

STUDI PERBANDINGAN *GABION* DAN *GROUND ANCHOR* SEBAGAI PENANGANAN LONGSORAN PADA RELOKASI JALAN ARAH PONOROGO-TRENGGALEK

Supiyono¹

Politeknik Negeri Malang¹

Koresponden*, Email: supiyono@polinema.ac.id

ABSTRAK

Jalan antar kota Ponorogo-Trenggalek merupakan jalan yang memiliki kemiringan di sisi kanan dan kirinya dan beberapa titik jalan ini mengalami beberapa kali longsor meskipun bronjong telah digunakan sebagai dinding penahan tanah. Tesis ini bertujuan untuk mengetahui kemantapan lereng sebelum dan sesudah penerapan gabion dan ground anchor ditinjau dari segi metode konstruksi dan biaya. Data yang diperlukan adalah rencana dan penampang memanjang jalan yang direlokasi, penampang melintang jalan, penampang bronjong memanjang, sifat tanah dari log bor, jadwal dan perkiraan biaya. Metode Manual Fellinius dan program GeoStructural Analysis Slope Stability digunakan untuk mengetahui stabilitas lereng. Hasil perhitungan kondisi tanah tidak terganggu adalah sebagai berikut: FS = 1,32 pada STA 0 + 100; FS = 1,26 pada STA 0 + 125; FS = 0,77 pada STA 0 + 150 dan FS = 0,61 pada STA 0 + 175; setelah perkuatan lereng dengan bronjong dengan biaya Rp 16.723.069.900,00, beberapa titik diperoleh FS < 1 yang berarti lereng tidak cukup aman; dan FS > 1,5 dengan ground anchor artinya lereng cukup aman dengan biaya Rp 11.646.218.900,00.

Kata kunci: analisis stabilitas lereng, bronjong, ground anchor dan Analisis GeoStruktural stabilitas lereng).

ABSTRACT

Inter-city road of Ponorogo-Trenggalek is a road that has slope on its right and left sides and some spots of this road experienced several landslides although gabion had been used as a retaining wall. This thesis aims to find out the slope stability before and after applying the gabion and ground anchor from the aspect of construction method and cost. The required data were of plan and longitudinal section of the relocated road, cross section of the road, longitudinal section of gabion, the soil properties from drill log, schedule and cost estimate. Manual Fellinius method and GeoStructural Analysis Slope Stability program were used to find out the slope stability. The results of calculations of the undisturbed soil conditions are as follows: FS = 1.32 at STA 0 + 100; FS = 1.26 at STA 0 + 125; FS = 0.77 at STA 0 + 150 and FS = 0.61 at STA 0 + 175; having reinforced the slope with gabion at Rp 16,723,069,900.00 cost, some spots obtained FS < 1 meaning that the slope is not safe enough; and FS > 1.5 with ground anchor meaning that the slope is safe enough at Rp 11.646.218.900,00 cost.

Keywords: slope stability analysis, gabion, ground anchor and GeoStructural Analysis slope stability

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Bendungan bermanfaat untuk menunjang peningkatan status sosial ekonomi dengan perubahan swasembada pangan, irigasi, upaya konservasi, PLTA, pengendalian Banjir, pariwisata dan masih banyak manfaat lainnya (Mulyono, J. 2017).

Proyek Pembangunan Bendungan Tugu merupakan salah satu megaprojek pemerintah pusat yang dimulai pada bulan Januari 2014 dan direncanakan selesai pada bulan Desember 2018. Proyek yang terletak di Desa Nglingsis, Kecamatan

Tugu, Kabupaten Trenggalek ini dirancang untuk membendung air yang mengalir di Kali Keser. Tujuan dari dibangunnya proyek ini adalah untuk menambah persediaan air irigasi dengan mengembangkan area irigasi di daerah hilir, persediaan air baku untuk domestik dan industri, serta pengendali banjir kota Trenggalek.

Selama proses pengerjaan proyek Bendungan muncul permasalahan yang terjadi di lapangan. Berdasarkan Inspeksi Pelaksanaan Konstruksi Bendungan Tugu oleh Balai Bendungan tanggal 12 Maret 2015, ditemukan adanya

tension crack searah jalur jalan antar kota Ponorogo – Trenggalek km 17 yang berpotensi menimbulkan longsor. Hal ini terjadi akibat kurangnya stabilitas tanah pada area tersebut ditambah curah hujan yang cukup tinggi pada musim hujan. Jalur yang memiliki lereng di sisi kanan-kiri jalan ini memiliki fungsi sebagai akses jalan menuju *main dam*, sehingga longoran tersebut dapat berpotensi menghambat pengerjaan proyek dan membahayakan para pekerja yang sedang bekerja di lokasi proyek. Jika hal tersebut dibiarkan, maka akan mengakibatkan kerugian waktu dan materi yang cukup besar.

