

# PERENCANAAN DAN EVALUASI STRUKTUR BRONJONG UNTUK PENANGANAN LONGSORAN BADAN JALAN RUAS WAGHETE - MOANAMANI ( KM 219 + 600 )

Mamik Wantoro, ST., MT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Universita Yapis Papua  
Jl. Dr. Sam Ratulangi No. 11 Dok V Atas, Tlp (0967)534012, 550355, Jayapura

<sup>1\*</sup> [mam\\_wanto@yahoo.co.id](mailto:mam_wanto@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Penelitian ini membahas stabilitas tanah dan upaya penanggulangan longsor pada jalan ruas Waghete–Moanamani KM 219 + 600 di Provinsi Papua Tengah. Kerusakan jalan akibat longsor lereng merupakan permasalahan umum di wilayah dengan kondisi topografi perbukitan yang curam, seperti halnya di Papua Tengah. Salah satu titik yang mengalami pergeseran serta penurunan badan jalan terjadi pada ruas Waghete–Moanamani KM 219+600. Kondisi ini dipengaruhi oleh intensitas curah hujan yang tinggi, kemiringan lereng yang curam, karakteristik tanah pelapukan yang lemah, serta sistem drainase yang kurang memadai. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan mengevaluasi kinerja struktur bronjong (gabion) sebagai salah satu solusi penanganan longsor yang efektif dan berkelanjutan pada lokasi tersebut. Metode penelitian meliputi survei topografi, pengujian karakteristik tanah melalui pengujian laboratorium, data bor log dan nilai N-SPT, serta analisis stabilitas lereng menggunakan metode Bishop sederhana. Analisis dilakukan untuk dua kondisi, yaitu sebelum dan sesudah perkuatan dengan struktur bronjong. Parameter perencanaan mengacu pada SNI 8460:2017 dengan dimensi bronjong yang digunakan  $2,00 \times 1,00 \times 0,50$  m, diameter kawat 3 mm, serta batu isi dengan berat jenis  $2,2 \text{ ton/m}^3$ . Evaluasi mencakup stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah dilakukan perkuatan dengan struktur bronjong, nilai faktor keamanan terhadap guling meningkat menjadi 1,79 terhadap geser 1,72 dan terhadap daya dukung mencapai 2.74 yang seluruhnya berada di atas batas aman minimum ( $\geq 1,5$ ). Hal ini membuktikan bahwa penggunaan struktur bronjong efektif dalam meningkatkan kestabilan lereng dan menahan pergerakan massa tanah di lokasi penelitian. Dengan demikian, bronjong dapat dijadikan solusi teknis yang efisien, fleksibel, dan ekonomis untuk penanganan longsor pada badan jalan di wilayah dengan kondisi geoteknik serupa.

Kata kunci : stabilitas lereng; bronjong; longsor; metode Bishop; Papua Tengah

## 1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur utama yang memiliki peran vital dalam mendukung mobilitas masyarakat, distribusi barang, serta mendorong pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Kondisi geografis wilayah Papua Tengah yang didominasi oleh daerah perbukitan dan pegunungan menimbulkan berbagai permasalahan geoteknik, salah satunya berupa ketidakstabilan lereng yang berpotensi menyebabkan longsor. Permasalahan tersebut banyak dijumpai pada beberapa ruas jalan strategis, seperti ruas jalan Waghete–Moanamani, di mana pada KM 219 + 600 terjadi kerusakan berupa pergeseran dan penurunan badan jalan akibat rendahnya kestabilan lereng di lokasi tersebut.

Faktor utama penyebab longsor di lokasi tersebut antara lain curah hujan tinggi, kemiringan lereng yang terjal, kondisi tanah pelapukan yang lemah, serta drainase permukaan yang kurang baik. Kondisi ini menimbulkan gangguan pada fungsi jalan, mengancam keselamatan pengguna, dan menghambat konektivitas antar wilayah di Kabupaten Waghete dan sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya penanganan yang efektif dan berkelanjutan untuk menstabilkan lereng dan mengembalikan fungsi jalan secara optimal.

