

Perbandingan *Slope Protection* Darurat Dengan Metode Cerucuk Bambu & Bronjong (Studi Kasus Jalan Tol Semarang ABC)

Bayu Surya Agung Widodo¹, Dian Eko Saputro², Abdul Rochim³, Lisa Fitriyana⁴

^{1, 2, 3, 4} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^{1, 2, 3, 4} Jl. Kaligawe Raya No. KM 4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112

lbayusuryaagungwidodo@gmail.com

Abstrak – Jalan Tol merupakan fasilitas sarana transportasi yang membutuhkan pemeliharaan rutin agar performanya selalu terjaga sesuai dengan aturan Standar Pelayanan Minimum (SPM) yang dikerluarkan oleh BPJT PUPR. Namun timbul masalah saat musim penghujan tiba, efek yang ditimbulkan dapat berdampak pada sarana dan prasarana yang terdapat pada jalan tol. Salah satu dampak buruk yang dapat terjadi ketika musim hujan yaitu tanah longsor. Saat longsor terjadi, lokasi kejadian harus segera ditangani tetapi di sisi lain anggaran yang tersedia tidak mencukupi apabila dilakukan perbaikan secara permanen. Oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan darurat atau perkuatan sementara yang menggunakan anggaran seminimal mungkin. Berdasarkan hasil analisa stabilitas lereng eksisting didapat nilai SF 1,223 (*Geo-Studio (Slope/W)*) dan 1,249 (*Plaxis*). Sedangkan hasil analisa stabilitas lereng dianalisa menggunakan aplikasi *Plaxis*, didapatkan nilai *safety factor* dengan perkuatan cerucuk bambu yaitu 1,531 sedangkan dengan perkuatan bronjong sebesar 1,563. Untuk perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari konstruksi perkuatan darurat dengan metode cerucuk bambu sebesar Rp.112.629.440,- dan bronjong sebesar Rp.134.859.340,-.

Kata kunci: Cerucuk Bambu, Bronjong, *Safety Factor*, *Plaxis*, *Geo-Studio (Slope/W)*

Abstract – Highway Tollroads are transportation facilities that required routine maintenance, so that their performance is always maintained in according to regulations of the Minimum Service Standards (SPM) by BPJT PUPR. However, the problems came up when the rainy season, the effects can have an impact on Tollroad's facilities and infrastructure. One of the bad effects that can occur when it rains is landslides. When a landslide occurs, the location of the incident need an reinforcement immediately but on the other hand the available budget is not sufficient if make a permanent reinforcement. Therefore, it is necessary to carry out emergency reinforcement using the minimum budget. Based on the analysis of the existing slope stability, the SF values are 1,223(*Geo-Studio (Slope/W)*) and 1,249 (*Plaxis*). While the results of the slope stability analysis were analyzed using the *Plaxis* application, the safety factor value with bamboo pile reinforcement was 1,531, while the cerucuk reinforcement was 1,563. For comparison of the Budget Plan of emergency reinforcement construction with the bamboo pile method is Rp.112.629.440,- and gabion is Rp.134.859.340,-.

Key words: Bamboo Pile, Gabion, *Safety Factor*, *Plaxis*, *Geo-Studio (Slope/W)*

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan, begitu juga dengan daerah Semarang sering terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi dan waktu yang tidak sebentar. Saat hujan terjadi dengan intensitas yang tinggi dapat menimbulkan dampak buruk terhadap jalan tol yaitu tanah longsor. Tentu saja longsor ini menyebabkan kerugian, seperti lajur pada jalan tol yang tertutup dan rusaknya konstruksi jalan.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan agar tidak terjadinya longsor pada lereng yaitu perkuatan lereng. Cara yang dapat digunakan dengan membuat konstruksi untuk meningkatkan stabilitas lereng tersebut. Tentunya untuk melakukan perbaikan pada lereng membutuhkan perencanaan dan perhitungan yang matang.