Oleh sebab itu, perlu diadakan kajian untuk menangani longoran yang terjadi di relokasi jalan arah Ponorogo – Trenggalek km 17 yang memiliki peranan penting terhadap Proyek Bendungan Tugu. Dalam kasus ini, diputuskan untuk mengambil konstruksi *gabion* dan *ground anchor* yang kemudian dijadikan bahan pembanding untuk menemukan hasil yang paling baik untuk dijadikan dinding penahan longoran.

Keruntuhan Bendungan mempunyai dampak yang sangat besar, sehingga diperlukan upaya pencegahan keruntuhan bendungan (Purwanto at. al, 2017).

Sebelum memberi perkuatan pada lereng, perlu adanya analisa stabilitas lereng pada kondisi tanah asli. Perhitungan stabilitas lereng dalam penelitian ini akan menggunakan cara manual dan menggunakan program *Geo 5 Slope Stability* untuk memperkuat hasil perhitungan. Diharapkan hasil kajian ini dapat mengatasi permasalahan longsor tersebut sehingga proses pengerjaan proyek dapat tercapai sesuai target yang telah direncanakan. Sebagaimana dalam jurnal Arsyad Usman at. al, 2018 dinyatakan bahwa tanah longsor merupakan permasalahan serius, karena selain korban material juga sering menyebabkan korban jiwa.

Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang. Faktor keamanan didefinisikan sebagai berikut pada **Persamaan 1**. (Das, 1985: 1)

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \tag{1}$$

Dimana:

F_s = angka keamanan (*factor of safety*)

τ_f = kekuatan geser rata-rata dari tanah

τ_d = tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

Kekuatan geser terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi dan sudut geser tanah, dan dapat kita tuliskan pada **Persamaan 2**.

$$\tau_f = c + \sigma \tan \emptyset \tag{2}$$

Dimana:

c = kohesi

\emptyset = sudut geser tanah

σ = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor. (Das, 1985: 166).

2. METODE

Fellini (1927) menganggap gaya yang bekerja disisi kiri kanan sembarang irisan mempunyai resultan nol arah tegak lurus bidang longsor, keseimbangan arah vertikal sesuai **Persamaan 3**.

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \tag{3}$$

Atau,

$$N_i = W_i \cos \theta_i - U_i = W_i \cos \theta_i - \mu_i a_i$$

Faktor aman didefinisikan pada **Persamaan 4**.

$$F = \frac{\sum M_r}{\sum M_d} \tag{4}$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, maka momen dari massa tanah yang akan longsor sesuai **Persamaan 5**.

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \tag{5}$$

Dimana:

R = jari-jari lingkaran bidang longsor

n = jumlah irisan

W_i = berat massa tanah irisan ke-i

θ_i = sudut antara jari-jari lingkaran dengan garis kerja massa tanah

Momen penahan longsor digunakan **Persamaan 6**.

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (c a_i + N_i \tan \varphi) \tag{6}$$

Sehingga persamaan menjadi **Persamaan 7**.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c a_i + N_i \tan \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \tag{7}$$

Bila terdapat air pada lereng, akibat pengaruh tekanan air pori menjadi **Persamaan 8**.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c a_i (W_i \cos \theta_i - \mu_i a_i) \tan \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \tag{8}$$

Dimana:

F = faktor aman

c = kohesi (kN/m^2)

φ = sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)

a_i = lengkung irisan ke-i (m)

W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)

μ_i = tekanan air pori ke-i (kN)

θ_i = sudut antara jari-jari lengkung dengan garis kerja massa tanah ($^\circ$)

Jika terdapat beban lain selain tanah, misalnya bangunan, maka momen akibat beban ini diperhitungkan sebagai M_d . (Hardiyatmo, 2010)

