

PENGGUNAAN *COUNTERWEIGHT* DAN *SOIL NAILING* SEBAGAI ALTERNATIF PERKUATAN LERENG SUNGAI GANDONG MAGETAN JAWA TIMUR PASCA LONGSOR

Rina Zusianti¹, Luthfi Amri Wicaksono¹, Paksitya Purnama Putra^{1,*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember, Jember, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding authors: paksitya.putra@unej.ac.id

Submitted: 27 July 2022, Revised: 7 September 2022, Accepted: 17 September 2022

ABSTRACT: The landslide occurred on the slopes of the Gandong Magetan River. The location of the river in the middle of the city caused landslides to almost reach people's homes. Efforts should to be made to improve slope stability so that it is safe against landslides. Slope stability analysis uses the LEM (Limit Equilibrium Method) with the Geoslope program. The results of the analysis of the slope stability of the existing conditions get the value of the safety factor of 0.379. Alternative reinforcement that is planned is the manufacture of counterweight slopes. Planning of counterweight slope embankment as many as 4 levels with a height of 3 m each level. The results of the counterweight slope stability analysis get a safety factor value of 0.507. The critical area is at the top of the slope so that soil nailing reinforcement is added. The results of the counterweight slope stability analysis with soil nailing and gabion reinforcement obtained a safety factor value of 1.507. So that the slope reinforcement plan is safe against landslides.

KEYWORDS: counterweight; geoslope; landslide; safety factor; soil nailing.

ABSTRAK: Longsor terjadi di lereng Sungai Gandong Magetan. Lokasi sungai yang berada di tengah perkotaan mengakibatkan longsor hampir mencapai rumah warga. Perlu dilakukan upaya peningkatan stabilitas lereng agar aman terhadap longsor. Analisis stabilitas lereng menggunakan metode LEM (Limit Equilibrium Method) dengan program bantu Geoslope. Hasil analisis stabilitas lereng kondisi eksisting mendapatkan nilai faktor keamanan 0.379. Alternatif perkuatan yang direncanakan ialah pembuatan lereng counterweight. Perencanaan timbunan lereng counterweight sebanyak 4 tingkat dengan tinggi 3 m setiap tingkatnya. Hasil analisis stabilitas lereng counterweight mendapatkan nilai faktor keamanan sebesar 0.507. Area kritis berada pada bagian atas lereng sehingga ditambahkan perkuatan soil nailing. Hasil analisis stabilitas lereng counterweight dengan perkuatan soil nailing dan bronjong didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1.507. Sehingga perencanaan perkuatan lereng tersebut aman terhadap longsor.

KATA KUNCI: counterweight; geoslope; longsor; faktor keamanan; soil nailing.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1 PENDAHULUAN

Sungai Gandong yang terletak di Kecamatan Magetan, Kabupaten Magetan mengalami longsor pada bulan Januari 2021. Berdasarkan hasil *survey* yang disampaikan oleh pihak BBWS Bengawan Solo, ada 3 titik lokasi yang memerlukan penanganan di sepanjang Sungai Gandong. Lokasi tersebut berada di Jalan Thamrin, belakang masjid Agung Baitussalam dan di belakang Makam Ki Mageti. Longsor pertama di Jalan Thamrin terjadi pada tahun 2018, kemudian longsor kembali pada tahun 2020 dan longsor terakhir pada tahun 2021 yang berdampak pada lingkungan sekitar.

Lereng yang terjal dan hujan yang melanda diduga penyebab longsor ini terjadi. Faktor yang menyebabkan longsor terjadi ialah kemiringan lereng, pengaruh iklim, jenis dan sifat tanah, vegetasi dan faktor manusia (Nasiah & Invanni, 2014). Lokasi sungai yang berada di tengah perkotaan membuat bantaran sungai ini dihuni oleh pemukiman warga.

Longsor yang terjadi hampir mencapai rumah warga dan mulai mengikis badan jalan. Upaya penanganan untuk meningkatkan stabilitas lereng diperlukan untuk mencegah longsor kembali terjadi dan menimbulkan dampak lebih parah.

Wardani et al. (2018) melakukan penelitian mengenai perencanaan dinding penahan tanah untuk menangani kelongsoran di daerah Kediri. Penelitian ini merencanakan dinding penahan tanah menggunakan variasi terasering (*counterweight*) dan ditambahkan dengan bronjong. Hasil perencanaan yang aman terhadap kelongsoran ialah variasi terasering kombinasi 1/3H dan bronjong sebanyak 7 buah setinggi 2-3 m. Nilai faktor keamanan yang didapat ialah 1.541.

Saputro et al. (2017) melakukan penelitian mengenai stabilitas lereng terasering dan perkuatan setelah longsor di Kabupaten Wonogiri tahun 2007. Perbaikan lereng terasering ditambahkan dengan perkuatan bronjong. Dalam penelitian ini,

menganalisis pada kondisi sebelum dan setelah hujan dengan variasi kemiringan lereng, ketinggian setiap tingkat serta variasi dimensi bronjong. Diperoleh hasil yang maksimal pada kemiringan lereng 30° ditambahkan bronjong.

