Vol. 11 No. 01 April (2025) Halaman Artikel (001-007)

JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN

Website: https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

PERENCANAAN BRONJONG UNTUK PENGAMANANAN LERENG SUNGAI DENGAN METODE *MORGENSTERN-PRICE* MENGGUNAKAN *SLOPE/W* PADA SUNGAI ASARI JEMBRANA BALI

GABION PLANNING FOR RIVER SLOPE PROTECTION BY MORGENSTERN-PRICE METHOD USING SLOPE/W ON ASARI RIVER JEMBRANA BALI

Roberth Evander Meidudga[1*] dan Vhalentio Pakombong[2]

[1]Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jayapura Papua

[2]Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jayapura Papua

Abstrak

Erosi sungai adalah salah satu masalah yang sering dihadapi oleh Negara tropis khususnya Indonesia dikarenakan curah hujan yang sangat tinggi. Hal ini menyebabkan banyak sungai di Indonesia mengalami erosi yang dapat menyebabkan longsor pada lereng sungai jika tidak segera di tangani. Bronjong sendiri mudah dalam pengaplikasian sehingga metode ini banyak dipilih dalam penanganan kasus longsor pada lereng sungai dan juga karena sifatnya yang lolos terhadap air. Perencanaan Bronjong sendiri di dasari oleh data investigasi tanah dan juga topografi lereng sekitar sungai Asari Jembrana Bali. Berdasarkan hasil simulasi awal pada Program *Slope/W* didapat Faktor Keamanan Lereng lebih kecil dari 1, yang artinya sudah terjadi longsor pada lereng yang dianalisis seperti kejadian di lapangan sehingga perlu adanya penanganan yang cepat terhadap lereng sungai. Hasil analisis menggunakan Aplikasi *Slope/W* setelah pengaplikasian Bronjong pada lereng yang telah longsor, dapat dilihat bahwa Bronjong dapat meningkatkan Faktor Keamanaan hingga lebih dari 300%, dari semula (FK < 1) menjadi (FK > 4) pada saat muka air banjir. Hal ini berarti pengamanan tipe ini dapat digunakan untuk pengamanan jangka panjang.

Kata Kunci: Erosi, Faktor Keamanan, Geostudio, Longsor, *Mohr-Coulomb*.

Abstract

River erosion is one of the problems often faced by tropical countries, especially Indonesia, due to very high rainfall. This causes many rivers. River erosion is one of the problems often faced by tropical countries, especially Indonesia, due to very high rainfall. This causes many rivers in Indonesia to experience erosion, which can cause landslides on river slopes if they are not handled immediately. Gabions themselves are easy to apply, so this method is widely chosen in handling landslides on river slopes and because of its nature, which passes water. The gabion planning itself is based on soil investigation data and the topography of the slope around the Asari River in Jembrana Bali. Based on the results of the initial simulation in the Slope/W Program, the Slope Safety Factor is less than 1, which means that landslides have occurred on the analysed slope as in the field, so rapid handling of the river slope is needed. The analysis results using the Slope/W Application after applying gabions on the landslide slope show that the gabions can increase the Safety Factor by more than 300% from the original (SF < 1) become (SF > 4) at the time of the flood water level. This means that this type of security can be used for long-term security.

Keywords: *Erosion, Factor of Safety, Geostudio, Landslide, Mohr-Coulomb.*

PENDAHULUAN

Erosi adalah peristiwa perpindahan tanah dari suatu tempat ke tempat lain. Faktor utama pemicu erosi adalah angin dan air. Salah satu model erosi adalah tanah longsor atau biasa disebut dengan perpindahan tanah dengan volume yang sangat besar. Longsor pada lereng sungai sering terjadi karena meningkatnya muka air sungai akibat tingginya intensitas hujan. Banyak metode yang digunakan dalam pegamanan lereng sungai, salah satunya dengan bronjong.