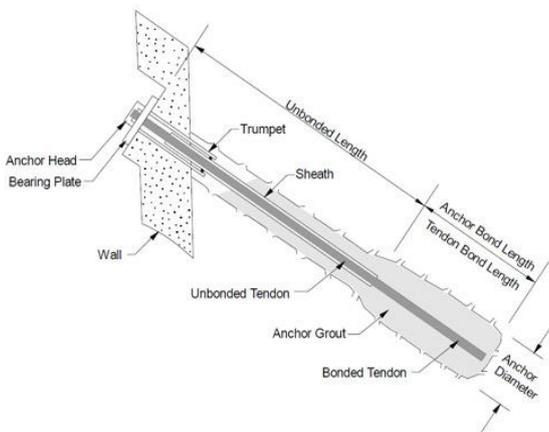
Ground Anchor

Jangkar merupakan bagian penting dari struktur yang mengirimkan gaya tarik (*tensile force*) dari struktur utama ke tanah disekitar jangkar. Kekuatan geser dari tanah disekitarnya digunakan untuk melawan gaya tarik jangkar itu dan, untuk mengikat jangkar pada tanah yang cocok. Kebanyakan dari jangkar biasanya terdiri dari baja tendon dengan kekuatan tinggi yang dipasang pada sudut kemiringan (inklinasi) tertentu dan pada kedalaman yang diperlukan untuk melawan beban yang ada.

Gaya tarik pada jangkar adalah gaya yang penting untuk keseimbangan antara jangkar, struktur yang dijangkar dan pada tanah sehingga pergerakan dari struktur dan tanah disekitarnya tetap dapat diterima. Keistimewaannya adalah selain dapat memindahkan beban permukaan ke jangkar, juga dapat menjawab respon dari struktur berupa gaya interaksi antara tanah / batuan dengan struktur yang dijangkar.

Metoda penjangkaran ini sudah lama digunakan oleh negara-negara di benua Eropa dan Amerika, yang digunakan pada konstruksi-konstruksi besar seperti dam, pondasi bangunan besar, terowongan, jembatan dan lain-lain.

Metoda penjangkaran ini tidak hanya digunakan untuk perencanaan, tetapi juga untuk *construction improvement* (perbaikan konstruksi) karena perkembangan teknologi di bidang teknik sipil.



Gambar 1. Bagian-bagian *ground anchor*

Komponen pada **Gambar 1** meliputi *head anchor*, *free length anchor*, *bond length anchor*. *Bond length* untuk membungkus material tanah dalam rangka memindahkan beban dari struktur ke tanah yang dijangkar, dimana *free length* tidak terikat dan bebas bergerak di dalam tanah. Didalam tendon terdapat bagian yang terbuat dari baja berkekuatan tinggi (bar, wire atau strand) yang dikelilingi cement grout (material semen untuk grouting). *Fixed length anchor / bond length* adalah bagian dari tendon yang terjauh dari struktur dimana gaya tarik (*tensile force*) dipindahkan ke tanah disekitar jangkar. *Free anchor length* adalah bagian

dari tendon antara bagian atas *fixed anchor length* dan struktur dimana tidak ada gaya tarik yang dipindahkan ke tanah di sekitarnya.

Penjangkaran pada tanah memiliki 3 fungsi dasar yaitu:

1. Menimbulkan gaya-gaya yang merupakan interaksi antara struktur dengan tanah.
2. Menimbulkan tegangan pada dasar tanah
3. Membuat gaya prategang (*prestress*) pada struktur jangkar tersebut. (captainpiezocone.blogspot.com)

Bronjong (*Gabion*)

Bronjong atau *Gabions* adalah kotak yang terbuat dari anyaman kawat baja berlapis seng yang pada kegunaannya diisi batu-batu untuk mencegah erosi yang dipasang pada tebing-tebing, tepi – tepi sungai, yang proses pembuatannya menggunakan mesin.

Kegunaan bronjong adalah penahan tebing menggunakan bronjong banyak digunakan pada tebing–tebing tanah untuk menahan tanah agar tidak longsor, juga tebing sungai pada pelaksanaan pekerjaan normalisasi sungai atau untuk mengatasi gerusan air sungai yang deras. (jongka.com)