Yanto & K. (2017) melakukan penelitian terhadap perencanaan perkuatan lereng longsor di Kabupaten Pacitan. Desain yang direncanakan berbeda antara lereng atas dan bawah. Untuk lereng atas ditambahkan perkuatan *soil nailing* dengan variasi diameter *nail*. Sementara di lereng bawah ditambahkan dinding penahan tanah gravitasi dengan variasi dimensi DPT.

Ibrahim et al. (2021) melakukan penelitian mengenai alternatif penanganan longsor di Jalur Nasional Piket Nol, Lumajang. Perkuatan yang direncanakan ialah *soil nailing* yang ditambahkan pada lereng atas jalan maupun lereng bawah jalan. Didapatkan hasil dengan penambahan *soil nailing* mampu meningkatkan stabilitas lereng sehingga aman terhadap potensi longsor.

Analisis kestabilan lereng perlu dilakukan sebelum merencanakan perkuatan. Hal ini dikarenakan untuk melihat bidang gelincir dari lereng tersebut agar dapat dipilih jenis perkuatan yang akan digunakan (Hakim et al., 2021). Perencanaan lereng *counterweight* dengan penambahan *soil nailing* dapat digunakan sebagai alternatif dalam perkuatan lereng. Perkuatan tersebut memiliki keuntungan tersendiri dalam penggunaannya.

Tujuan dari studi ini ialah mengetahui nilai faktor keamanan lereng pada kondisi eksisting, merencanakan perkuatan lereng dengan penggunaan *counterweight* dan *soil nailing* yang dapat meningkatkan stabilitas lereng pada lokasi longsor lereng Sungai Gandong, Magetan, Jawa Timur.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi studi berada di lereng Sungai Gandong Jl. Thamrin, Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Kondisi setelah longsor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Longsor Sungai Gandong di Jl. Thamrin (Kompas, 2021)

2.2 Pengumpulan Data

Studi ini menggunakan data sekunder yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS-BBWS). Data yang diperoleh ialah data pengujian lapangan berupa data *boring* dan data SPT serta data geometri lereng. Dalam perhitungan analisis stabilitas menggunakan program *Geoslope* dibutuhkan data parameter tanah berupa nilai berat volume tanah (γ), besar sudut geser (ϕ) dan kohesi (c). Sehingga dari data SPT dilakukan korelasi berdasarkan Bowles (1984) menggunakan Tabel 1 yang menghasilkan nilai parameter yang dibutuhkan.

Tabel 1. Korelasi Berdasarkan Nilai SPT

Tanah Non Kohesif					
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
Keadaan	Sangat Lepas	Lepas	Medium	Padat	Sangat Padat
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Tanah Kohesif					
N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m ³)	14-16	16-18	16-18	16-20	18-23
qu (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Konsistensi	Sangat Lunak	Lunak	Medium	Kaku	Keras

Sumber: Bowles, 1984 dalam Suwarno & Wicaksono, 2019

2.3 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng diperlukan untuk mengetahui bidang longsor dari lereng, sehingga dapat direncanakan jenis perkuatan yang akan digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng

ialah geometri lereng, kondisi air tanah, sifat tanah, struktur geologi serta gaya yang bekerja pada lereng (Nurhidayat, 2016 dalam Saragih et al., 2021). Hasil analisis stabilitas lereng didapatkan dari pemodelan menggunakan program bantu *Geoslope*. Hal ini

digunakan untuk analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting maupun kondisi setelah adanya perkuatan. Pemodelan *Geoslope* yang digunakan ialah *slope/W* yang berguna untuk menganalisis stabilitas suatu lereng.

2.3.1 Terasering/Counterweight

Cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas lereng ialah merubah geometri lereng, menurunkan muka air tanah, memasang tiang-tiang dll (Hardiyatmo, 2003). Pengubahan geometri lereng yang dapat dilakukan ialah dengan pemotongan dan penimbunan pada area longsor (Alyazahari et al., 2022). Terasering (*counterweight*) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengurangi panjang lereng atau mengurangi kemiringan lereng sehingga lereng landai dengan cara penggalian atau penimbunan. Target pembuatan *counterweight* ini ialah untuk mengurangi kecepatan aliran dan memperluas daerah resapan air sehingga berkurangnya kehilangan tanah. Sukartaatmadja, 2004 dalam (Purnamasari et al., 2014). Perubahan geometri lereng merupakan salah satu metode perbaikan lereng yang relatif mudah dan murah. Akan tetapi, tergantung kondisi area lereng yang tersedia. (Yanto & K, 2017).

Parameter tanah yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng *counterweight* pada program *Geoslope* ialah nilai berat volume tanah (γ), besar sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) dari tanah timbunan.

