah | | | | | | | | | 606.97 | | | | 587.21 | |

Analisa Stabilitas Lereng dengan Program SLIDE

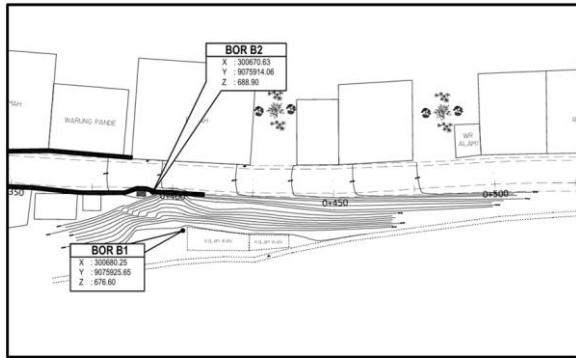


Gambar 9 Perhitungan SLIDE

Berdasarkan gambar tersebut didapat hasil nilai faktor aman sebesar $0,816 < 1,5$ yang berarti lereng tersebut masuk kategori belum aman.

Perencanaan Dinding Penahan Tanah (DPT)

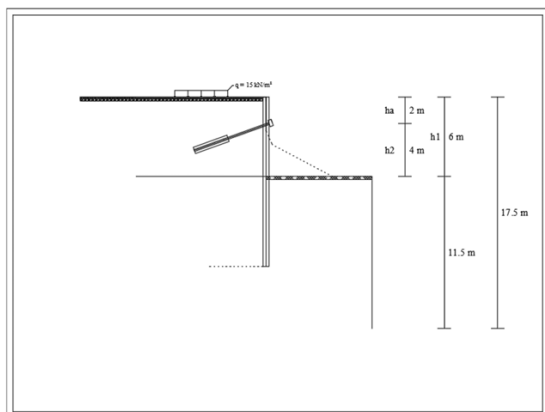
Analisis stabilitas lereng digunakan untuk mengetahui letak bidang longsor yang akan dilakukan perkuatan pada lokasi longsor tersebut dengan memperhatikan angka kemanan maka dapat dilakukan perkuatan struktur dinding penahan tanah sesuai dengan ketentuan yang sudah di terapkan untuk mendapatkan dinding penahan tanah yang aman. Pada gambar menunjukkan lokasi perencanaan pemasangan dinding penahan tanah sepanjang 32 meter.



Gambar 10 Rencana Pemasangan Turap

Perencanaan Turap Berangkur

Perencanaan turap dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.



Gambar 11 Desain Penampang Galian

a. Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah

- Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right), \text{ dimana :}$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{16.5}{2} \right)$$

$$K_a = 0.589$$

$$\sqrt{K_a} = 0.767$$

- Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right), \text{ dimana :}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{16.5}{2} \right),$$

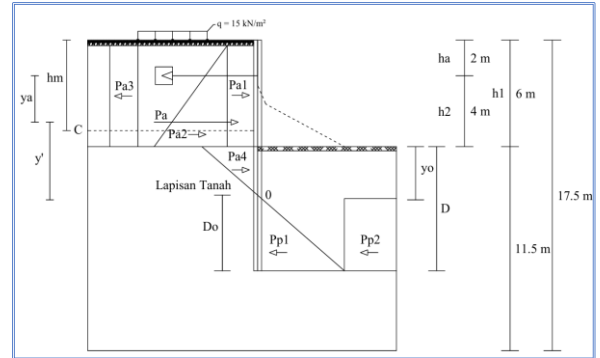
$$K_p = 0.589$$

$$\sqrt{K_p} = 0.767$$

b. Menghitung Koefisien Tekanan Tanah Lateral Akibat Gempa Metode Mononobe – Okabe

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\theta - \theta - \beta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta + \theta + \beta)} \left\{ 1 + \frac{\sin(\delta + \theta) \cdot \sin(\theta - \alpha - \beta)}{\cos(\delta + \theta + \beta) \cdot \cos(\theta - \alpha)} \right\}^2$$

$$K_{ae} = 0,535$$



Gambar 12 Distribusi Tekanan Tanah pada Turap

| lapisan tanah | Ketebalan (m) | γ kN/m ³ | C kN/m ² | ϕ | Ka | Kp |
|---------------|---------------|----------------------------|---------------------|--------|-------|-------|
| 1 | 17.5 | 16.5 | 24.3 | 14.97 | 0.589 | 1.697 |

