

## ANALISIS PERBANDINGAN KESTABILAN LERENG DENGAN METODE SOIL NAILING DAN BATU KALI PADA PROYEK JALAN LINTAS SELATAN LOT 6A

Rifqi Riftyan Pranaya<sup>1</sup>, Mohamad Zenurianto<sup>2</sup>, Supiyono<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

[rifqipr4n4y4@gmail.com](mailto:rifqipr4n4y4@gmail.com), [mzenurianto@polinema.ac.id](mailto:mzenurianto@polinema.ac.id), [supiyono@polinema.ac.id](mailto:supiyono@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Perkuatan lereng sangat penting dalam menjaga kestabilan dan meningkatkan kekuatan lereng untuk mencegah erosi dan longsor, sehingga menjaga infrastruktur tetap aman. Pada proyek Jalan Lintas Selatan Lot 6A di STA 1+675 dan 1+750 L, ketidakstabilan lereng akibat adanya tanah lempung atau tanah berliat dengan pembengkakan dan penyusutan yang tinggi merupakan masalah yang signifikan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan angka keamanan dan mengevaluasi efektivitas soil nailing dan batu kali sebagai langkah-langkah stabilisasi lereng. Penelitian ini mengatasi beberapa pertanyaan utama, termasuk angka keamanan lereng tanpa adanya perkuatan, biaya dan metode pemasangan soil nailing dan batu kali, serta angka keamanan yang dicapai setelah menerapkan teknik-teknik ini. Data sekunder yang digunakan meliputi data geometri (tinggi dan lebar lereng), data teknis (tinggi puncak dan kapasitas), dan data parameter tanah (hasil uji geser dan karakteristik tanah), HSPK Tulungagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor keamanan stabilitas lereng pada STA 1+675 dengan gempa adalah 0,801. Pada STA 1+750, faktor keamanan dengan gempa adalah 0,635. Analisis stabilitas dengan perhitungan manual menghasilkan faktor keamanan untuk STA 1+675 dengan gempa sebesar 0,838. Untuk STA 1+750, faktor keamanan dengan gempa adalah 0,582. Dalam penelitian keamanan stabilitas lereng menggunakan perkuatan soil nailing, Pada kondisi gempa, faktor keamanan adalah 1,454 (STA 1+675) dan 1,307 (STA 1+750). Menggunakan program roscience slide, perkuatan soil nailing memberikan faktor keamanan kondisi gempa, faktor keamanan adalah 1,165 (STA 1+675) dan 1,171 (STA 1+750). Dalam perkuatan dinding penahan tanah batu kali, faktor keamanan momen geser rata-rata adalah 1,58 (STA 1+675) dan 1,58 (STA 1+750), serta faktor keamanan guling rata-rata adalah 5,1 (STA 1+675) dan 4,22 (STA 1+750). Pada perkuatan soil nailing didapatkan harga sebesar Rp 1.115.240.574 pada STA 1+675 dan pada STA 1+750 didapatkan harga sebesar Rp5.126.574.096 sedangkan batu kali pada STA 1+675 didapatkan harga sebesar Rp. 1.669.576,828 dan pada STA 1+750 didapatkan harga sebesar Rp. 4.334.050,075 dan dari segi durasi, soil nailing didapatkan durasi 37 hari di STA 1+675 dan 42 hari pada STA 1+750 dan untuk batu kali durasi yang didapatkan adalah 44 hari di STA 1+675 dan 52 hari pada STA 1+750