Pada kasus ini banyak yang tinggal di dekat daerah aliran sungai khususnya sungai Asari di Jembrana Bali oleh sebab itu penanganan longsor pada lereng sungai akibat erosi harus segera dilakukan. Guna pengamanan rumah warrga dan juga infrastruktur pemerintah seperti tower listrik

(*)Corresponding author
Telp :+62 813 3731 4145
E-mail : Roberthmeiduga@gmail.com
http://doi.org/10.33506/rb.v11i01.4375
Received 18 April 2025; Accepted 28 April 2025; Available online 30 April 2025
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

dan lain-lain (sutet) yang di bangun dekat dengan sungai.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahaui faktor keamanan sebelum penggunaan beronjong dan susudah penggunaan beronjong sebagai motede dalam perbaikan lereng sungai.

Slope/W adalah bagian dalam dari aplikasi Geostudio yang sering digunakan dalam menganlisis kestabilan lereng. Aplikasi ini banyak digunakan dalam analisis stabilitas lereng karena cukup lengkap dan juga mudah dioperasikan. Ada beberapa metode yang analisis lereng yang dapat di gunakan sekaligus dalam *Slope/W*, *Morgenstern-Price* digunakan pada penelitian ini karena metode ini dalam analisanya mencakup semua gaya yang bekerja pada lereng yang dianalisis.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode Irisan

Metode Kesetimbangan Batas adalah ilmu yang mempelajari keseimbangan benda kaku, contohnya lereng dan permukaan luncur dengan segala macam bentuk. Tujuan metode ini untuk menghitung tegangan geser (T) dan dibandingkan dengan ketahanan yang tersedia (T_f) yang di kalkulasi

$$F = T_f / T \quad (1)$$

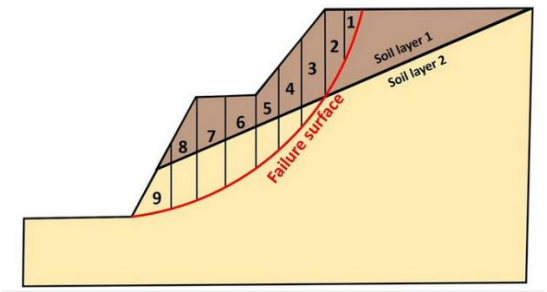
menggunakan kriteria kegagalan *Mohr-columb*. Hasil dari perhitungan ini adalah Faktor keamanan

dengan,

$$FK = \frac{Momen\ penahan\ longsor}{Momen\ penyebab\ longsor} \quad (2)$$

T_f = ketahanan yang tersedia

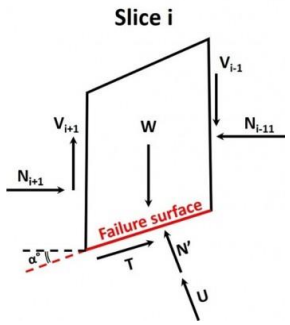
T = tegangan geser



Gambar 1. Konsep Metode Irisan
Sumber : Fredlund, DG Krahn, J. (1977)

Setiap irisan kemudian dapat dianggap sebagai benda tertentu yang di dalamnya gaya dan momen harus seimbang. Interaksi antara irisan menghasilkan gaya internal yang diperhitungkan oleh semua metode irisan yang dikembangkan. Irisan juga dikenai beratnya sendiri, reaksi yang diberikan oleh bagian lereng yang stabil di dasarnya, serta gaya tambahan apa pun yang dapat diberikan oleh faktor eksternal (misalnya, beban seismik). Untuk setiap irisan, alasnya diasumsikan sebagai garis lurus miring. Ketinggian setiap kolom diukur sepanjang garis tengahnya.