2.3.2 Soil Nailing

Soil nailing merupakan perkuatan lereng menggunakan *nail bar* yang ditanam dalam dinding lereng dengan cara bor dan pada permukaannya diberikan beton semprot untuk memperkuat lereng (SNI 8640-2017; Anonim, 2017). Perkuatan ini dapat memperkecil gaya pendorong atau momen yang menyebabkan longsor (Pangemanan & Sompie, 2014).

Persyaratan teknik perencanaan *soil nailing* yang tercantum dalam SNI 8640 Tahun 2017 ialah sudut kemiringan berkisar antara 10°-20°, panjang *nail* berkisar antara 0.6H – 1.2H, jarak antar nail untuk *drilled and grouted soil nailing* sebesar 1.5 m dan diameter lubang bor berkisar antara 100 mm – 200 mm.

Parameter *soil nailing* yang dibutuhkan dalam program *Geoslope* untuk menganalisis stabilitas perkuatan ialah sudut kemiringan *nail*, jarak antar *nail*, kapasitas tarik baja, diameter bor, diameter *nail*, panjang *nail*.

Perhitungan kontrol stabilitas *soil nailing* dapat dihitung menggunakan persamaan 1, 2, 3, 4 dan 5 di bawah ini (Parshant A, & Mukherjee M., 2010 dalam Abdullah et al., 2021)

2.3.2.1 Stabilitas Eksternal

Kontrol perhitungan stabilitas eksternal meliputi kontrol stabilitas terhadap keruntuhan global (Persamaan 1), terhadap geser (Persamaan 2) dan terhadap daya dukung tanah (Persamaan 3).

$$FS = \frac{\Sigma(cL+N \tan \phi)}{\Sigma[(W \sin \alpha - Tn \cos(\alpha+i)) + (W Kh (\cos \alpha - \frac{hc}{R}))]} \dots\dots\dots (1)$$

$$FS = \frac{c.Be + (W+Q+PA \sin \delta) \tan \phi}{PA \cos \delta} \dots\dots\dots (2)$$

$$FS = \frac{c.Nc + 0,5\gamma Be N\gamma}{Heq.y} \dots\dots\dots (3)$$

2.3.2.2 Stabilitas Internal

Kontrol stabilitas internal *soil nailing* meliputi faktor aman terhadap putus tulangan (Persamaan 4) dan terhadap cabut tulangan (Persamaan 5).

$$FS = \frac{(\frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times f_y}{1000})}{\sigma_h.Sv.Sh} \dots\dots\dots (4)$$

$$FS = \frac{\pi.q_u D_b L_p}{\sigma_h.Sv.Sh} \dots\dots\dots (5)$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

3.1.1 Data Tanah

Data tanah hasil pengujian *boring* dan SPT yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo dapat ditunjukkan pada Tabel 2. Data tersebut menunjukkan deskripsi tanah pada kedalaman tertentu dan hasil nilai SPT per 2m.

Hasil pengujian *boring* didapatkan pada lereng tersebut memiliki kriteria tanah pasir kerikil. Dimana tanah ini merupakan tanah non kohesif yang mudah lepas. Lereng dapat mudah longsor dikarenakan proporsi pasir yang besar (Utomo et al., 2019). Data parameter tanah hasil korelasi SPT dapat dilihat pada Tabel 3. Data tersebut digunakan sebagai parameter masukkan pada program *Geoslope* untuk kondisi tanah eksisting.

3.1.2 Data Geometri Lereng

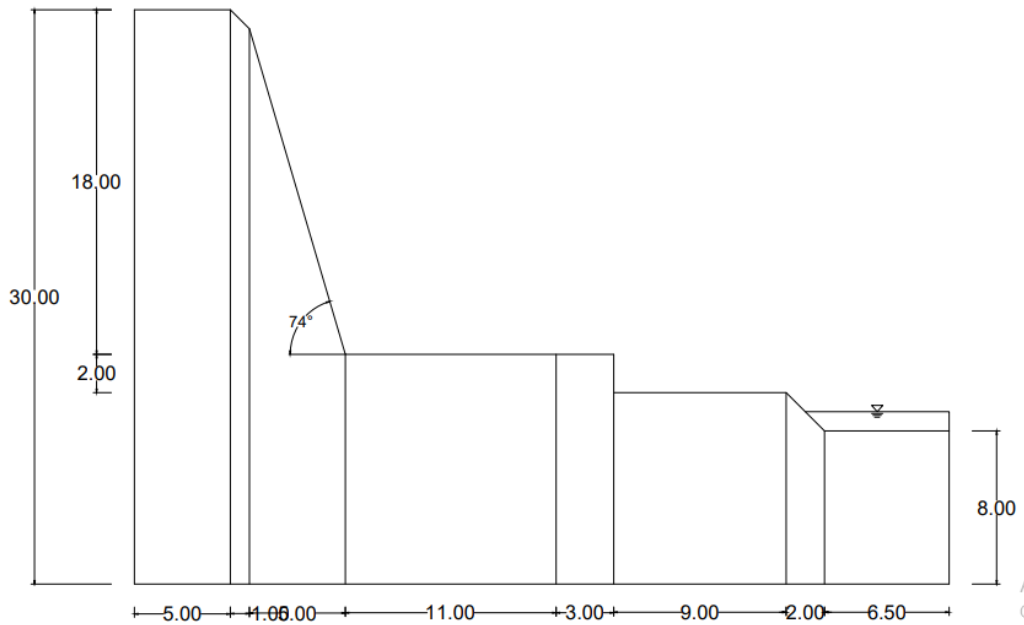
Data geometri penampang lereng setelah terjadinya longsor dapat dilihat pada Gambar 2 Didapatkan kemiringan lereng sebesar 74° dan memiliki ketinggian 18 m dari tanah dasar. Semakin tinggi lereng maka semakin mudah lereng tersebut longsor (Fanani et al., 2018). Dengan ketinggian lereng 18 m dan kemiringan yang curam sehingga lereng tersebut rawan akan longsor.