Hasil perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan tanah pasif dapat dilihat tabel

c. Menghitung tekanan pada titik

$$Pa_1 = q \cdot h_1 \cdot K_a = 15 \times 6 \times 0.589 = 53,01 \text{ kN/m}^2$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_a = \frac{1}{2} \times 16,5 \times 6^2 \times 0,589 = 174,933 \text{ kN/m}^2$$

$$Pa_3 = -2 c \sqrt{K_a} h_1 = -2 \times 24,3 \times \sqrt{0,589} \times 6 = -223,792 \text{ kN/m}^2$$

$$Pp - Pa = \gamma (K_p - K_a) = 16,5 \times (1,697 - 0,589) = 18,282 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma \gamma h = q + \gamma \times h_1 = 15 + 16,5 \times 6 = 114 \text{ kN/m}^2$$

$$y_o = \frac{\Sigma \gamma h \times K_a}{Pp - Pa} = \frac{114 \times 0,589}{18,282} = 3,673 \text{ m}$$

$$Pa_4 = \frac{1}{2} \gamma (q + \gamma \times h_1) K_a \times y_o = \frac{1}{2} \gamma (15 + 16,5 \times 6) 0,589 \times 3,673 = 204,429 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 7 tekanan tanah aktif

| Tekanan tanah | Tekanan kN/m | L m | Momen kN.m |
|---------------|--------------|------------|------------|
| Pa1 | 53.010 | 6.673 | 353.725 |
| Pa2 | 174.933 | 5.673 | 992.359 |
| Pa3 | -223.792 | 6.673 | -1493.320 |
| Pa4 | 204.429 | 2.449 | 500.551 |
| ΣPa | 208.580 | ΣM | 353.315 |

d. Mencari momen terhadap titik 0

$$y' = \frac{\Sigma \text{Momen}}{\Sigma Pa} = \frac{353,315}{208,580} = 1,694 \text{ m}$$

$$y_a = h_2 + y_o - y' = 4 + 3,673 - 1,694 = 5,979 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Pp1 &= \frac{1}{2} \gamma Kp Do^2 = 15 \times 0,589 \times 7,858 \left(\frac{1}{2} 7,858\right) + \frac{1}{2} \\
 &= \frac{1}{2} 16,5 \times 1,697 \times Do^2 = 16,5 \times 0,589 \times 7,858^2 \left(\frac{1}{3}\right) - \\
 &= 14,0003 Do^2 \text{ kN/m}^2 = 2 \times 24,30 \sqrt{0,589} \times 5,428 \left(\frac{1}{2} 7,858\right) - \\
 Pp2 &= \gamma Kp Do^2 = 76,404 (7,858-2) \\
 &= 16,5 \times 1,697 \times Do^2 = -541,220 \text{ kN. m} \\
 &= 28,0005 Do^2 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 8 Tekanan Tanah Pasif

| Tekanan tanah | Tekanan kN/m | L m | Momen kN.m |
|---------------|-------------------------|-----------------|---|
| Pp1 | 14.0003 Do ² | 7.673 + 0.5 Do | 107.421 Do ² + 7.000125 Do ³ |
| Pp2 | 28.0005 Do ² | 7.673 + 0.67 Do | 214.842 Do ² + 18.667 Do ³ |
| ΣPa | 42.0008 Do ² | ΣM | 322.2631 Do ² + 25.66713 Do ³ |

e. Momen pada Titik Angkur

$$\begin{aligned}
 \Sigma Pa.ya &= \Sigma Pp. R \\
 208,580 \times 5,979 &= (14,0003 Do^2 \times (7,673 + 0,5 Do)) + (28,001 Do^2 \times (7,673 + 0,67 Do)) \\
 1247,077 &= 322,263 Do^2 + 25,667 Do^3 \\
 Do &= 25,667 Do^3 + 322,263 Do^2 - 1247,077 \\
 Do &= 3,147 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= Do + yo \\
 &= 3,147 + 3,673 \\
 &= 6,820 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= h1 + D \\
 &= 6 + 6,820 \\
 &= 12,820 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= D' = 1,2 \times D \\
 &= 1,2 \times 6,820 \\
 &= 8,184 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L' &= 6 + 8,184 \\
 &= 14,184 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f. Gaya yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned}
 Ta &= \Sigma Pa - \Sigma Pp \\
 &= 208,580 - (14,00 \times 3,147^2) + (28,00 + 3,147^2) \\
 &= 208,580 - 132,176 \\
 &= 76,404 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