**Kata kunci:** kestabilan lereng; soil nailing; batu kali; faktor keamanan; RAB.

### ABSTRACT

*Slope reinforcement is crucial in maintaining stability and enhancing the strength of slopes to prevent erosion and landslides, thereby ensuring the safety of infrastructure. In the Southern Crossroad Project Lot 6A at STA 1+675 and 1+750 L, slope instability due to clayey soil or silty soil with high swelling and shrinkage is a significant issue. The aim of this research is to determine the safety factor and evaluate the effectiveness of soil nailing and riprap as slope stabilization measures. This research addresses several main questions, including the slope's safety factor without any reinforcement, the cost and installation methods of soil nailing and riprap, and the safety factor achieved after implementing these techniques. Secondary data used includes geometry data (slope height and width), technical data (peak height and capacity), and soil parameter data (shear test results and soil characteristics) from HSPK Tulungagung. The results of the research show that the slope stability safety factor at STA 1+675 during seismic activity is 0.801. At STA 1+750, the safety factor during seismic activity is 0.635. Stability analysis with manual calculations yields a safety factor of 0.838 for STA 1+675 during seismic activity. For STA 1+750, the safety factor during seismic activity is 0.582. In the slope stability research using soil nailing reinforcement, under seismic conditions, the safety factor is 1.454 (STA 1+675) and 1.307 (STA 1+750). Using the roscience slide program, soil nailing reinforcement provides a safety factor under seismic conditions of 1.165 (STA 1+675) and 1.171 (STA 1+750). In the*

riprap retaining wall reinforcement, the average shear moment safety factor is 1.58 (STA 1+675) and 1.58 (STA 1+750), and the average overturning safety factor is 5.1 (STA 1+675) and 4.22 (STA 1+750). The cost of soil nailing reinforcement is Rp 1,115,240,574 at STA 1+675 and Rp 5,126,574,096 at STA 1+750, while the cost of riprapp at STA 1+675 is Rp 1,669,576,828 and Rp 4,334,050,075 at STA 1+750. As for the duration, soil nailing requires 37 days at STA 1+675 and 42 days at STA 1+750, while riprapp requires 44 days at STA 1+675 and 52 days at STA 1+750.

**Keywords:** slope stability; soil nailing; rock revetment; safety factor; cost.

## 1. PENDAHULUAN

Perkuatan lereng adalah aspek krusial dalam proyek jalan, karena mempengaruhi topografi dan kestabilan lingkungan. Lereng dapat menyebabkan bahaya seperti longsor, erosi, dan kerusakan infrastruktur. Oleh karena itu, perkuatan diperlukan untuk mencegah erosi dan longsor yang dapat merusak infrastruktur. Setiap proyek menghadapi tantangan dengan kualitas tanah yang berbeda-beda, sehingga perlakuan khusus diperlukan untuk setiap perkuatan lereng. Metode perkuatan tanah menjadi pilihan yang baik untuk lereng di sisi jalan karena mengurangi gangguan lalu lintas dibandingkan metode konvensional lainnya.

Proyek JLS Lot 6A di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur, membutuhkan perkuatan lereng pada beberapa titik, khususnya pada kelongsoran lereng STA 1+675 - 1+750. Kelongsoran ini disebabkan oleh tanah lempung, yaitu tanah berbutir halus dengan sifat kembang susut.

Penyelesaian permasalahan ini memerlukan perbandingan antara soil nailing dan batu kali. Soil nailing adalah perkuatan kaku dengan baja tulangan yang ditekan atau dibor ke lereng, kemudian dilapisi dengan semen. batu kali adalah pemasangan batu untuk menahan slope dan mencegah kelongsoran dan erosi.

Dalam proyek ini, pemilihan metode perkuatan yang tepat sangat penting untuk menjaga kestabilan lereng dan keselamatan infrastruktur.

## 2. METODE

Proyek Pembangunan Jalan Lintas Selatan Lot 6A: Pantai Sine – Batas Kab. Blitar 1 adalah proyek pembangunan jalan dan jembatan guna sarana akomodasi yang terletak di Sine – Pucang Laban, Kab. Tulungagung, Jawa Timur. Lokasi spesifik lereng yang digunakan sebagai objek adalah pada STA 1+675 dan STA 1+750.