Salah satu alternatif struktur penahan lereng yang umum diterapkan di daerah dengan material tanah lepas dan kemiringan sedang adalah struktur bronjong (gabion). Bronjong (gabion) merupakan salah satu solusi efektif dalam memperkuat tebing atau lereng pada badan jalan. Struktur ini tersusun dari kotak kawat baja berlapis galvanis atau PVC yang diisi dengan batu pecah berukuran seragam. Susunan batu pada bronjong membentuk struktur berpori yang memungkinkan air mengalir melalui celah-celahnya, sehingga mengurangi tekanan air pori di belakang dinding penahan tanah dan meningkatkan stabilitas lereng. Bronjong memiliki keunggulan berupa kemudahan pelaksanaan, fleksibilitas terhadap deformasi tanah, serta kemampuan drainase yang baik. Selain itu, bronjong relatif ekonomis dan

mudah disesuaikan dengan kondisi medan lapangan yang sulit. Namun demikian, perencanaan dimensi dan evaluasi efektivitas struktur bronjong perlu dilakukan dengan mempertimbangkan faktor geoteknik setempat agar solusi yang diterapkan benar-benar aman dan efisien.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan mengevaluasi struktur bronjong sebagai solusi penanganan longsoran pada badan jalan ruas Waghete–Moanamani (KM 219 + 600). Perencanaan dilakukan berdasarkan data geoteknik lapangan, geometri lereng, dan beban yang bekerja, sedangkan evaluasi difokuskan pada kemampuan struktur dalam meningkatkan faktor keamanan lereng serta efektivitasnya dalam menahan pergerakan tanah. Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan acuan teknis bagi penanganan longsoran serupa di wilayah lain dengan kondisi geoteknik dan topografi yang sebanding.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara fisik atau kimia. Sifat-sifat Teknik tanah dipengaruhi oleh sifat dari induk batuan dan juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut. Beberapa partikel yang terkandung di tanah antara lain yaitu :

- Berangkal (boulders), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (cobbles).
- Kerikil (gravel), partikel yang batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- Pasir (sand), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- Lanau (silt), partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis Pantai pada muara Sungai.
- Lempung (clay), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. partikel – partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- Koloid (colloids), partikel mineral yang diam yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

### Pengertian Longsoran

Longsoran (landslide) merupakan peristiwa **perpindahan massa tanah atau batuan dari posisi semula ke arah bawah atau luar lereng** akibat ketidakseimbangan antara gaya penahan dan gaya pendorong. Menurut **Soedarmo (1993)**, longsor terjadi ketika **gaya geser yang bekerja pada bidang gelincir melebihi kekuatan geser tanah**. Faktor-faktor penyebab utama longsoran meliputi:

- Kondisi geoteknik tanah (kohesi, sudut geser dalam, dan berat volume).
- Curah hujan yang tinggi yang menyebabkan meningkatnya tekanan air pori.
- Beban tambahan di atas lereng atau erosi kaki lereng.
- Getaran atau aktivitas manusia seperti pemotongan lereng tanpa perkuatan.

### Stabilitas Lereng

Stabilitas sebuah longsoran dapat diselidiki dari faktor keamanannya yaitu perbandingan antara gaya yang menahan massa tanah pada lereng dibandingkan dengan gaya yang akan menggerakannya (Cornforth, 2005). Untuk mendapatkan nilai faktor keamanan, dapat dilakukan pemodelan longsoran menjadi bidang dua dimensi yang terbagi menjadi banyak pias yang kesetimbangannya masing-masing dijaga oleh gaya dalam pada tiap pias. Cara ini disebut metode Irisan, dan faktor keamanan dihitung secara kumulatif dari faktor keamanan masing masing pias.

Nilai-nilai faktor keamanan (FK) atau safety factor (SF) untuk menilai kestabilan suatu lereng menurut Joseph E. Bowles (1984) sebagai berikut:

$SF < 1,07$	: Keruntuhan biasa terjadi (labil)
$1,07 < SF < 1,25$	: Keruntuhan pernah terjadi (kritis)
$SF \geq 1,25$	: Keruntuhan jarang terjadi (stabil)

Dalam menganalisa stabilitas lereng harus ditentukan terlebih dahulu faktor keamanan (FK) dari lereng tersebut. Secara umum faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya penahan dan gaya penggerak longsoran

$$Fk = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}}$$

### Metode Irisan (Method Bishop)

Analisa stabilitas dengan menggunakan metode irisan, dapat dijelaskan dengan menggunakan gambar 1. Dengan AC merupakan lengkung lingkaran sebagai permukaan bidang longsor percobaan. Tanah yang berada di atas bidang longsor percobaan dibagi dalam beberapa irisan tegak. Lebar tiap-tiap irisan tidak harus sama. Perhatikan satu satuan tebal tegak lurus irisan melintang talud, gaya-gaya yang bekerja pada irisan tertentu (irisan no n) ditunjukkan dalam gambar.  $W_n$  adalah berat irisan. Gaya-gaya  $N_r$  dan  $T_r$  adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi  $R$ .  $P_n$  dan  $P_{n+1}$  adalah gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan. Demikian juga, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah  $T_n$  dan  $T_{n+1}$ . Untuk memudahkan, tegangan air pori dianggap sama dengan nol. Gaya  $P_n$ ,  $P_{n+1}$ ,  $T_n$ , dan  $T_{n+1}$  adalah sulit ditentukan. Tetapi, kita dapat membuat asumsi perkiraan bahwa resultan  $P_n$  dan  $T_n$  adalah sama besar dengan resultan  $P_{n+1}$  dan  $T_{n+1}$ , dan juga garis-garis kerjanya segaris. Untuk pengamatan keseimbangan