Tabel 2. Data Tanah Hasil Pengujian *Boring* dan SPT

Kedalaman	Deskripsi	N-SPT	NSPT				
			30	40	50	60	70
1	Pasir Kerikilan						
2	Lanau Pasir Kerikilan	40					
3	Pasir Kerikilan						
4	Lanau Pasiran	46					
5	Pasir Kerikilan						
6	Lanau Pasiran	60					
7							
8		60					
9							
10	Pasir Kerikilan	53					
11							
12		54					
13							
14		53					
15	Breksi Andesit						
16		60					
17							
18		60					
19							
20	Pasir Kerikilan	54					
21							
22		60					
23							
24		54					
25							
26		56					
27							
28	Pasir Kasar	47					
29							
30		54					

Tabel 3. Data Parameter Tanah Hasil Korelasi SPT

Kedalaman (m)	N-SPT	N'	γ kN/m ³	ϕ deg
0-2	40	27.5	17.47	34.95
2-4	46	30.5	18.11	36.21
4-6	60	37.5	17.37	33.42
6-8	60	37.5	17.37	33.42
8-10	53	34	16.63	31.58
10-12	54	34.5	16.74	31.84
12-14	53	34	16.63	31.58
14-16	60	37.5	17.37	33.42
16-18	60	37.5	17.37	33.42
18-20	54	34.5	16.74	31.84
20-22	60	37.5	17.37	33.42
22-24	54	34.5	16.74	31.84
24-26	56	35.5	16.95	32.37
26-28	47	31	16.00	30.00
28-30	54	34.5	16.74	31.84