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data berupa data kestabilan lereng sebelum perkuatan, data setelah perkuatan soil nailing dan perkuatan batu kali menggunakan metode perhitungan manual dan *rosience slide*, menentukan nilai faktor keamanan lereng, membuat rencana penjadwalan dan RAB pekerjaan perkuatan batu kali dan soil nailing. Adapun beberapa data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah:



**Gambar 1.** Bagan Alir

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data berupa data kestabilan lereng sebelum perkuatan, data setelah perkuatan soil nailing dan perkuatan batu kali, menentukan nilai faktor keamanan lereng, membuat rencana penjadwalan dan RAB pekerjaan perkuatan batu kali dan soil nailing. Adapun beberapa data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Data geometri lereng
- 2) Data teknik tanah (daya tamping dan tinggi puncak)
- 3) Data parameter tanah dari laboratorium proyek
- 4) Data HSPK Kota Tulungagung

Berikut merupakan gambaran objek penelitian yaitu lereng pada STA 1+675 dan STA 1+750.



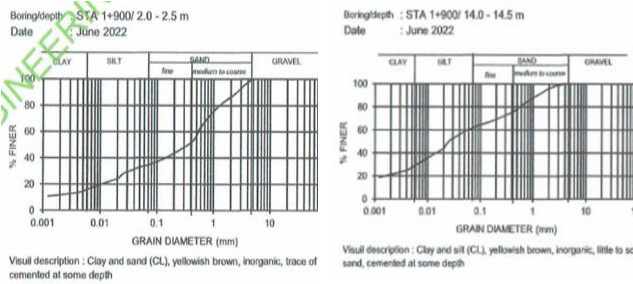
Gambar 2. Foto Lokasi Studi (STA 1+675 dan 1+750)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari metode di atas dan dari perhitungan manual dan *rocscience slide* maka didapatkan hasil pengolahan data sebagai berikut.

#### Klasifikasi Tanah

Pada STA 1+900 tipe tanah yang didapatkan adalah tipe pasir dan lempung. Pengujian distribusi ukuran butiran (*Grain Size Analysis*) di laboratorium didapatkan hasil kurva distribusi ukuran butiran untuk jenis tanah pada kedalaman 2,0-2,5 m dan 14,0-14,5 m sebagai berikut.



Gambar 3. Kurva Distribusi Ukuran Butiran Kedalaman 2,0-2,5 m dan 14,0-14,5 m

Berat isi tanah juga dihitung, dimana diketahui nilai kadar air ( $w$ ) untuk kedalaman 2,0-2,5 m adalah 19% dan kedalaman 14,0-14,5 m adalah 26%. Sehingga secara berturut-turut didapatkan berat isi tanah yaitu  $18,50 \text{ kN/m}^3$  dan  $17,90 \text{ kN/m}^3$ .

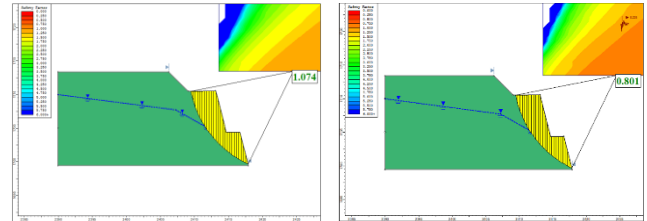
Nilai kuat geser tanah bagian *top soil* memiliki nilai kohesi efektif ( $c'$ ) sebesar 17,651 kPa, sedangkan untuk sudut geser dalam efektif ( $\phi$ ) yaitu  $33^\circ$  didapatkan dari pengujian laboratorium *shear test*.

Lalu untuk nilai kuat geser lapisan *hard rock* bernilai kohesi efektif 53,936 kPa, sedangkan untuk sudut geser dalam efektif ( $\phi$ ) yaitu  $6^\circ$  didapatkan dari laboratorium *triaxial test*.

#### Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Pada kondisi tanpa gempa ini untuk analisis stabilitas lereng STA 1+675 tanpa perkuatan menggunakan program *rocscience slide* di dapatkan nilai faktor keamanan sebesar  $1,074 < 1,5$  (faktor ijin), sehingga lereng tersebut belum stabil dan berpotensi terjadi kelongsoran. Sedangkan pada kondisi gempa ini untuk analisis stabilitas lereng STA 1+675

tanpa perkuatan menggunakan program *rocscience slide* di dapatkan nilai faktor keamanan sebesar  $1,074 < 1,1$  (faktor ijin), sehingga lereng tersebut belum stabil dan berpotensi terjadi kelongsoran.