g. Momen maximum titik C

Mencari hm

$$\begin{aligned}
 q Ka hm + \frac{1}{2} \gamma Ka hm^2 - 2c \sqrt{Ka} hm - Ta &= 0 \\
 15 \times 0,589 \times hm + \frac{1}{2} \times 16,5 \times 0,589 \times hm^2 - 2 \\
 \times 24,3 \times \sqrt{0,589} \times hm - 76,404 &= 0 \\
 8,835 hm + 4,859 hm^2 - 37,299 hm - 76,404 &= 0 \\
 4,859 hm^2 + 28,464 hm - 76,404 &= 0 \\
 hm &= 7,858 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ha + y' + ya &= 6 + yo \\
 2 + 1,694 + 5,979 &= 6 + 3,673 \\
 9,673 - 9,673 &= 0 \dots \text{Oke}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ha &= 6 + yo - y' - ya \\
 &= 6 + 3,673 - 1,694 - 5,979 \\
 &= 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 Mmax &= q Ka hm \left(\frac{1}{2} hm\right) + \frac{1}{2} \gamma Ka hm^2 \left(\frac{1}{3} hm\right) \\
 &\quad - 2c \sqrt{Ka} hm \left(\frac{1}{2} hm\right) - Ta (hm-ha)
 \end{aligned}$$

h. Dimensi Turap

Menentukan ukuran turap baja dengan menggunakan besarnya Section Modulus yang terdapat pada tabel dengan baja tegangan ijin Tarik 210 MN :

Tabel 9 Dimensi dan Sifat Penampang Baja

| Section | Width | Height | Thickness | | Cross Sectional Area | Weight Per File | Weight Per Wall | Elastic Section Modulus | Moment of Inertia | Coating Area (both sides per pile) |
|-----------|-------|--------|-------------|----------|----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|------------------------------------|
| | (w) | (h) | Flange (tf) | Web (tw) | | | | | | |
| Type II | 400 | 200 | 10.5 | - | 152.9 | 48 | 120 | 874 | 8,740 | 1.33 |
| Type III | 400 | 250 | 13 | - | 191.1 | 60 | 150 | 1,340 | 16,800 | 1.44 |
| Type IIIA | 400 | 300 | 13.1 | - | 186 | 58.4 | 146 | 1,520 | 22,800 | 1.44 |
| Type IV | 400 | 340 | 15.5 | - | 242 | 76.1 | 190 | 2,270 | 38,600 | 1.61 |
| Type VI | 500 | 400 | 24.3 | - | 267.5 | 105 | 210 | 3,150 | 63,000 | 1.75 |
| Type IIV | 600 | 260 | 10.3 | - | 131.2 | 61.8 | 103 | 1,000 | 13,000 | 1.77 |
| Type IIVw | 600 | 360 | 13.4 | - | 173.2 | 81.6 | 136 | 1,800 | 32,400 | 1.9 |
| Type IVw | 600 | 420 | 18 | - | 225.5 | 106 | 177 | 2,700 | 56,700 | 1.99 |
| Type VII | 500 | 450 | 27.6 | - | 305.7 | 120 | 240 | 3,820 | 86,000 | 1.82 |

i. Perencanaan ground angkur

Merencanakan menggunakan batang baja yang dihitung gaya prategang angkur secara tegak lurus dengan dinding penahan tanah dengan nilai $\alpha = 0^\circ$. Jarak angkur $S = 0,6 \text{ m}$ dengan diameter grouting $0,15 \text{ meter}$ secara trial eror.