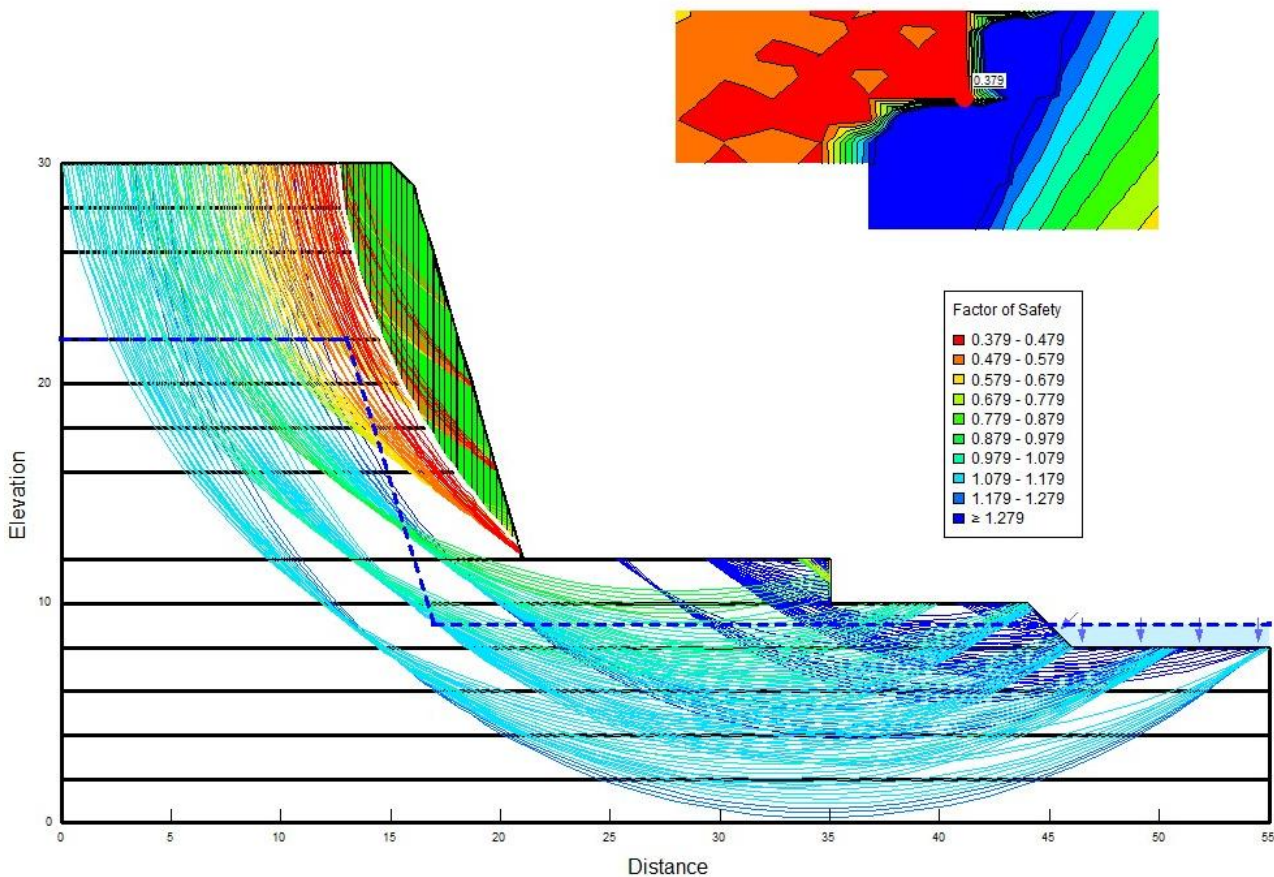


Gambar 2. Geometri Lereng

3.2 Analisis Stabilitas Lereng Eksisting

Hasil analisis stabilitas lereng kondisi eksisting menggunakan program bantu *Geoslope* diperlihatkan pada Gambar 3. Pada hasil tersebut, nilai faktor keamanan yang diperoleh sebesar 0.379. Nilai ini masih kurang dari 1.5 sehingga lereng tersebut belum

aman terhadap longsor. Area lereng yang memiliki nilai faktor keamanan paling rendah ditunjukkan pada Gambar 3 berada di area yang berwarna hijau. Area ini memiliki kemiringan yang curam sehingga rawan terhadap longsor. Perlu adanya perkuatan agar lereng tersebut aman terhadap longsor.