Gambar 4. Permodelan STA 1+675 tanpa perkuatan kondisi tanpa dan saat gempa

Selain menggunakan aplikasi *rocscience slide*, dilakukan juga perhitungan secara manual dengan metode Fellenius. Berdasarkan prosedur irisan diulang sampai semua irisan membentuk bidang longsor kemudian nilai faktor keamanan dihitung dengan metode Fellenius (tanpa beban gempa) didapatkan 1,011 ( $FK < 1,5$ ) sehingga belum stabil.

$$FK = \frac{\sum(c \times l + (W \cos \alpha - u.l) \tan \theta)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$FK = \frac{17,650 \times 14,232 + (403,814 - 102,607) \tan 33}{443,092}$$

$$FK = 1,011$$

Pada cara perhitungan yang sama untuk metode Fellenius lereng (dengan beban gempa) didapatkan 0,838 ( $FK < 1,5$ ) sehingga belum stabil.

$$FK = \frac{\sum(c \times l + (W \cos \alpha - u.l) \tan \theta)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$FK = \frac{17,650 \times 14,232 + (403,814 - (102,607 + 99,471)) \tan 33}{(443,092 + 90,858)}$$

$$FK = 1,011$$

#### Analisis Stabilitas Lereng dengan Soil Nailing

Setelah dilakukan perhitungan manual dan menggunakan software *rocscience slide* pada lereng tanpa perkuatan, berikut adalah perhitungan manual soil nailing pada STA 1+675 :

- Perhitungan berat massa tanah longsor

$$W = A \times \gamma$$

$$W1 = 18,150 \times 20,919 = 379,680 \text{ kN}$$

$$W2 = 18,150 \times 11,232 = 203,863 \text{ kN}$$

$$W_{total} = 583,542 \text{ kN}$$

Dimana:

$$h = \text{Luas Penampang}$$

$$\gamma = \text{Berat Jenis Tanah}$$

- Perhitungan tanah longsor

$$L_f = H / \sin \alpha$$

$$L_f 1 = 6,121 / \sin 65^\circ = 6,754 \text{ m}$$

$$L_f 2 = 4,727 / \sin 38^\circ = 7,678 \text{ m}$$

$$L_f \text{ total} = 14,432 \text{ m}$$

Dimana :

$$L_f = \text{Base Length}$$

$\alpha$  = Sudut Inklinasi

• Hitung Daya dukung Tarik tulangan

$$R_n = F_y \times A_s \text{ Tul}$$

$$= 420 \times (0,25 \times 3,14 \times 32^2) / 1000$$

$$= 337,784 \text{ kN}$$

$$R_c = 0.5 \times R_n$$

$$= 168,892 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{R_n}{2^2 \sqrt{1 + \tan^2(90 - (\alpha_{rata-rata} + i))}}$$

$$= \frac{337,784}{2^2 \sqrt{1 + \tan^2(90 - (51,5 + 10))}}$$

$$= 114,409 \text{ kN}$$

• Gaya Tarik Ijin Tulangan

$$T = 4 \times V \times \tan(90 - (\alpha + i))$$

$$= 4 \times 114,409 \times \tan(90 - (51,5 + 10))$$

$$= 248,478 \text{ kN}$$

• Gaya Geser Ijin Tanah

$$P_u = (C_1 \times H + C_2 \times D) \gamma \times H$$

$$= (2,500 \times 10,848 + 3,100 \times 0,032) 18,150 \times 10,848$$

$$= 5365,149 \text{ kN}$$

$$P_i = C_3 \times D \times \gamma \times H$$

$$= 40,000 \times 0,032 \times 18,150 \times 10,848$$

$$= 248,825 \text{ kN}$$

Nilai Koefisien C1, C2 dan C3 diambil dari Gambar dan diambil Pu terkecil = 248,825 kN.