$$\begin{aligned}
 TH &= Ta \times S \\
 &= 76,404 \times 0,6 \\
 &= 45,842 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T \text{ Angkur} &= \frac{TH}{\cos \alpha} \\
 &= \frac{45,842}{\cos 0} \\
 &= 45,842 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Mencari panjang grouting dengan SF 1,5, nilai $C = 24,5 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{T \text{ angkur} \times SF}{C \pi D} \\
 &= \frac{45,842 \times 1,5}{24,3 \times 3,14 \times 0,15} \\
 &= 6,008 \\
 &= 6 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Tendon Angkur menggunakan ukuran 0.375 Inch , dengan mengambil data dari ASTM//A416M - Grade270, diperoleh data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Cross Section} &= 54,8 \text{ mm} \\
 \text{Breaking load} &= 102,3 \text{ kN} \\
 \text{Yield load} &= 87,0 \text{ kN} \\
 Dt &= 9,53 \text{ mm} \\
 A \text{ Total} &= \text{Jumlah strand} \times \text{Cross section} \\
 &= 3 \times 54,8 \\
 &= 219,2 \text{ mm}^2 \\
 Fu &= \frac{\text{Breaking Load}}{A \text{ Total}} \\
 &= \frac{102,3}{54,8} \\
 &= 1,87 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Izin Tegangan Tarik:

$$\begin{aligned}
 T \text{ design} &= 0,6 \times fu \times A \text{ total} \\
 &= 0,6 \times 1,87 \times 219,2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 245,52 \text{ kN} \\
 T \text{ izin} &= 0,8 \times f_u \times A_{\text{total}} \\
 &= 0,8 \times 1,87 \times 219,2 \\
 &= 327,36 \text{ kN} \\
 \text{Gaya Tarik actual yang terjadi} \\
 T \text{ design} &= T \\
 &= 45,842 \text{ kN} \\
 T \text{ izin} &= 1,3 \times T \\
 &= 1,3 \times 45,842 \\
 &= 59,594 \text{ kN} \\
 T \text{ aktual} &< T \text{ izin} \\
 59,594 \text{ kN} &< 327,36 \text{ kN} \dots(\text{OK}) \\
 d_2 &= 6 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{total}} &= (16,5 \times 2) + (16,5 \times 4) + (16,5 \times 682) \\
 &= 211,53 \text{ kN} \\
 \delta &= \frac{2}{3} \times \phi \\
 &= 9,98 \text{ (Sudut geser antara angkur dan tanah)} \\
 C_w &= \frac{2}{3} \times C \\
 &= 16,2 \\
 r &= \sqrt{1 + \frac{C_w}{C}} \\
 &= \sqrt{1 + \frac{16,2}{24,3}} = \sqrt{1,667} = 1,291 \\
 K &= 1 - \sin \phi = 0,742 \\
 \text{Adhesi, } c_a &= r \times C = 31,371 \\
 L \text{ grouting} &= 2,7 \text{ m} \\
 L \text{ angkur} &= 3,3 \text{ m} \\
 T_u &= \pi \times D \times L_{\text{grouting}} (\gamma_{\text{total}} \times d_2 \times K \times \tan \delta + c_a) \\
 &= 3,14 \times 0,15 \times 2,7 (211,53 \times 6 \times 0,742 \times \tan 9,98 + 31,371) \\
 &= 37815,289 \text{ kN} \\
 T_{\text{aktual}} &< 0,85 T_u \\
 59,595 &< 32142,995 \text{ kN} \dots(\text{OK}) \\
 \text{j. Kontrol SF gaya dorong dan Tarik angker} \\
 \text{Gaya dorong} &= 45,842 \text{ kN} \\
 T \text{ izin bahan} &= 102,3 \text{ kN} \\
 \text{Berat V tanah } (\gamma) &= 24,3 \text{ kN} \\
 \text{Sudut geser } (\phi) &= 16,5 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Tinggi h} &= 4 \text{ m} \\
 \text{Panjang Angkur} &= 6 \text{ m} \\
 D \text{ strand (a)} &= 0,009525 \text{ m} = 0,375 \text{ Inch} \\
 \text{Gaya Tarik} &= 104,803 \text{ kN} \\
 \text{Safty Factor (SF)} &= \frac{\text{Gaya Tarik}}{\text{Gaya Dorong}} \\
 &= \frac{104,803}{45,842} \\
 &= \mathbf{2,286 > 1,5 \text{ (Aman)}} \\
 \text{k. Perhitungan Capping Beam} \\
 \text{Dimensi} &= 60 \times 50 \text{ cm} = 0,6 \times 0,5 \text{ m} \\
 D \text{ tulangan utama} &= 19 \text{ mm} \\
 D \text{ tulangan Sengkang} &= 10 \text{ mm} \\
 \text{Mutu tulangan} &= 420 \text{ Mpa} \\
 \text{Mutu beton} &= K 421,69 \\
 F_c' &= 35 \text{ Mpa} \\
 \text{Bentang balok} &= 32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BJ beton} &= 2400 \text{ kg/cm}^3 \\
 \text{Cover} &= 80 \text{ mm} \\
 d &= 500 - 80 - 10 - \frac{19}{2} \\
 &= 400,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah tulangan