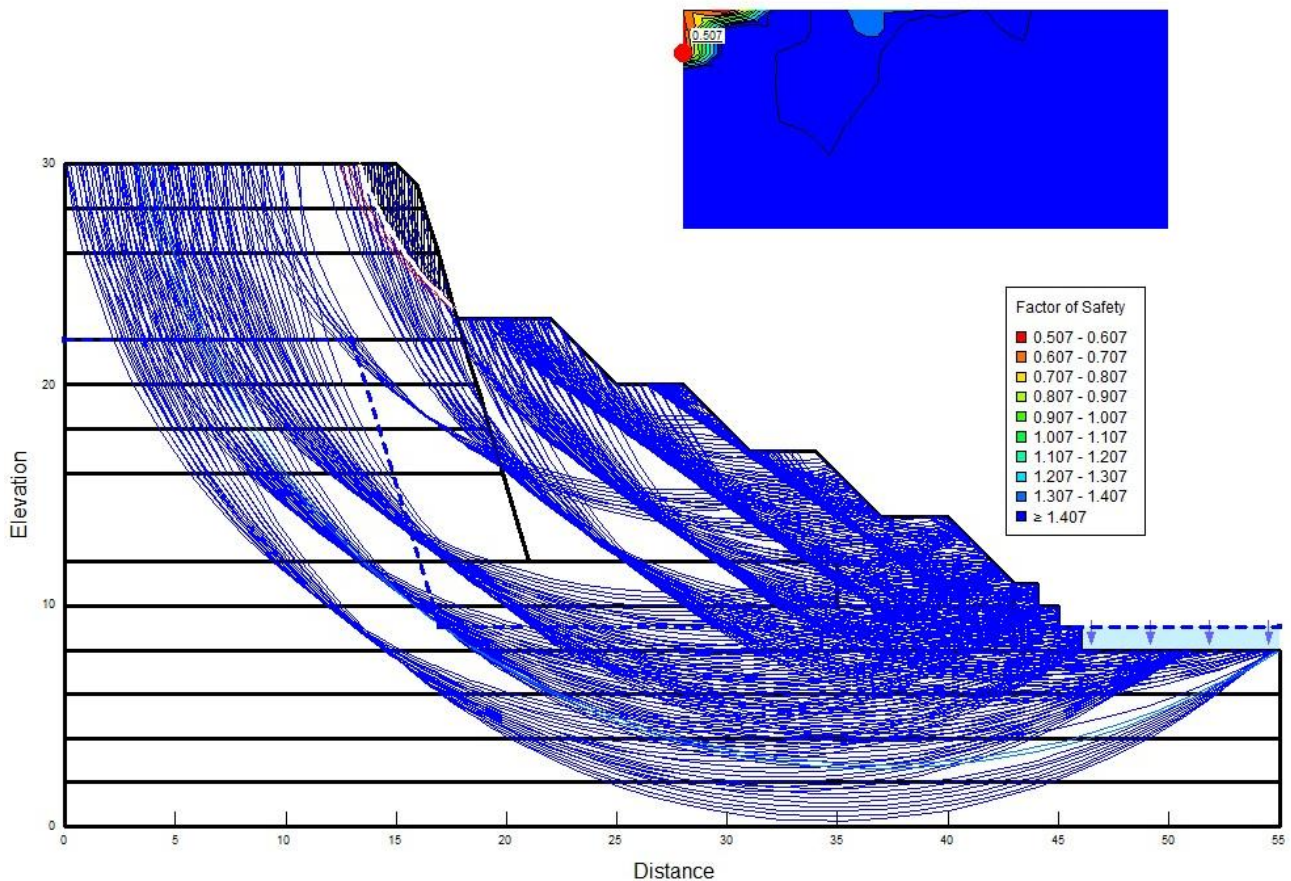


Gambar 3. Lereng Kondisi Eksisting

3.3 Analisis Stabilitas Lereng *Counterweight* dan *Soil Nailing*

Pengubahan geometri lereng eksisting dilakukan dengan cara penimbunan pada area depan lereng. Dengan tinggi total lereng ialah 20 m, digunakan *counterweight* 4 tingkat. Dimana setiap tingkatnya memiliki kemiringan 45° dan tinggi timbunan sebesar 3 m. Direncanakan pula bronjong setinggi 3 m didepan

lereng *counterweight*. Hal ini dikarenakan pada daerah tersebut dekat dengan aliran sungai. Dimana fungsi bronjong disini untuk menahan erosi dan gerusan dari air sungai pada kondisi muka air normal maupun banjir. Bronjong memiliki nilai permeabilitas yang tinggi (Toprak et al., 2016). Hasil analisis stabilitas lereng *counterweight* dan penambahan bronjong menggunakan program bantu *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 4.



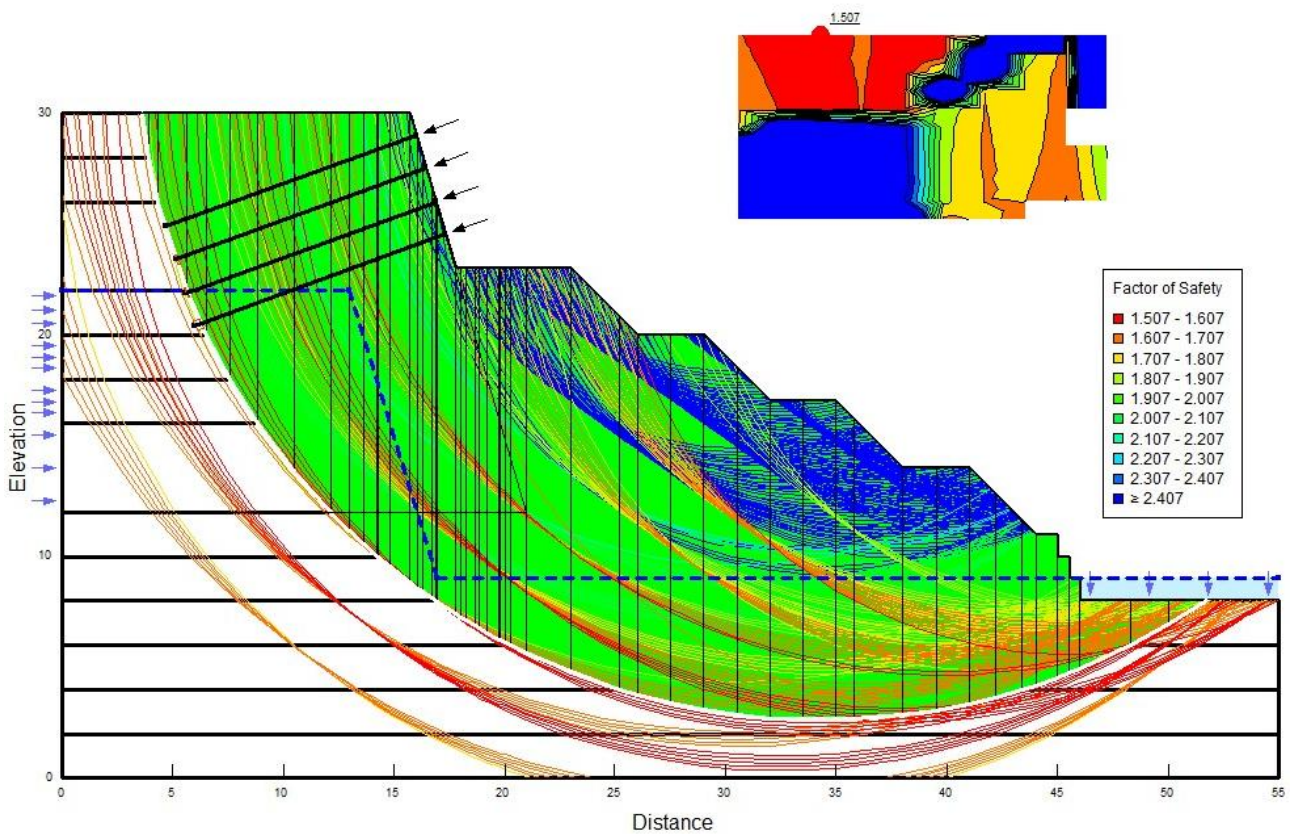
Gambar 4. Analisis Stabilitas Lereng *Counterweight* dengan Penambahan Bronjong