$$P_p = P_u / 2$$

$$= 248,825 / 2$$

$$= 124,412 \text{ kN}$$

$$L_o = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K_s D}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{4 \times 339000000 \times 4,90874 \cdot 10^{-6}}{24000 \times 0,1}}$$

$$= 1,290$$

Persamaan diatas menggunakan parameter-parameter sebagai berikut :

E = modulus elastisitas baja = 3,39 x 10<sup>8</sup> kN/m<sup>2</sup>

I = momen inersia penampang nail bar

$$= \pi r^4 / 64 = \frac{\pi \times 0,032^4}{64} = 4,90874 \times 10^{-6}$$

D = 0,1 m

= (Diameter nail bar + Diameter grouting = Diameter lubang bor)

Ks = 24000

Vs = Pp x  $\frac{D}{2}$  Lo

$$= 124,412 \times \frac{0,1}{2} \times 1,290$$

$$= 8,624 \text{ kN} < V_n = 119,594$$

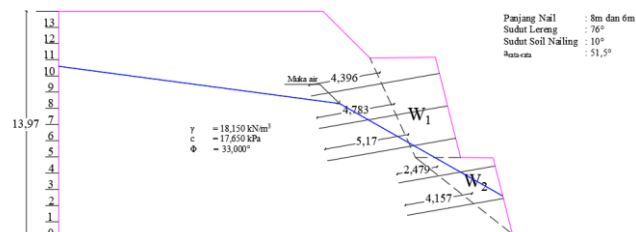
Karena Vs < Vn, maka gaya geser ijin global (Vmax) yang digunakan sebesar 8,028 kN, maka gaya tarik ijin dari nail bars harus dikoreksi menjadi sebagai berikut:

$$\frac{V_{max}^2}{R_c^2} + \frac{T_{max}^2}{R_n^2} = 1$$

$$\frac{8,028^2}{168,892^2} + \frac{T_{max}^2}{337,784^2} = 1$$

Maka didapatkan Tmax = 337,402 kN

• Panjang Le



Gambar 5. Panjang Le Soil Nailing STA 1+675

Nilai coba-coba harus sama dengan nilai hasil perhitungan akhir. Analisis pada perhitungan ini digunakan asumsi SF sebesar 2,158.

$$f_{max} = 130 \text{ kN/m}^2$$

$$T_1 = \frac{\pi D L_e f_{max}}{SF}$$

$$= \frac{\pi \times 0,1 \times 4,396 \times 130}{2,158}$$

$$= 83,195 \text{ kN}$$

Tabel 1. Perhitungan manual Le, T, V STA 1+675

No. nail	Hi (m)	Le (m)	T (kN)	V (kN)
1	1,0	4,396	83,195	8,028
2	3,0	4,783	90,520	8,028
3	5,0	5,170	97,844	8,028
4	0,5	2,479	46,916	8,028
5	2,5	4,157	78,672	8,028
Total			397,147	40,138

• Gaya tarik total dari nail bar (per unit panjang tegak lurus bidang)

$$\Sigma T_1 = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_n}{Sh}$$

$$= \frac{83,195 + 90,520 + 97,844 + 46,916 + 78,672}{2}$$

$$= 198,573 \text{ kN}$$

• Gaya geser ijin total pada nail bar (per unit panjang tegak lurus bidang)

$$\Sigma V_1 = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{Sh}$$

$$= \frac{8,028 + 8,028 + 8,028 + 8,028 + 8,028}{2}$$

$$= 20,069 \text{ kN}$$

Nilai faktor keamanan yang didapatkan adalah sebesar 2,158 karena nilai yang didapatkan sesuai asumsi awal maka asumsi dianggap benar. Nilai FK sebesar 2,158 lebih besar daripada 1,5 sehingga dianggap aman.