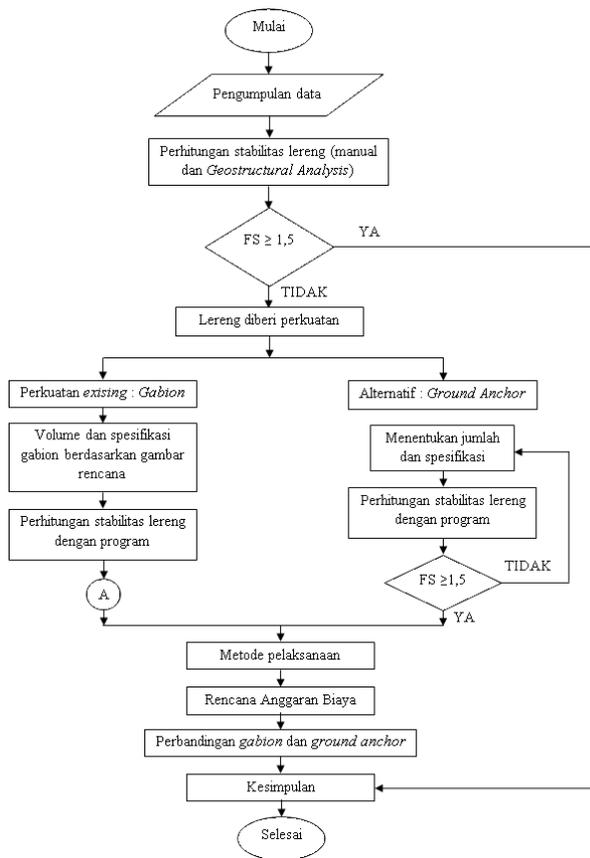
Program *GeoStructural Analysis*

Geo 5 suite program dirancang untuk memecahkan berbagai masalah geoteknik. Mudah digunakan Suite terdiri dari program individu dengan user-friendly interface bersatu. Setiap program yang digunakan untuk menganalisis tugas geoteknik yang berbeda, namun semua modul berkomunikasi satu sama lain untuk membentuk sebuah paket terintegrasi. (Tjie-Liong, 2011)

Program *Geo 5* telah dikembangkan menjadi program *GeoStructural Analysis*. Pembelajaran mengenai program *GeoStructural Analysis* dapat diakses oleh semua kalangan pada situs *youtube* sehingga setiap orang dapat mempelajari program *Geostructural Analysis* secara otodidak. Selain itu, terdapat pelatihan khusus untuk mendalami aplikasi geoteknik yang diadakan beberapa tahun sekali. Selain untuk menambah wawasan perkembangan teknologi aplikasi, dengan mempelajari dan mendalami aplikasi dapat mempermudah pengerjaan proyek di lapangan yang berkaitan dengan geoteknik.

Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah urutan proses pengerjaan penelitian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



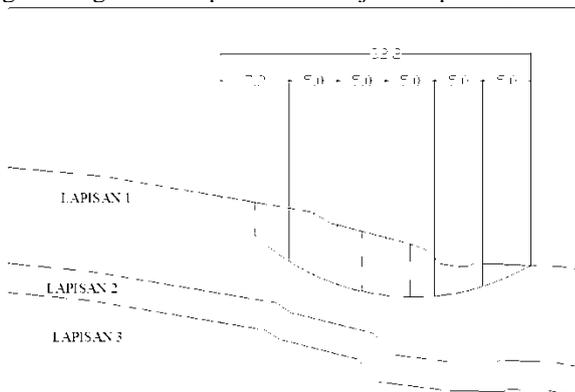
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas Lereng dengan cara Manual

Perhitungan manual stabilitas lereng dengan metode Fellinius difokuskan pada 4 titik, yaitu STA 0+100; STA 0+125; STA 0+150; dan STA 0+175.

Sebelum melakukan perhitungan, penggambaran bidang longsor dengan beberapa irisan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bidang Longsor Titik STA 0+100

Bidang longsor pada titik STA 0+100 dibagi dalam 6 irisan, dengan irisan pertama memiliki panjang 7,2 m dan lima irisan selanjutnya memiliki panjang yang sama yaitu 5

m sehingga panjang total dari bidang longsor (arah horizontal) = 32,2 m.

Perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan gaya berat dengan tahapan sebagai berikut:

1. $W_1 = \text{tinggi} \times \text{lebar} \times \gamma = 3,5 \times 7,2 \times 15,69 = 395,388 \text{ kN}$
2. $W \cos \theta_1 = 1034,758 \times \cos 42,37 = 292,116 \text{ kN}$
3. $W \sin \theta_1 = 1034,758 \times \sin 42,37 = 266,458 \text{ kN}$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Manual pada STA 0+100

No	Berat (W_i)	θ (°)	$W_i \cos \theta_i$	$W_i \sin \theta_i$
1	395,388	42,37	292,116	266,458
2	502,080	25,25	454,109	214,172
3	486,390	12,61	474,658	106,186
4	431,475	-0,74	431,439	-5,573
5	219,660	-11,10	215,551	-42,289
6	125,520	-23,44	115,162	-49,930
TOTAL			1983,034	489,023

Bidang longsor pada Gambar 3 melewati satu lapisan, yaitu lapisan pertama sehingga tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi bernilai 0. Tahanan longsor oleh komponen gesekan dihitung dengan menggunakan rumus Persamaan 6.

$$\sum W \cos \theta_i \times \tan \phi = 1983,034 \times \tan 18 = 644,327 \text{ kN}$$

Sehingga faktor keamanan:

$$F = \frac{\sum W \cos \theta_i \times \tan \phi}{\sum W \sin \theta_i} = \frac{644,327}{489,023} = 1,318$$

Stabilitas Lereng dengan GeoStructural Analysis

Perhitungan stabilitas lereng dengan metode yang sama yaitu metode Fellinius dilakukan dengan cara yang lebih modern, yaitu dengan menggunakan program *GeoStructural Analysis Slope Stability*. Perhitungan stabilitas lereng dengan menggunakan program sangat memudahkan pelaksana dalam menganalisis stabilitas lereng dalam jumlah banyak dengan waktu yang lebih cepat jika dibandingkan dengan menggunakan cara manual.