Longsor merupakan sebuah bencana alam yang tidak dapat diprediksi kedatangannya. Namun ketika longsor terjadi, maka harus dilakukan tindakan penanganan darurat dengan secepat mungkin. Disisi lain anggaran yang tersedia tidak cukup untuk menangani seluruh kejadian longsor yang terjadi. Terlebih longsor dapat saja terjadi pada beberapa tempat sekaligus namun dengan anggaran yang sedikit ini tetap memerlukan penanganan secepatnya agar kejadian longsor tidak berkembang menjadilebih parah, oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan darurat atau perbaikan sementara. Beberapa pilihan perkuatan darurat yang biasa dilakukan oleh PT. Jasamarga Tollroad Maintenance dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan cerucuk bambu dan bronjong.

II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

Pada Bab ini, diterangkan perihal acuan dan teori dalam melakukan analisa dan penelitian Metode Perlindungan Lereng (*Slope Protection*) Darurat pada Jalan Tol Semarang ABC. Adapun acuan & teori yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. *Safety Factor*

Safety factor adalah istilah yang menggambarkan kapasitas struktural dari suatu part atau sistem di luar beban yang diharapkan atau beban aktual. Faktor keselamatan sering dihitung menggunakan analisis terperinci karena pengujian komprehensif sering kali tidak praktis pada banyak proyek teknik, sementara kemampuan struktur menanggung beban harus ditentukan untuk akurasi yang masuk akal.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai *Safety Factor*

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

(*Sumber Bowles, 1991*)

B. *Plaxis*

Plaxis adalah aplikasi komputer yang membantu dalam Analisa deformasi dan stabilitas yang berkaitan dengan ilmu geoteknik dengan basis metode elemen hingga. Permodelan yang sederhana memungkinkan aplikasi ini mampu memodelkan elemen yang kompleks, sehingga dapat membantu menganalisa perhitungan yang lebih teliti, hasil perhitungan sendiri 48 berdasarkan metode numerik yang secara umum telah terdapat pada aplikasi ini. Program *Plaxis* yang digunakan adalah versi *Plaxis* 8.6.

C. *Geo-Slope/W*

Menurut Modul yang dikeluarkan oleh Sistem Manajemen Pengetahuan (SIMANTU) Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat. *Geo-Slope /W* merupakan program yang dikeluarkan oleh *GeoStudio* untuk analisa stabilitas lereng baik tanah maupun batuan, termasuk pula galian dan timbunan. *Slope/W* mampu memodelkan kondisi – kondisi seperti berikut :

- Lapisan tanah yang kompleks;
- Kondisi tekanan air pori yang sangat tidak beraturan;
- Beberapa model kuat geser tanah, Mohr-Coloumb, Anisotropic, dll;
- Parameter kuat geser pada kondisi tidak jenuh.
- Pendekatan bentuk bidang gelincir dengan atau tanpa tension crack;
- Beban merata dan beban gempa;
- Perkuatan dengan struktur.

Program *Geo-Slope/W* yang digunakan adalah versi *GeoStudio* 2012.