Gaya yang bekerja pada irisan tipikal (tanpa memperhitungkan beban eksternal apa pun) digambarkan dalam gambar berikut



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja
Sumber : Fredlund, DG Krahn, J. (1977)

Tabel 1. Asumsi-asumsi Dan Kondisi Kesetimbangan Yang Digunakan Oleh Beberapa Metode Irisan

No	Metode	Asumsi
1	Fellenius	Resultan gaya antar-irisan sama dengan nol dan bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh.
2	Bishop	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol (X=0).
3	Janbu	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol (X=0). Faktor koreksi digunakan sebagai faktor empiris untuk memasukkan efek dari gaya geser antar irisan.
4	Spencer.	Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar-irisan adalah sama untuk semua irisan
5	Morgenstern-Price.	Kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan.

Sumber : Das. Braja M (1993)

Bronjong

Gabion/bronjong adalah anyaman kawat baja yang dilapisi dengan seng atau galvanis. Kawat ini membentuk sebuah kotak atau balok. Bagian dalamnya diisi dengan batu-batu besar untuk mencegah erosi. Kawat dibuat dengan menggunakan teknik lilitan ganda yang membentuk lubang-lubang berbentuk segi enam. Anyaman diikat dengan kuat agar sisi-sisinya tidak mudah terurai. Ikatan anyaman ini memungkinkan bronjong untuk menahan tanah sehingga tidak terjadi longsor atau erosi.

Fungsi bronjong antara lain untuk melindungi dan memperkuat struktur tanah di sekitar tebing, tepi sungai, dan tepi tanggul agar tidak terjadi erosi atau longsor. Bronjong juga dapat digunakan sebagai pembentuk bendungan untuk menambah volume air sungai. Tepi tebing atau tepi sungai yang dapat mengalami erosi akibat aliran air yang terus menerus terjadi.

Material Pengisi

Bahan batu untuk bronjong harus terdiri dari batu bulat atau persegi yang bersih, keras, dan tahan lama. Ukuran batu yang diizinkan untuk digunakan adalah antara 15 cm dan 25 cm (toleransi 5%), dan setidaknya 85% dari batu yang digunakan harus memiliki ukuran yang sama atau lebih besar dari ukuran ini, dan batu yang diizinkan tidak boleh melewati lubang anyaman.

Analisa Stabilitas Lereng dengan Bronjong

Tanah longsor merupakan suatu bencana alam yang sering terjadi dilingkungan masyarakat. Hal ini disebabkan adanya pergeseran massa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah.

Nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsoran lereng maupun pada perancangan lereng menurut Braja M. Das (1993). Disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai FK berdasarkan intensitas kelongsoran

No	Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian/Intensitas Longsor
1	FK < 1,07	Longsoran sering terjadi (labil)
2	FK antara 1,07-1,25	Longsoran pernah terjadi (kritis)
3	FK > 1,25	Longsoran tidak terjadi (Stabil)

Sumber : Das, Braja M. (1993)

Braja M. Das., (1993). Faktor – faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu jenis dan keadaan lapisan tanah batuan pembentuk lereng, bentuk geometris penampang lereng (misalnya tinggi dan kemiringan lereng), penambahan kadar air pada tanah (misalnya terdapat rembesan air atau infiltrasi hujan), berat dan distribusi beban, getaran atau gempa.

Ada beberapa cara untuk mengstabilkan lereng yang berpotensi terjadinya kelongsoran. Pada perinsipnya ada dua cara yang dapat di gunakan untuk menstabilkan suatu lereng yaitu memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Gaya atau momen penyebab longsor dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng, memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor.

Geostudio (*Slope/W*)

Program komputer *Slope/W* adalah bagian dari Geostudio yang berfungsi untuk menganalisis SF (safety faktor/faktor keamanan) lereng. *Slope*/*W* dapat dilakukan analisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekan pori air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Selain itu dapat juga digunakan elemen tekan pori air yang terbatas, tegangan statis atau tegangan dinamik pada analisis kestabilan lereng serta dapat juga dikombinasikan dengan analisis probabilistik. Perangkat lunak ini mempunyai kemampuan untuk menganalisis contoh tanah yang berbeda jenis dan tipe, longsor dan kondisi tekanan air pori dalam tanah yang berubah menggunakan bagian besar contoh tanah