Hasil Perhitungan Keempat Titik

Hasil perhitungan stabilitas lereng dengan cara manual dan dengan menggunakan program *GeoStructural Analysis* dapat dilihat pada Tabel 2.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pembahasan mengenai stabilitas lereng sebelum dan sesudah diberi perkuatan, beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan yang dilakukan pada titik STA 0+100, STA 0+125, STA 0+150 dan STA 0+175 dengan cara manual dan program, menunjukkan nilai FS < 1,5 dan dua diantara keempat titik menunjukkan nilai FS < 1 yang berarti lereng telah mengalami kelongsoran sehingga membutuhkan perkuatan.
2. Langkah selanjutnya adalah menghitung perhitungan stabilitas lereng dengan perkuatan Berdasarkan tabel 4.12, *gabion* digunakan sebagai perkuatan dan *ground anchor* sebagai alternatif. Faktor keamanan lereng yang telah diperkuat *gabion* menunjukkan nilai yang bervariasi. Nilai FS < 1 menunjukkan bahwa lereng tersebut mengalami kelongsoran meski telah diberi perkuatan, sedangkan nilai FS < 1,5 menunjukkan lereng tidak mengalami kelongsoran namun belum bisa dikatakan stabil atau aman dari kelongsoran.
3. Hasil perhitungan stabilitas lereng dengan perkuatan *ground anchor* menunjukkan nilai FS > 1,5 pada masing-masing titik dengan bidang longsor yang berbeda sehingga lereng dapat dikatakan aman setelah diberi perkuatan *ground anchor*.
4. Metode Pelaksanaan
 - a. Tahapan pengerjaan perkuatan lereng dengan *gabion* secara umum sebagai berikut:
 - 1) Persiapan dan pengukuran

- 2) Pemasangan geotekstil dan penyusunan bronjong
- 3) *Finishing*, meliputi penguncian dan penyambungan bronjong serta mengulangi langkah sebelumnya sampai pada ketinggian rencana.

- b. Tahapan pengerjaan perkuatan lereng dengan *ground anchor* secara umum sebagai berikut:

- 1) Persiapan dan pemberian tanda sesuai titik yang telah ditentukan
- 2) Pengeboran
- 3) Proses pemasukan *strand* dan *grouting* serta pemasangan *end plat*
- 4) Penyemprotan *shotcrete*

5. Stabilitas lereng dan biaya.

- a. Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas lereng sebelum dan sesudah diperkuat dengan dua perkuatan yang berbeda, yaitu *gabion* dan *ground anchor*, dapat disimpulkan bahwa *ground anchor* lebih baik dalam memberikan penambahan nilai stabilitas lereng dibandingkan dengan *gabion*.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) *gabion* sebesar Rp16.723.069.900,00. Sedangkan RAB *ground anchor* sebesar Rp11.646.218.900,00. Biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan *ground anchor* relatif lebih murah dibandingkan dengan *gabion*. Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan kedua hasil tersebut bahwa *ground anchor* sangat direkomendasikan sebagai alternatif perkuatan lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Das, Braja M. dkk. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- [2] Gouw Tjie Liong – Certified Geotechnical Consultant and Engineer Indonesia. *GeoStructural Analysis – Geotechnical Software*. (www.indogeotek.com)
- [3] Hardiyatmo, Hary Christady. (2010). *Mekanika Tanah 2 Edisi Kelima*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [4] Mulyono, Joko. "Konsepsi keamanan bendungan dalam pembangunan dan pengelolaan bendungan." *Jurnal Infrastruktur* 3.01 (2017): 62-69.
- [5] Purwanto, Pradoko Indra, Pitojo Tri Juwono, and Runi Asmaranto. "Analisa Keruntuhan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek." *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering* 8.2 (2017): 222-230.
- [6] Arsyad, Usman, et al. "Karakteristik Tanah Longsor di Daerah Aliran Sungai Tangka." *Jurnal Hutan dan Masyarakat* (2018): 203-214.