D. Cerucuk Bambu

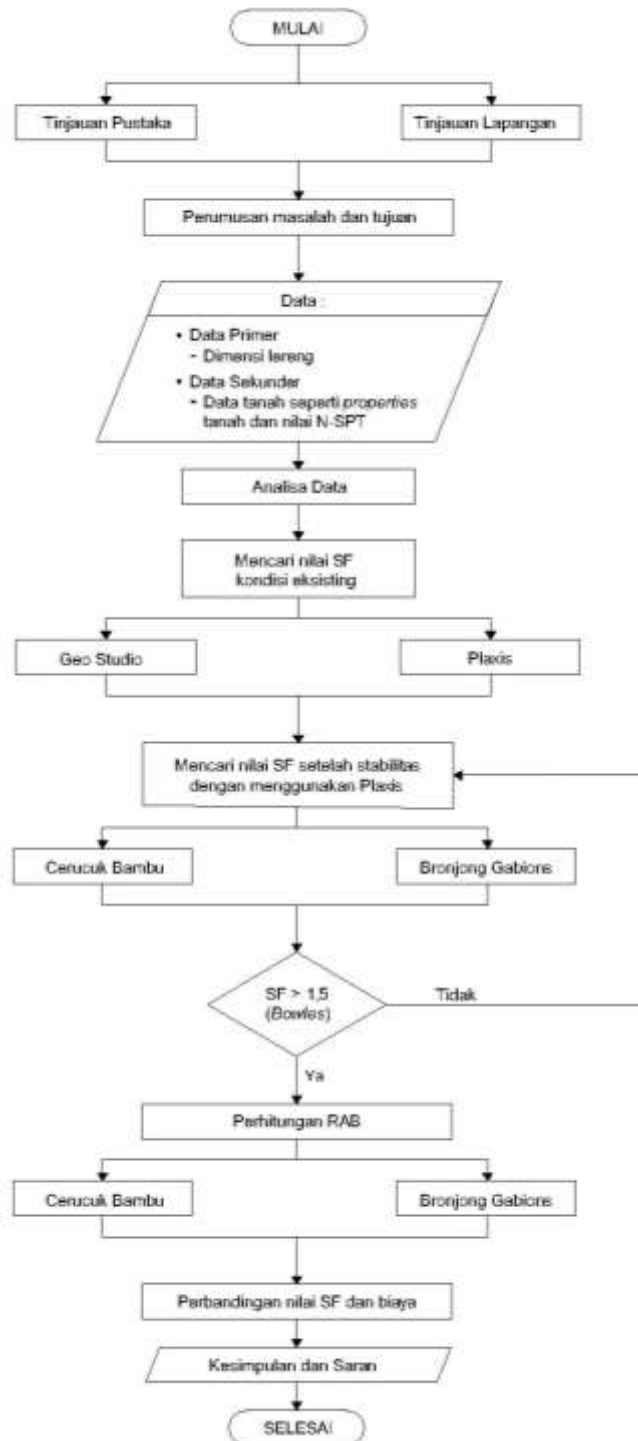
Cerucuk merupakan salah satu metode perkuatan tanah yang efektif untuk mengatasi kelongsoran jalan dan stabilitas lereng, dimana tiang bambu berdiameter 8cm – 12cm dipasangkan satu-satu secara vertical atau miring. Sebagai perkuatan lereng, cerucuk sangat efektif berfungsi sebagai pasak/tulangan yang dapat memotong bidang kelongsoran lereng. Jadi cerucuk dapat memberikan tambahan gaya geser longsoran yang terjadi. Tambahan gaya geser yang dihasilkan oleh cerucuk tersebut dapat meningkatkan angka keamanan (*safety factor*) stabilitas lereng.

E. Bronjong

Bronjong merupakan anyaman kawat baja yang dilapisi dengan seng atau galvanis. Anyaman kawat baja ini membentuk sebuah kotak atau balok dan bagian dalamnya diisi dengan batu-batu. Kekuatan dari gabion terletak pada kekuatan tarik kawat, lapisan galvanis yang membuat kawat menjadi tidak mudah berkarat, dan kekuatan lilitan pada lubang anyaman sehingga anyaman tidak mudah terurai. Lubang-lubang pada anyaman dibentuk menjadi segi enam. Fungsi dari gabion dalam konstruksi yaitu melindungi dan memperkuat tebing tanah untuk mencegah terjadinya longsor.