• Faktor keamanan keruntuhan global kondisi gempa

$$N_e = kh \cdot W_{total} \sin \alpha$$

$$= 0,225 \times 583,542 \sin 51,5^\circ$$

$$= 102,754 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} T_e &= kh \cdot W_{total} \cos \alpha \\ &= 0,225 \times 583,542 \cos 51,5^\circ \\ &= 81,734 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi, faktor keamanan kondisi gempa didapatkan yaitu sebesar 1,454 yang berarti lereng aman dan stabil dikarenakan lebih dari faktor keamanan ijin yaitu 1,1. Selanjutnya adalah analisis stabilitas lereng terhadap gaya geser yang terjadi sebagai berikut:

- Koefisien tekanan tanah lateral aktif dan pengaruh kohesi

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\ &= \tan^2\left(45 - \frac{33}{2}\right) \\ &= 0,295 \end{aligned}$$

- Tekanan tanah aktif total di belakang zona perkuatan per lapisan

$$\begin{aligned} P_{a1} &= \frac{\gamma_1 + H_1^2}{2} \times K_{a1} \\ &= \frac{18,150 + 13,732^2}{2} \times 0,295 \\ &= 504,479 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- Pengaruh adanya kohesi

$$\begin{aligned} \text{Lapis 1} &= -2 \times c \sqrt{K_{a1}} \\ &= -19,166 \end{aligned}$$

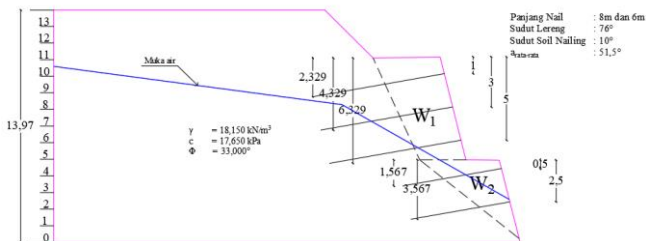
- Faktor aman terhadap penggeseran

$$\begin{aligned} W &= \text{Luas} \times \gamma_1 \\ &= 113,450 \times 18,150 \\ &= 2059,116 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, faktor keamanan didapatkan yaitu sebesar 2,882 Selanjutnya adalah analisis internal terhadap putus pencabutan tulangan, data yang digunakan adalah sebagai berikut:

Pada perkuatan pertama nail ke – 1.

Panjang nail	= 8 meter
Jarak vertikal antar nail	= 2 meter
Ultimate bond strength (qu)	= 130 kN/m <sup>2</sup> (Tabel)
Diameter lubang bor (Ddh)	= 0.1 meter



**Gambar 6.** Model lereng untuk putus dan cabut tulangan STA 1+675

- Koefisien tekanan tanah lateral aktif

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \text{tg}^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\ &= 0,295 \end{aligned}$$

- Tegangan horizontal

$$\begin{aligned} \sigma_{h1} &= K_a \times \gamma \times z \\ &= 0,295 \times 18,150 \times 2,329 \\ &= 12,462 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Angka keamanan terhadap putus tulangan tiap nail

$$\begin{aligned} F_r &= \frac{(0,25 \times \pi \times d^2 \times f_y)}{1000} \\ &= \frac{\sigma_h \times s_v \times s_h}{1000} \\ &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times 25^2 \times 520)}{1000} \\ &= 12,462 \times 2 \times 2 \\ &= 6,776 > 1,5 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

- Angka keamanan terhadap cabut tulangan

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{\pi \times q_u \times D_{dh} \times L_{p1}}{\sigma_{h1} \times s_v \times s_h} \\ &= \frac{3,14 \times 130 \times 0,1 \times 4,396}{12,462 \times 2 \times 2} \\ &= 3,602 > 1,5 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan manual ini, didapatkan FS sebesar 2,158 yang berarti aman karena sudah di atas 1,5 yang merupakan minimal untuk sebuah kekuatan lereng supaya tidak longsor.

### Analisis Stabilitas Lereng dengan Batu Kali

Pertama-tama ialah menentukan dimensi untuk luas, tinggi dan jarak ke titik nol pada setiap segmen dinding penahan tanah gravitasi batu kali. Setelah kita menemukan luas, tinggi dan jarak ke titik 0 kita dapat memperhitungkan berat dan momen terhadap titik nol pada dinding penahan tanah batu kali tersebut.