$$A_s = n \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$1513,89 = n \frac{1}{4} \pi 19^2$$

$$n = \frac{1513,89}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 361}$$

$$= 5,342 = 6 \text{ buah}$$

Jarak pemasangan

$$S = \frac{600}{6}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

Jadi, Pemasangan tulangan 6 D19-100

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan Analisa dari hasil perhitungan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pada analisa Stabilitas lereng longsor di Ruas Jalan Nasional KM 37+900, Baturiti, Tabanan, Bali yang telah dihitung dengan menggunakan Software Rocscience Slide didapatkan safety factor $0,816 < 1,5$ dan dengan perhitungan manual didapatkan safety factor $0,967 < 1,5$. Maka lereng di nyatakan tidak aman jika tanpa perkuatan dan di perlukannya perkuatan menggunakan turap berangkur.
2. Hasil dari perhitungan perencanaan kedalaman turap kedalaman pemancangan turap $D = 6,820 \text{ m}$ dengan total panjang turap $L = 12,82 \text{ m}$.
3. Hasil perhitungan dimensi didapat modulus penampang sebesar $2577,24 \text{ cm}^3 < 2700 \text{ cm}^3/\text{m}$. Sehingga turap baja menggunakan tipe IVw. Dengan gaya tarik angker didapat dari perencanaan turap sebesar $45,842 \text{ kN}$. Sehingga digunakan batang angker yang diambil dari data ASTM//A416 – Grade270 dengan ukuran $0,375 \text{ Inch}$ sepanjang 6 m .

DAFTAR PUSTAKA

- Derwaman, A., Syaiful, & Fachruddin. (2022). ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH (STUDI KASUS : DESA MEKARJAYA, KECAMATAN CIOMAS, KABUPATEN BOGOR). *Jurnal Rona Teknik Pertanian*.
- Hakam, A., & Mulya, R. P. (2011). STUDI STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER PADA RUAS JALAN SILAING PADANG - BUKITTINGGI KM 64+500. *Jurnal Rekayasa Sipil*.

- PT. ESC STEEL INDONESIA. (2024, Agustus 18). *ESC Steel Indonesia*. Retrieved from [www.escsteel.co.id:
https://www.escsteel.co.id/vinyl-sheet-piles?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwiaa2BhAiEiwAQBgyHvtChkuvmnw_LGH2wyrk0xlQhvVtRC1DQDSy4O7uOmH1xqxqRI NcaRoC1qgQAvD_BwE](https://www.escsteel.co.id/vinyl-sheet-piles?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwiaa2BhAiEiwAQBgyHvtChkuvmnw_LGH2wyrk0xlQhvVtRC1DQDSy4O7uOmH1xqxqRI NcaRoC1qgQAvD_BwE)
- Santoso, N., & Makarim, C. A. (2022). STUDI PERBANDINGAN TEKANAN LATERAL DAN VERTIKAL DI ATAS TANAH SEDANG DAN TANAH SANGAT LUNAK. *JMTS : Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 99-112.
- Simatupang, P. T. (n.d.). *MODUL 2 : TURAP BERJANGKAR*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar - UMB.
- Soehardi, F., Putri, L. D., & Dinata, M. (2019). STUDI IDENTIFIKASI KERUSAKAN LERENG KAMPUS FAKULTAS ILMU ADMINISTRASI UNIVERSITAS LANCANG KUNING. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*.
- Wibowo, T. P., & Wulandari, T. E. (2023). ANALISIS STABILITAS STRUKTUR RETAINING WALL BASEMENT TERHADAP TEKANAN DARAH DENGAN APLIKASI PAXIS 8.6. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Arsitektur (JITAS)*, 14-22.