Berdasarkan hasil analisis stabilitas pada Gambar 4, nilai faktor keamanan menunjukkan hasil sebesar 0.507. Bidang kelongsoran yang terbentuk dari nilai faktor keamanan ini terletak di luar area timbunan *counterweight*. Dikarenakan nilai faktor keamanan masih kurang dari 1.5, maka diperlukan penambahan perkuatan berupa *soil nailing* pada area bidang longsor dengan nilai faktor keamanan 0.507 tersebut. *Soil nailing* digunakan sebagai tambahan perkuatan karena konstruksinya dapat dikerjakan pada semua jenis tanah, ekonomis dan waktu yang singkat (Sinarta, 2014). Parameter *soil nailing* yang digunakan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.

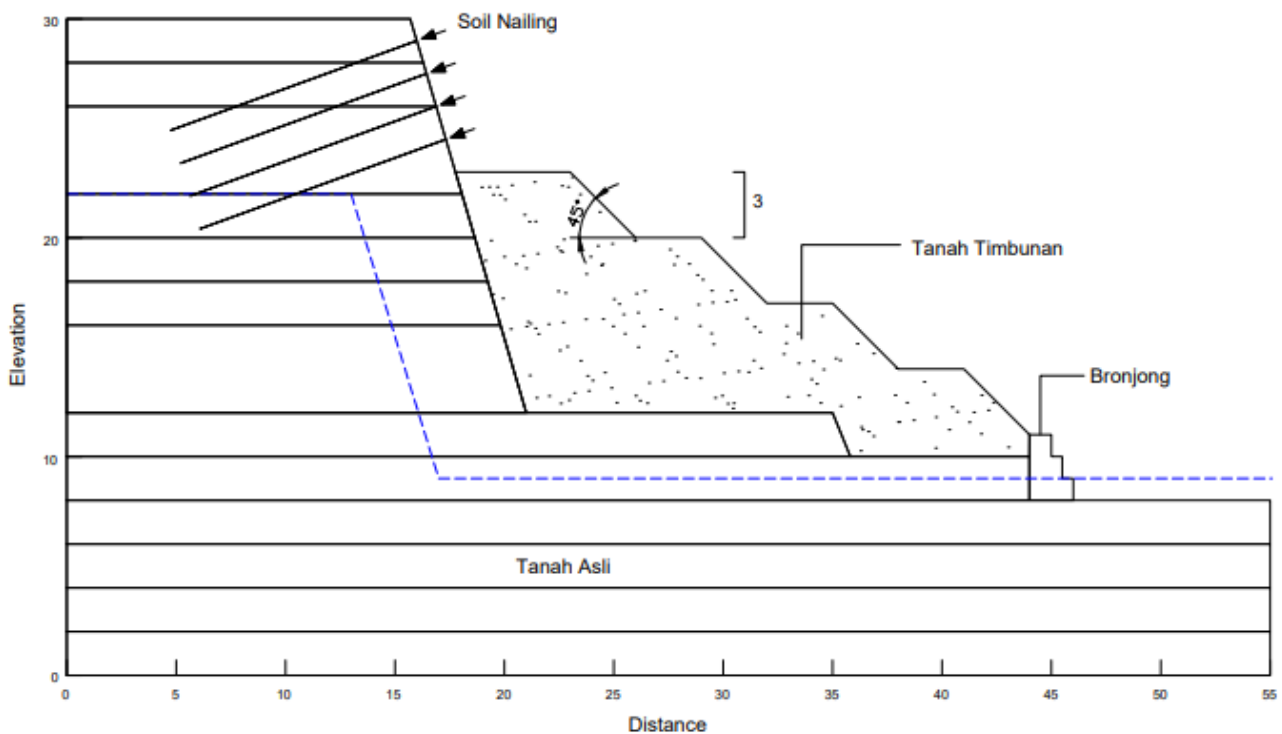
Hasil analisis stabilitas lereng *counterweight* dengan penambahan bronjong dan *soil nailing* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.