- Berat dan momen terhadap titik nol (Mr)

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{Luas} \times \gamma_{\text{batu kali}} \\ &= 38,4976 \times 22,000 \\ &= 846,950 \end{aligned}$$

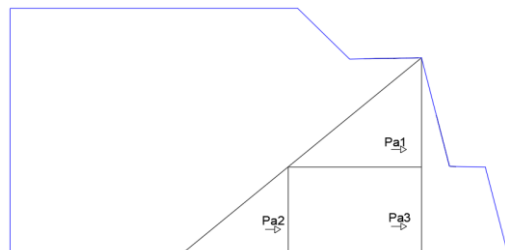
$$\begin{aligned} M_{r1 \text{ tot.}} &= W \times r \times \text{panjang lereng} \\ &= 846,95 \times 2,23 \times 25 \\ &= 47217,310 \end{aligned}$$

- Perhitungan tanah lateral

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\ &= 0,295 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a1 \text{ tot.}} &= \frac{\gamma_1 + H_1^2}{3} \times K_{a1} \times \text{panjang lereng} \\ &= \frac{18,150 + 4,28^2}{3} \times 0,295 \times 25 \\ &= 5195,600 \end{aligned}$$

Pa = Ph karena lereng tersebut mendatar per slopenya maka tekanan yang ditimbulkan hanya tekanan horizontal.



**Gambar 7.** Diagram gaya STA 1+675

$$\begin{aligned} \text{Mpa}\Delta_{\text{tot}} &= H \times \frac{Pa}{3} \times \text{panjang lereng} \\ &= 4,28 \times \frac{207,82}{3} \times 25 \\ &= 7412,390 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mpa}\Delta_{\text{tot}} &= H \times \frac{Pa}{2} \times \text{panjang lereng} \\ &= 6,85 \times \frac{419,68}{2} \times 25 \\ &= 35934,840 \end{aligned}$$

Mpa = Mph karena lereng tersebut mendatar per slopenya maka tekanan yang ditimbulkan hanya tekanan horizontal.

• Faktor keamanan momen geser lereng

$$\begin{aligned} \text{Fgs}_1 &= \frac{(\Sigma w \cdot \tan \phi) + (c \times b)}{\Sigma Ph} \\ &= \frac{(846,95 \times \tan 33) + (17,65 \times 9) \times 25}{207,82 \times 25} \\ &= 1,61 \end{aligned}$$

• Faktor keamanan momen guling lereng

$$\begin{aligned} \text{Fgl}_1 &= \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} \\ &= \frac{513,43 \times 25}{269,17 \times 25} \\ &= 6,4 \end{aligned}$$

#### Rencana Anggaran Biaya

Biaya yang dibutuhkan untuk perkuatan soil nailing pada STA 1+675 adalah Rp 1.115.240.574 sedangkan untuk batu kali adalah Rp 1.669.576.828. Selanjutnya untuk perkuatan soil nailing pada STA 1+750 adalah Rp 5.126.574.096 sedangkan untuk batu kali adalah Rp 6.074.331.904.

#### Penjadwalan Pekerjaan

Pada pekerjaan lereng STA 1+675 menggunakan soil nailing direncanakan selama 37 hari, sedangkan untuk batu kali direncanakan 44 hari. Selain itu pada lereng STA 1+750 menggunakan menggunakan soil nailing direncanakan selama 46 hari, sedangkan untuk batu kali direncanakan 51 hari.

#### 4. KESIMPULAN

Berikut adalah hasil dari penelitian yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Hasil dari penelitian menunjukkan analisis kestabilan lereng menggunakan perhitungan manual :
  - STA 1+675 : tanpa gempa 1,011, dengan gempa 0,838
  - STA 1+750 : tanpa gempa 0,790 dengan gempa 0,582

Analisis *rocscience slide* :

  - STA 1+675 : tanpa gempa 1,074, dengan gempa 0,801
  - STA 1+750 : tanpa gempa 0,785 dengan gempa 0,635
- 2) Hasil dari penelitian kestabilan lereng menggunakan *soil nailing* manual didapatkan hasil sebagai berikut :
  - a. Tanpa gempa
    - STA 1+675 : 2.158
    - STA 1+750 : 2.019
  - b. Dengan gempa