III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Pada penelitian ini menggunakan tipe deskriptif yaitu menganalisa dan menyajikan fakta secara sistematis, sehingga mudah untuk disimpulkan. Teknik pengumpulan data yang digunakan dibagi menjadi dua jenis yaitu data primer & sekunder, Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian, dapat berupa survey dan observasi langsung dilapangan. Data sekunder atau data tidak langsung merupakan data yang diperoleh dari data-data yang terdapat pada instansi-instansi yang berhubungan dengan penelitian ini. Data primer yang digunakan antara lain adalah dimensi lereng dan data sekunder yang digunakan adalah data *properties* tanah dan N-SPT. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat diuraikan seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan Alir Metode Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dibahas pada bab ini dan dijelaskan runtut sesuai dengan Gambar 3, tahap pertama adalah analisa nilai faktor keamanan (SF) pada kondisi eksisting dengan menggunakan aplikasi *PLAXIS & Geo-Studio (Slope /w)*, tahap kedua melakukan analisa perbandingan nilai faktor keamanan (SF) pada kondisi lereng sudah dilakukan upaya perbaikan dengan metode cerucuk bambu & bronjong dengan menggunakan aplikasi *PLAXIS*, tahap ketiga adalah melakukan perbandingan nilai konstruksi / rencana anggaran biaya (RAB) dari kedua metode perbaikan tersebut diatas.

HASIL PEMBAHASAN

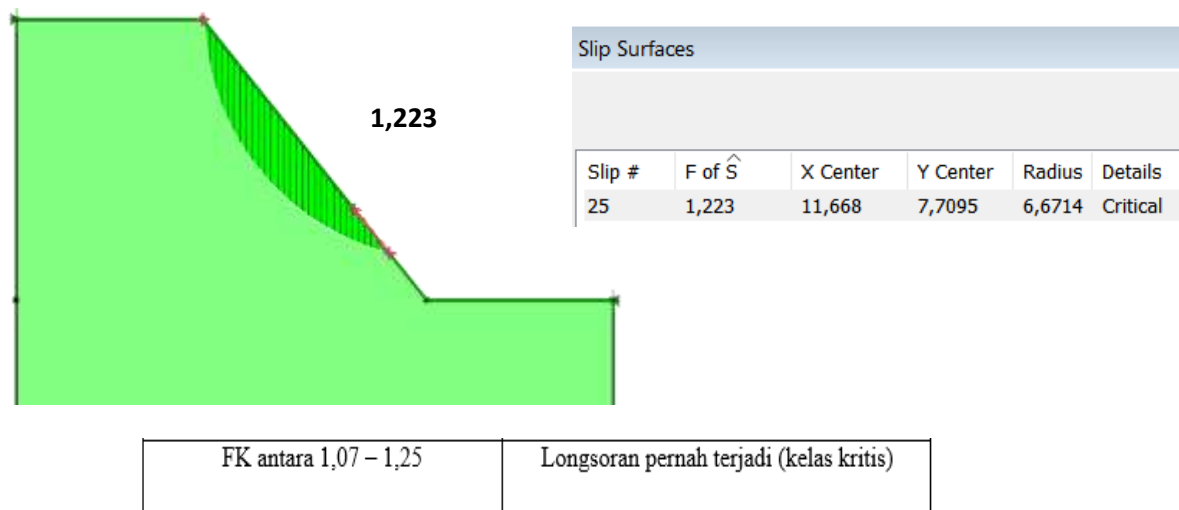
1) Analisa Lereng Eksisting dengan Aplikasi *PLAXIS & Geo-Studio (Slope /w)*

Tujuan analisa lereng eksisting ini adalah untuk mencari nilai faktor keamanan (SF) pada lereng sebelum diberikan perkuatan apaapun. **Tabel 2.** Menunjukkan nilai parameter tanah lereng yang digunakan dalam analisa.