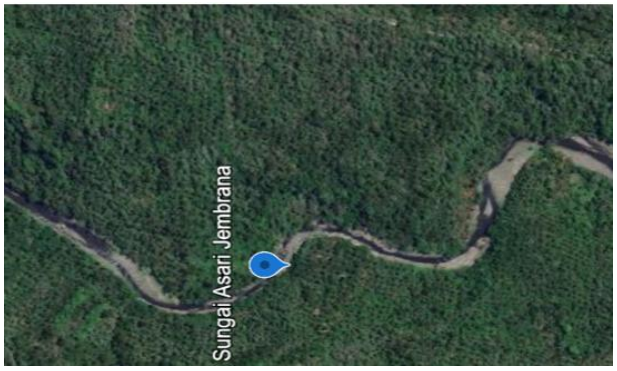
Adapun beberapa permasalahan yang dapat diselesaikan dengan menggunakan perangkat lunak *Slope*/*W* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung faktor keamanan lereng yang bertanah heterogen di atas tanah keras (*bedrock*), dengan lapisan lempung. Di ujung lereng (lembah) merupakan genangan air dimana air tanah mengalir sampai ujung lereng dan daerah retakan berkembang pada puncak akibat gaya tegangan pada lereng.
2. *Slope/W* dapat menghitung faktor keamanan dari lereng dengan beban luar dan perkuatan lereng dengan angker atau perkuatan dengan geo-*textile.*
3. Kondisi tekanan air pori dalam tanah yang kompleks, kondisi air pori dapat dibedakan dalam beberapa cara, dapat semudah seperti garis piezometrik atau analisa elemen batas dari tekanan pori. Tekanan air pori pada tiap dasar potongan lereng ditemukan dari data titik cara interpolasi spline.
4. Menganalisa stabilitas dengan tekanan batas elemen. Memasukkan data tekanan lereng dari analisa batas stabilitas elemen *Sigma/W* ke *Slope/W* untuk mempermudah. Keuntungan lain yaitu dapat menghitung faktor keamanan tiap potongan, sebaik perhitungan faktor keamanan seluruh longsoran.

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pada sungai Asari Kabupaten Jembrana Provinsi Bali.



Gambar 3. Lokasi penelitian
Sumber: *Google Earth*

Untuk mencapai tujian dari penelitian ini ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dari awal hingga selesai, yang di uraikan sebagai berikut.

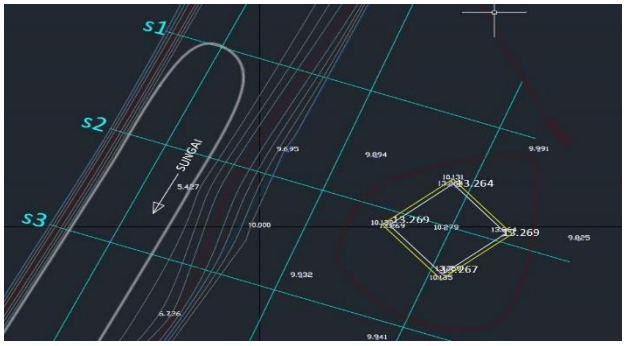
1) Investigasi penyebab utama terjadi longsor
2) Studi literatur
3) Survei topografi dan uji Sondir (UDS)
4) Uji laboratorium Indeks properties tanah
5) Olah data lapangan dan laboratorium
6) Analisis stabilitas lereng menggunakan *Slope/W*
7) Rekomendasi metode penangulangan Erosi
8) Hasil dan Pembahasan
9) Keseimpulan

Survei Topografi

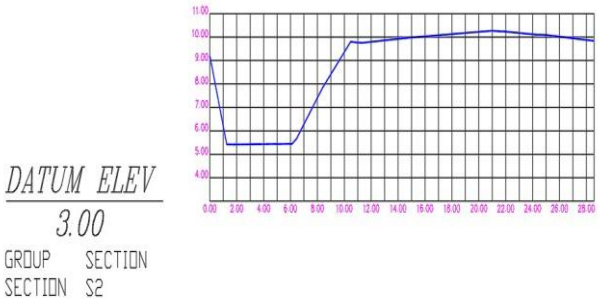
Melakukan pengukuran menggunakan alat *Theodolite* , serta menentukan penyebab utama permasalahan utama erosi lereng sungai.