• STA 1+675 : 1,454

• STA 1+750 : 1,307

Hasil dari penelitian kestabilan lereng menggunakan *soil nailing rocscience slide* didapatkan hasil sebagai berikut :

c. Tanpa gempa

• STA 1+675 : 1,829

• STA 1+750 : 1,625

d. Dengan gempa

• STA 1+675 : 1,165

• STA 1+750 : 1,171

Hasil dari perhitungan dinding penahan batu kali didapatkan kekuatan sebagai berikut :

• STA 1+675 : 1,7

• STA 1+750 : 1,66

- 3) Perbandingan harga pada STA 1+675 didapatkan harga sebesar Rp 1.115.240.574 dan pada STA 1+750 didapatkan harga sebesar Rp5.126.574.096 sedangkan untuk perkuatan batu kali pada STA 1+675 didapatkan harga sebesar Rp. 1.669.576.828 dan pada STA 1+750 didapatkan harga sebesar Rp. 4.334.050,075
- 4) Perbandingan durasi didapatkan durasi pekerjaan selama 37 hari untuk STA 1+675 dan 46 hari pada STA 1+750. Untuk pekerjaan dinding penahan tanah batu kali didapatkan durasi pekerjaan selama 44 hari pada STA 1+675 dan 51 Hari pada STA 1+750.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caffieri, J. J., Love, P. E. D., Whyte, A., & Ahiaga-Dagbui, D. D. (2018). *Planning for production in construction: controlling costs in major capital projects*. *Production planning & control*, 29(1), 41–50.
- [2] Djunaedi, R. R. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Studi Kasus: SDN Lio, Kecamatan Cireunghas). *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(1), 55–64.
- [3] Endayanti, M., & Marpaung, K. (2019). Analisis Perkuatan Lereng Dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Di Skyland Jayapura Selatan. *JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL*, 8(1), 22–35.
- [4] Fauzi, A. N. (2012). Analisis Tegangan-Perpindahan dan Faktor Keamanan (SF) Pada Lereng Miring Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Plaxis 8.2 Stress-Deformation and Safety Factor (SF) Analysis on Slope With Soil Nailing Reinforcement Using Plaxis 8.2.
- [5] Hoek, E., & Bray, J. D. (1981). *Rock slope engineering*. CRC press.
- [6] Indonesia, S. N. (2017). Persyaratan perancangan geoteknik. SNI, 8460, 2017.

- [7] Kumalasari, V. (2012). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope.
- [8] Lazarte, C. A., Baecher, G. B., & Withiam, J. L. (2003). *New directions in LRFD for soil nailing design and specifications*. Dalam Limit State Design In Geotechnical Engineering Practice: (With CD-ROM). World Scientific.
- [9] Maengko, D. B., Tjakra, J., & Arsjad, T. T. (2022). Metode Pelaksanaan Soil Nailing (Pasak Tanah) Pada Pekerjaan Penanganan Longsoran Sampiro Bolaang Mongondow Utara. TEKNO, 20(80).
- [10] Nurrohman, I. (2016). Analisis Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi pada Lereng di desa Sumbersari, Tirtomoyo, Wonogiri.
- [11] Pradhana, R. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis, Daerah Istimewa Yogyakarta) *Analysis Of Slope Stability With Geotextile Reinforcement (Case Study: Code Riverbank, District Jetis, Special Region Of Yogyakarta)*.
- [12] Ramadhani, S. (2010). Perencanaan Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit BTN Teluk Palu Permai. SMARTek, 8(1).
- [13] Riogilang, H., Pontororing, C., & Mekel, A. (2014). Soil Nailing dan Anchor sebagai Solusi Aplikatif Penahan Tanah untuk Potensi Longsor di Sta 7+ 250 Ruas Jalan Manado-Tomohon. Jurnal Ilmiah Media Engineering, 4(2).