Tabel 2. Parameter Tanah Lereng

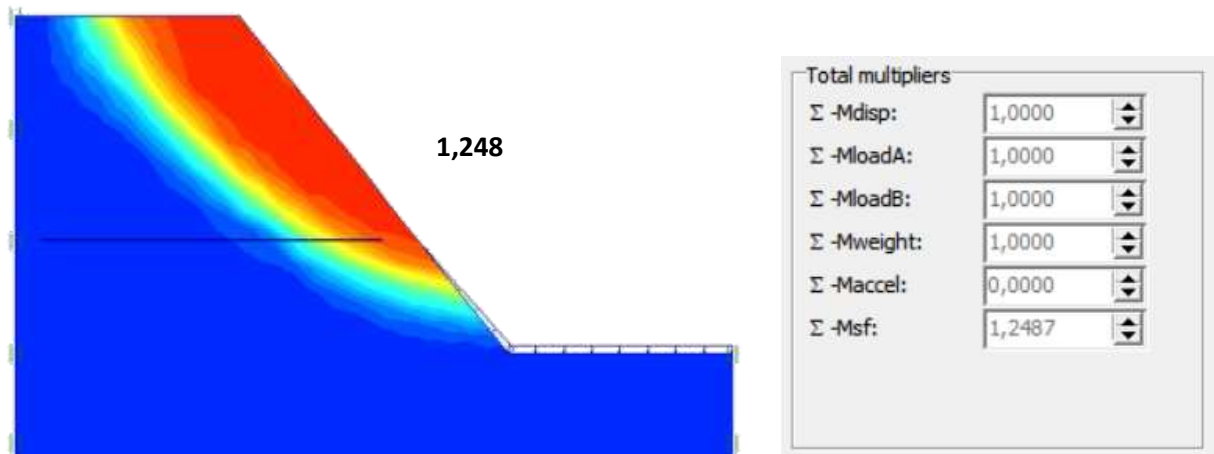
γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	c (kN/m ²)	θ (°)
16,75	13,35	5,88	34

Gambar 2. menunjukkan hasil analisa yang dilakukan menggunakan aplikasi *Geo-Studio (Slope /w)* menampilkan bentuk daripada bidang gelincir lereng dan nilai faktor keamanan kritis (SF) setelah lereng dianalisa dengan Aplikasi *Geo-Studio (Slope /w)*, dimana hasilnya menunjukkan nilai SF berada di kategori Longsoran Pernah Terjadi (Kelas Kritis) menurut *Bowles*.



Gambar 2. Hasil Analisa Lereng Eksisting dengan Aplikasi *Geo-Studio (Slope /w)*

Gambar 3. menunjukkan hasil analisa yang dilakukan menggunakan aplikasi *PLAXIS* menampilkan bentuk daripada bidang gelincir lereng (diagram deformasi) dan nilai faktor keamanan kritis (SF) setelah lereng dianalisa dengan Aplikasi *PLAXIS*, dimana hasilnya menunjukkan nilai SF berada di kategori Longsoran Pernah Terjadi (Kelas Kritis) menurut *Bowles*.



FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
-----------------------	---

Gambar 3. Hasil Analisa Lereng Eksisting dengan Aplikasi *PLAXIS*

2) Analisa Lereng Setelah Perkuatan dengan Aplikasi *PLAXIS*

Tujuan analisa lereng eksisting ini adalah untuk mencari nilai faktor keamanan (SF) pada lereng setelah diberikan perkuatan metode Cerucuk Bambu & Bronjong. Parameter tanah lereng masih menggunakan parameter sebagaimana yang tercantum pada **Tabel 2.**, untuk parameter bahan perkuatan dapat dilihat pada **Tabel 3.** untuk parameter Cerucuk Bambu, **Tabel 4.** untuk parameter bahan Bronjong.