Gambar 5. Kondisi daerah aliran sungai akibat erosi dekat rumah warga
Sumber : Editor, 2022

Gambar 6. Kondisi daerah aliran sungai akibat erosi dekat inftrastruktur pemerintah (tower sutet PLN)
Sumber : Editor, 2022



Gambar 7. Hasil survei topografi tampak atas
Sumber : Editor, 2022



Gambar 8. Hasil survei topografi tampak samping section 2
Sumber : Editor, 2022

Dari hasil survei topografi lereng diatas digunakan lereng section 2 untuk menjadi acuan analisis lereng sungai pada program bantu *Slope/ W* .

Investigasi Jenis Tanah

Dari hasil korelasi data sondir di lapangan di dapat klasifikasi lanau berpasir dengan kedalaman 5 meter. Hasil investigasi jenis tanah digunakan sebagai acuan untuk penentuan parameter tanah dalam aplikasi *Slope/W.*

Tabel 3. Hasil Sondir pada lokasi penelitian lapis 1

No	Parameter	Keterangan
1	Phi	37º
2	Kohesi	0,2 kPa
3	Berat jenis (Gs)	23 kN/m^3

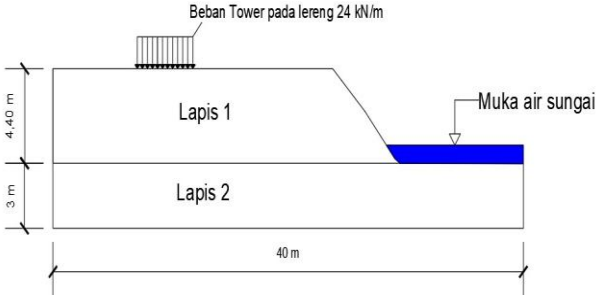
Tanah pada kedalaman lebih dari 5 meter dianggap sebagai dasar sungai yang mempunyai nilai permeabilitas rendah atau cukup kedap air.

Tabel 4. Hasil korelasi data tanah untuk lapisan 2

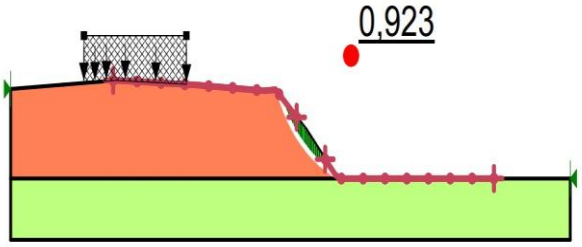
No	Parameter	Keterangan
1	Phi	25°
2	Kohesi	40 kPa
3	Berat jenis (Gs)	18 kN/m^3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil section 2 tampak samping tersebut dibuat analisis mengunakan program Geostudio (*Slope/W*) dengan model keruntuhan *Mohr-Coulomb*. Dengan Metode *Morgenstern-Price* digunakan karena metode ini dalam analisanya mencakup semua gaya yang bekerja pada lereng yang dianalisis.



Gambar 9. Geometri input pada program *Slope/W*
Sumber : Editor, 2025

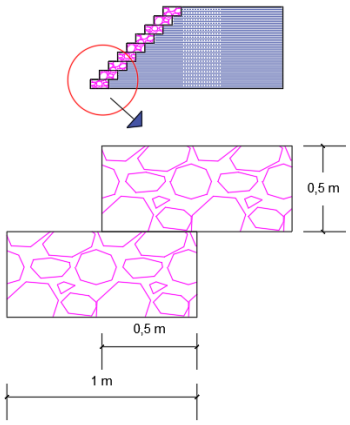


Gambar 10. Hasil program *Slope/W* section 2
Sumber : Editor, 2025

dari hasil analisis menggunakan program *Slope/W* pada Gambar 9. Dapat dilihat pada faktor keamanan yang di dapat kurang dari 1 yang artinya kondisi lereng sungai pada lokasi penelitian sudah terjadi longsoran dangkal seperti pada Gambar 10.