Tabel 4. Parameter Input *Soil Nailing*

Parameter	Nilai	Satuan
Tinggi Lereng	7	m
Panjang <i>Nail</i>	12	m
Sudut Kemiringan <i>Nail</i>	20	°
Fy	520	MPa
Diameter Bor	0.20	m
Diameter <i>Nail</i>	32	mm
Sv	1.5	m
Sh	1.5	m
Kapasitas Tarik	418.377	kN



Gambar 5. Analisis Stabilitas Lereng Counterweight dan Soil Nailing



Gambar 6. Perencanaan Perkuatan Lereng Counterweight dan Soil Nailing

Berdasarkan hasil analisis stabilitas yang ditunjukkan Gambar 5, nilai faktor keamanan yang diperoleh dari perencanaan lereng *counterweight*

dengan penambahan perkuatan *soil nailing* ialah sebesar 1.507. Nilai ini telah memenuhi persyaratan dikarenakan > 1.5 . Maka perencanaan perkuatan ini

dikatakan aman terhadap longsor. Gambar perencanaan perkuatan lereng *counterweight*, bronjong dan *soil nailing* untuk meningkatkan stabilitas lereng pasca longsor dapat dilihat pada Gambar 6. Dimana soil nailing terletak pada lereng bagian atas setinggi 7 m. Tanah timbunan berada di depan lereng eksisting dengan 4 tingkat dimana setiap tingkatnya memiliki ketinggian 3 m dan sudut kemiringan 45°. Serta penambahan bronjong di depan tanah timbunan untuk mencegah erosi akibat aliran sungai.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa lereng kondisi eksisting memiliki nilai faktor keamanan yang rendah yaitu 0.379, sehingga lereng tersebut tidak aman terhadap longsor. Perlu adanya perkuatan lereng. Perkuatan lereng dengan metode *counterweight* ditambah dengan bronjong mendapatkan nilai faktor keamanan sebesar 0.507. Nilai ini masih belum aman terhadap longsor, maka ditambahkan perkuatan *soil nailing*. Didapatkan faktor keamanan sebesar 1.507, sehingga lereng aman terhadap longsor.

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya ialah dapat menggunakan metode perkuatan maupun program bantu lainnya. Serta dapat memperhitungkan RAB (Rancangan Anggaran Biaya) maupun metode pelaksanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H. H., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. (2021). Analisis Perkuatan Soil Nailing pada Lereng Bawah Jembatan Gantung Alas Bayur Kecamatan Mlandingan Kabupaten Situbondo. *Portal : Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 1–11.
- Alyazahari, L., Wicaksono, L. A., & Nurtanto, D. (2022). Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geoframe di Jalan Raya Dampit-Lumajang. *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(1), 59–68.
- Anonim. (2017). *SNI 8640-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Fanani, F. C., Surendro, B., & Amin, M. (2018). Pengaruh Ketinggian Lereng Terhadap Gaya Longsor Pada Tanah Homogen. *World of Civil and Environmental Engineering*, 1(1), 1–8.
- Hakim, L., Putra, P. P., & Nurtanto, D. (2021). Perkuatan Lereng pada Sempadan Sungai Jl . Sultan Agung Kabupaten Jember dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 9(85), 115–128.
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika Tanah II* (3rd ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ibrahim, M. F., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. (2021). Analisis Stabilitas Soil Nailing Sebagai Alternatif Penanganan Longsor di Jalur Nasional Piket Nol Lumajang Jawa Timur. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 38(1), 34–46.
- Nasiah, & Invanni, I. (2014). Identifikasi Daerah Rawan Longsor Sebagai Upaya Penanggulangan Bencana di Kabupaten Sinjai. *Jurnal Sainsmat*, 3(2), 121.
- Pangemanan, V. G. M., & Sompie, A. . T. O. B. . (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus : Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 22–28.
- Purnamasari, D. A., Surjandari, N. S., & As'ad, S. (2014). Desain Terasering Pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 2(1), 155–161.
- Saputro, C. D., Djarwati, N., & Purwana, Y. M. (2017). Analisis stabilitas lereng dengan terasering dan perkuatan bronjong di desa sendangmulyo, tirtomoyo, wonogiri. *Matriks Teknik Sipil*, 137–144.
- Saragih, J. W., Faramodita, R., Farid, F., & Prabawa, A. D. (2021). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Limit Equilibrium Method pada Higwal PIT 5 PT. Tambang Bukit Tambi Site Padang Kelapo, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2(1996), 6.
- Sinarta, I. N. (2014). Metode Penanganan Tanah Longsor dengan Pemakuan Tanah (Soil Nailing). *PADURAKSA*, 3(2), 1–16.
- Suwarno, & Wicaksono, L. A. (2019). Alternatif Type Dinding Penahan Underpass. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 1, 100–106.
- Toprak, B., Sevim, O., & Kalkan, I. (2016). Gabion Walls and Their Use. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering*, 3(4), 56–58.
- Utomo, Y. A., Surendro, B., & Yuwana, D. S. A. (2019). Studi Evaluasi Bentuk Longsoran. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, 1(1), 1–6.
- Wardani, M. K., Nuciferani, F. T., & Aulady, M. F. N. (2018). Perencanaan Dinding Penahan Tanah untuk Menanggulangi Kelongsoran pada Kompleks Peternakan Ayam di Kecamatan Kandangan, Kediri, Jawa Timur. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 86–93.
- Yanto, F. H., & K, S. (2017). Tinjauan Geoteknik Terhadap Analisa Usulan Perkuatan Lereng (Ruas Jalan Jatimalang - Karanggede BTS Jateng, STA 2+250). *Rekayasa Sipil*, 6(1), 41–47.