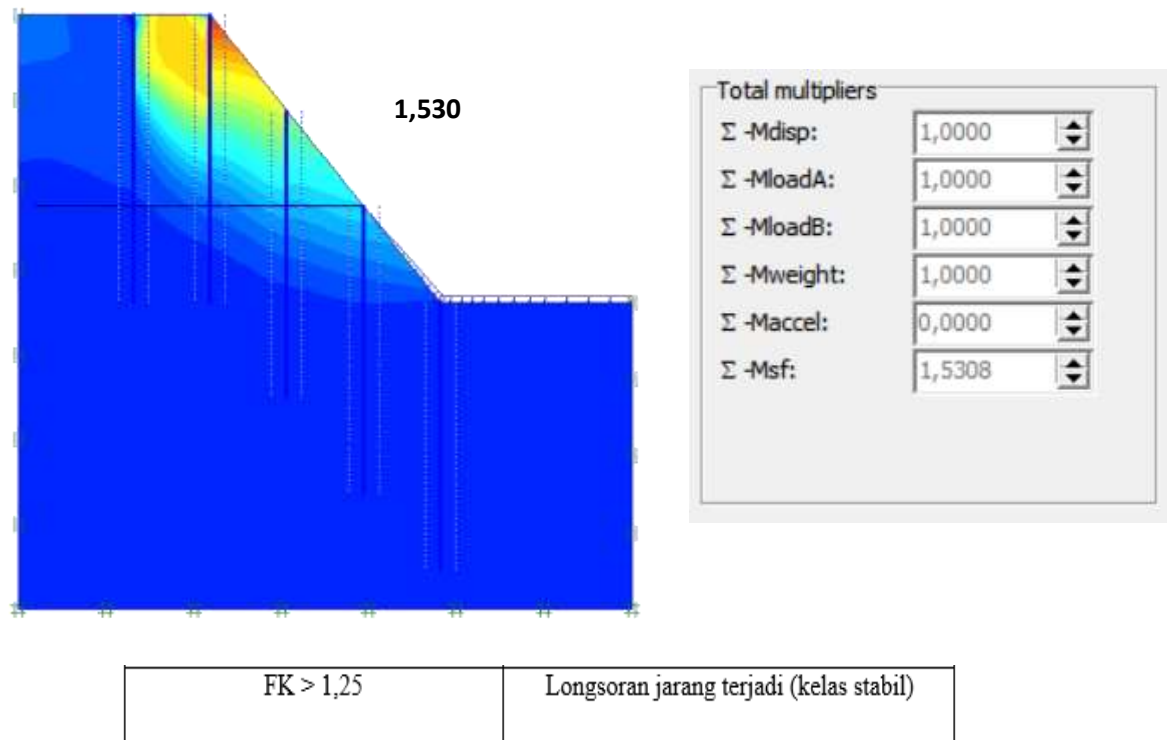
Tabel 3. Parameter Cerucuk Bambu

Jenis Material	EA (kN/m)	EI (kN.m ² /m)
Bambu Betung Tunggal	1,14 x 10 ⁵	473,7

Tabel 4. Parameter Batuan Bronjong

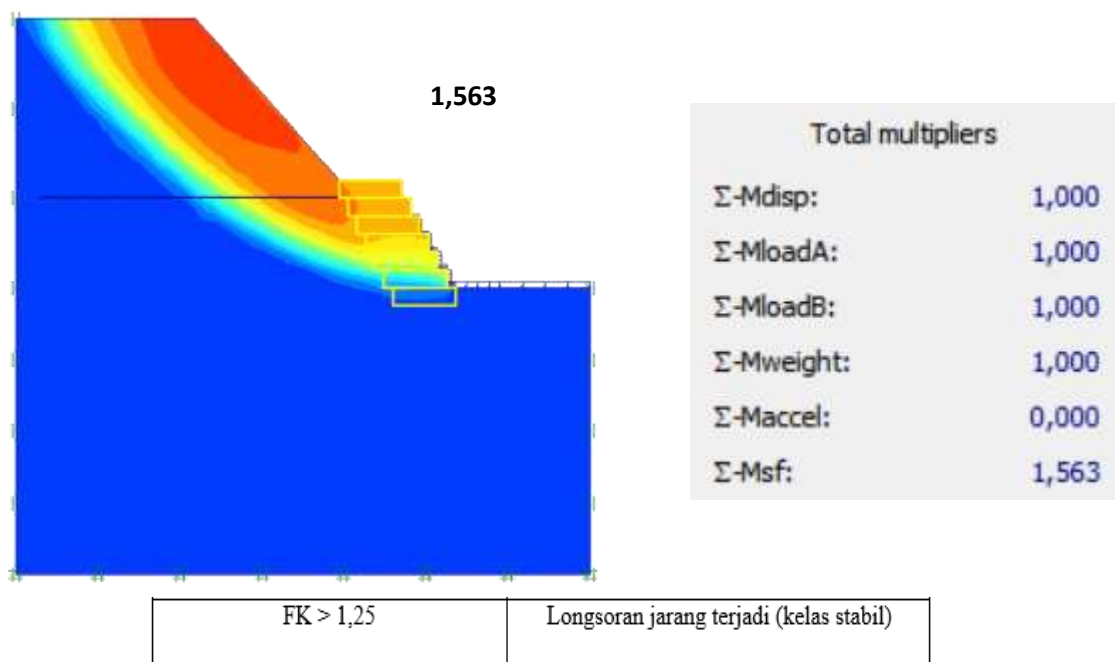
γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	c (kN/m ²)	θ ($^{\circ}$)
20,5	17,5	19	33,75