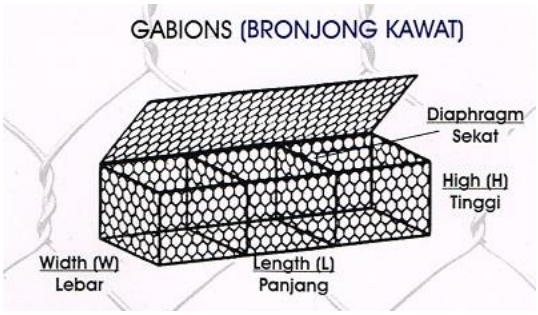
Gambar 11. Longsoran dangkal akibat erosi dari aliran sungai
Sumber : Editor, 2022

Berikut adalah hasil analisis setelah menggunakan bronjong untuk pengamanan lereng sungai dari erosi akibat intensitas hujan

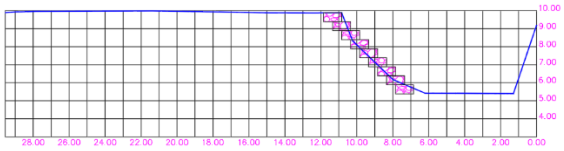


Gambar 12. Dimensi Bronjong yang digunakan dalam analisis
Sumber : Editor, 2025

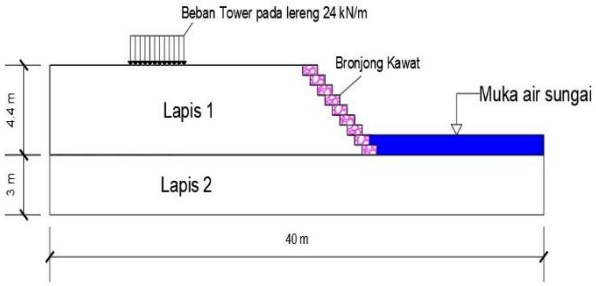
Dari hasil analisis diatas maka bronjong tipe kawat ukuran lebar 2000 mm × tinggi 500 mm × panjang 1000 mm. tipe kawat adalah kawat yang dilapisi PVC.



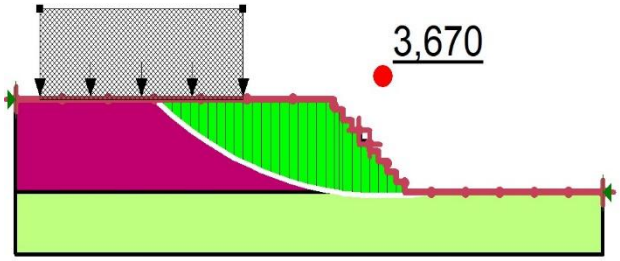
Gambar 13. Dimensi Bronjong
Sumber : PT. Abadi Metal Utama



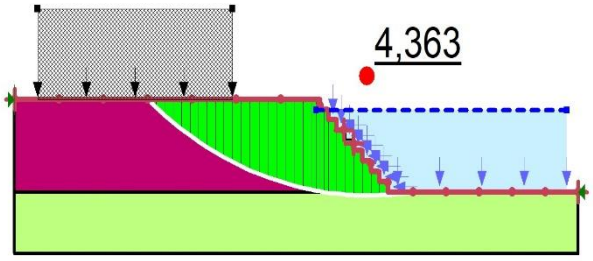
Gambar 14. Topografi dengan pengaplikasian Bronjong
Sumber : Editor, 2022



Gambar 15. Geometri input pada Program *Slope/W* dengan menggunakan Bronjong
Sumber : Editor, 2025