Gambar 4. menunjukkan hasil analisa lereng dengan perkuatan cerucuk bambu yang dilakukan menggunakan aplikasi *PLAXIS* menampilkan bentuk daripada bidang gelincir lereng (diagram deformasi) dan nilai faktor keamanan kritis (SF) setelah lereng dianalisa dengan Aplikasi *PLAXIS*, dimana hasilnya menunjukkan nilai SF berada di kategori Longsoran Jarang Terjadi (Kelas Stabil) menurut *Bowles*.



Gambar 4. Hasil Analisa Lereng dengan Perkuatan Cerucuk Bambu

Gambar 5. menunjukkan hasil analisa lereng dengan perkuatan bronjong yang dilakukan menggunakan aplikasi *PLAXIS* menampilkan bentuk daripada bidang gelincir lereng (diagram deformasi) dan nilai faktor keamanan kritis (SF) setelah lereng dianalisa dengan Aplikasi *PLAXIS*, dimana hasilnya menunjukkan nilai SF berada di kategori Longsoran Jarang Terjadi (Kelas Stabil) menurut *Bowles*.



Gambar 5. Hasil Analisa Lereng dengan Perkuatan Bronjong

3) Perbandingan Nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Pada tahap ini dilakukan perbandingan Rencana Anggaran Biaya, dimana nilai kuantitas berasal dari gambar potongan setelah analisa dan harga satuan diperoleh dari data sekunder. **Tabel 5.** merupakan hasil Perencanaan Anggaran Biaya (RAB) dengan metode perkuatan Cerucuk Bambu dengan nilai RAB sebesar Rp. 112.629.440,- dan **Tabel 6.** merupakan hasil Perencanaan Anggaran Biaya (RAB) dengan metode perkuatan Bronjong dengan nilai RAB sebesar Rp. 134.859.340,-.

Tabel 5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Perkuatan Cerucuk Bambu

MATA PEMBAYARA	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
I	PEKERJAAN CERUCUK BAMBU				
	SPESIFIKASI KHUSUS				
	Pengamanan & Pengaturan Lalu Lintas, Tipe B	Ls	1,00	20.000.000,00	20.000.000,00
BAB 1	PEKERJAAN UMUM				
	Mobilisasi Alat	Ls	1,00	17.500.000,00	17.500.000,00
BAB 4	PEKERJAAN TANAH				
	Galian Biasa Untuk Dibuang	m3	63,09	150.000,00	9.463.200,00
	Urugan Pilihan	m3	63,09	294.822,00	18.599.730,34
BAB 7	PEKERJAAN LAIN - LAIN				
	Pemadatan Tanah Dengan Stamper	m2	96,05	9.000,00	864.423,00
BAB 12	PEKERJAAN UMUM				
	Cerucuk Bambu (P=7,5 m)	Titik	303,00	110.000,00	33.330.000,00
	Sasak Bambu	m2	27,50	95.750,00	2.633.125,00
	Jumlah				102.390.478,34
	Jumlah (Dibulatkan)				102.390.400,00
	PPN 10%				10.239.040,00
	TOTAL				112.629.440,00

Tabel 6. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Perkuatan Bronjong

MATA PEMBAYAR	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
II	PEKERJAAN BRONJONG GABIONS				
	SPESIFIKASI KHUSUS				
	Pengamanan & Pengaturan Lalu Lintas, Tipe B	Ls	1,00	20.000.000,00	20.000.000,00
BAB 1	PEKERJAAN UMUM				
	Mobilisasi Alat	Ls	1,00	17.500.000,00	17.500.000,00
BAB 4	PEKERJAAN TANAH				
	Galian Biasa Untuk Dibuang	m3	76,82	150.000,00	11.522.250,00
	Urugan Pilihan	m3	85,87	294.822,00	25.317.249,61
BAB 7	PEKERJAAN LAIN - LAIN				
	Pemadatan Tanah Dengan Stamper	m2	60,21	9.000,00	541.872,00
BAB 12	PEKERJAAN UMUM				
	Bronjong (Gabions)	m3	52,50	908.915,00	47.718.037,50
	Jumlah				122.599.409,11
	Jumlah (Dibulatkan)				122.599.400,00
	PPN 10%				12.259.940,00
	TOTAL				134.859.340,00

V. SIMPULAN

Setelah analisa pada Bab sebelumnya sudah didapatkan hasil maka pada Bab ini dapat kita tarik kesimpulan sebagaimana berikut ini:

Tabel 7. Merupakan perbandingan dari nilai faktor keamanan (SF) lereng eksisting yang diperoleh melalui analisa dengan aplikasi *PLAXIS & Geo-Studio (Slope /w)*, dapat dilihat hasil analisa kedua aplikasi tidak terpaut jauh.

Tabel 7. Perbandingan Nilai SF pada Lereng Eksisting dengan Aplikasi *PLAXIS & Geo-Studio (Slope /w)*

Kondisi	Geo-Studio	PLAXIS
Eksisting	1,223	1,249

Tabel 8. Merupakan perbandingan dari nilai faktor keamanan (SF) lereng setelah perkuatan dengan metode Cerucuk bambu & Bronjong yang diperoleh melalui analisa dengan aplikasi *PLAXIS*, dapat dilihat bahwa metode Bronjong lebih unggul dari segi nilai faktor keamanan (SF).

Tabel 8. Perbandingan Nilai SF pada Lereng Setelah Perkuatan

Aplikasi	Cerucuk	Bronjong
PLAXIS	1,531	1,562

Tabel 9. Merupakan perbandingan dari nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari kedua metode perbaikan, dapat dilihat bahwa metode Cerucuk Bambu lebih ekonomis dibandingkan dengan Cerucuk Bambu.

Tabel 9. Perbandingan Nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perbandingan	Cerucuk	Bronjong
RAB	Rp. 112.629.440,-	Rp. 134.859.340,-

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan penelitian ini penulis memberikan ucapan terima kasih kepada :

- 1) Kedua orang tua & keluarga yang telah memberikan dukungan moral, finansial maupun motivasi.
- 2) Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan kepada kami serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan tugas akhir.
- 3) Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan kepada kami dan memberikan dorongan semangat untuk kami serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan tugas akhir.
- 4) Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Geologi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, *Booklet Gerakan Tanah*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2004
- [2] Bowles, J.E, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta, 1986.
- [3] Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dan Batuan*, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta, 2005.
- [4] Diklat Penanganan Longsoran Pada Struktur Jalan, *Pengertian Lereng dan Longsoran*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, 2017.
- [5] LPT (Lembaga Penelitian Tanah, *Penuntun Analisa Fisika Tanah*, Lembaga Penelitian Tanah, Bogor, 1979.
- [6] Prayitno, Rendi Teguh, dkk, *Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat dengan Perkuatan Bronjong*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2017.
- [7] Wahhab, Mohammad Abdul dan Ramadhan, Mokhammad Rizki, *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Bambu sebagai Alternatif Perkuatan Lereng (Studi Kasus di Jalan Raya Kaliwungu – Boja Desa Darupono, Kab. Kendal)*, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Semarang, 2017.