Gambar 16. Hasil Program *Slope/W* dengan menggunakan Bronjong tanpa muka air banjir
Sumber : Editor, 2025



Gambar 17. Hasil Program *Slope/W* dengan menggunakan Bronjong dengan muka air banjir
Sumber : Editor, 2025

Dari hasil analisis menggunakan Program *Slope/W* didapat Faktor Keamanan sebesar 3,670 pada saat muka air normal dan 4,363 pada saat muka air banjir Menurut klasifikasi kestabilan lereng (Bowles,1993) SF diatas 1,5 Stabil (Aman). Dalam analisis diatas pada saat muka air sungai banjir SF meningkat dikarenakan *Confining Pressure* dari air sungai.

KESIMPULAN

Dalam perencanaan pengamanan lereng sungai perlu penggunaan beronjong perlu dipertimbangkan. Hal ini karena material bronjong terbuat dari kawat dan batu yang membuat mudah untuk menstabilisasi lereng-lereng sungai, yang mempunyai muka air banjir yang tinggi.

Pengaplikasian bronjong pada lereng sungai juga tergolong mudah karena material tidak sulit di temukan dan juga metode pelaksanaan pekerjaan lebih mudah dibandingkan dengan yang lain.

Penelitian ini juga dapat dilihat bahwa faktor keamanan meningkat dari 0,923 menjadi 3,670 FK meningkat lebih dari 300 %. Hal ini membuat stabilisasi lereng sungai menggunakan Bronjong masuk dalam tindakan pencegahan longsoran lereng sungai untuk jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh CV. Werdhi Laksana Kami sangat berterima kasih atas dukungan finansial yang diberikan. Ucapan terimakasih juga kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

REFERENSI

Andi Muh dkk, (2020). *Analisis Perhitungan Stabilitas Bronjong Dan RAB* Jurnal Ilmiah Teknik Sipil STABILITA

Burt G, Look, (2014) *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables.* Taylor & Francis Group, London, UK

Cahyo Dwi, dkk, (2017). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Terasering Dan Perkuatan Bronjong di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Das, Braja M, (2002). *Mekanika Tanah Jilid 2* . Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M, (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* . Erlangga, Jakarta.

Fredlund, DG Krahn, J. (1977). *Perbandingan metode analisis stabilitas lereng* . Jurnal Geoteknik Kanada. 14(3): 429-439. https://doi.org/10.1139/t77-045

Hardiyatmo, H.C. (2003). *Mekanika Tanah II Jilid 3*. Gadjah Mada University Press.

Islami, A., Saputra, A., Puspa Rini, R., Ahmad Januar Jafaruddin, & Rokhman. (2024). ANALISIS STABILITAS LERENG DI JALAN AHMAD YANI NO. 49, KOTA SORONG MENGGUNAKAN SOFTWARE

ROCSLIDE. JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN, 10(2), 124–128. http://doi.org/xxxWebsite:https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

Khoeri, H., & Isvara, W. (2024). ANALISIS RESIKO GETARAN TANAH AKIBAT PENGEBORAN RENCANA PONDASI JEMBATAN YANG BERSIMPANGAN DENGAN JALUR PIPA GAS. JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN, 10(2). http://doi.org/xxxWebsite:https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

Logam Karya Abadi. (2015). *Standarisasi Kawat Bronjong Indonesia*

Pebriadi M dkk. (2025). *Studi Perkuatan Lereng Menggunakan Bronjong pada Sungai Batang Tabit Kabupaten Tebo*

Samtani, NC, Nowatzki, EA. (2006). *Soils and Foundations Reference Manual Volume 1*. Departemen Transportasi AS, Federal Highway Administration, Washington, DC 20590.

Whitman RV, Bailey WA, (1967). *Penggunaan komputer untuk analisis stabilitas lereng* . Jurnal ASCE Divisi Mekanika Tanah dan Pondasi, 93(SM4). doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001 003