Gaya geser perlawanan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$T_r = \tau_d(\Delta L) = \frac{\tau_f(\Delta L_n)}{F_s} = \frac{1}{F_s} [c + \sigma \tan \phi] \Delta L_n$$

Tegangan normal  $\sigma$  dalam persamaan diatas adalah :

$$\frac{N_r}{\Delta L_n} = \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n}$$

Untuk keseimbangan blok percobaan ABC, momen gaya dorong terhadap titik O adalah sama dengan momen gaya perlawanan terhadap titik O, atau

$$\sum_{n=1}^{\infty} W_n r \sin \alpha_n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{F_s} \left( c + \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \tan \phi \right) (\Delta L_n) (r)$$

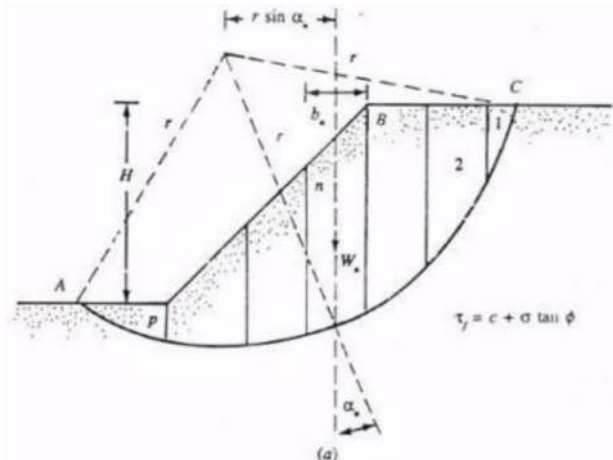
atau

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n}$$

Catatan :

$\Delta L_n = \frac{(b_n)}{\cos \alpha_n}$ , dengan  $b_n$  = lebar potongan

nomor n.



Gambar 1. Gaya – Gaya yang bekerja pada bidang irisan

### Struktur Bronjong (Gabion)

Bronjong atau **gabion** adalah struktur penahan tanah yang terbuat dari **anyaman kawat baja galvanis** berbentuk kotak, diisi dengan **batu pecah berukuran seragam**, dan disusun membentuk dinding penahan fleksibel. Menurut **Direktorat Bina Teknik SDA (2017)**, struktur bronjong memiliki kelebihan:

- Fleksibel, mampu menyesuaikan dengan pergerakan tanah tanpa kerusakan besar.
- Permeabel, memungkinkan air mengalir melalui pori-pori batu sehingga menurunkan tekanan air pori di belakang struktur.
- Ekonomis dan mudah dipasang, karena material batu dan kawat relatif mudah diperoleh.
- Ramah **lingkungan**, karena dapat ditumbuhi vegetasi di sela-sela batu.

### Komponen dan Material Bronjong

Komponen utama bronjong meliputi:

- Anyaman kawat baja galvanis atau PVC-coated wire, dengan diameter 2,7–3,4 mm sesuai SNI 03-0090-1999.
- Batu isi (rip-rap) dengan ukuran 10–30 cm dan berat jenis  $> 2,5$ .
- Pengikat (lacing wire) untuk menyambung antar kotak bronjong.
- Filter geotekstil, dipasang di belakang bronjong untuk mencegah erosi halus akibat aliran air.

### Prinsip Perencanaan Struktur Bronjong

Menurut **Departemen Pekerjaan Umum (2005)** dan **Koerner (2012)**, perencanaan struktur bronjong melibatkan beberapa tahapan analisis:

- Analisis stabilitas eksternal**, meliputi:
  - Stabilitas terhadap geser (*sliding*)
  - Stabilitas terhadap guling (*overturning*)
  - Kapasitas dukung tanah (*bearing capacity*)
- Analisis stabilitas internal**, meliputi:

- *Kestabilan susunan bronjong terhadap geser antar-lapisan*
  - *Integritas sambungan dan kekuatan kawat*
3. **Drainase dan tekanan air**, mempertimbangkan kemampuan bronjong untuk mengalirkan air dan mencegah tekanan hidrostatik di belakang dinding.

Rumus sederhana untuk momen guling ( $M_o$ ) dan momen penahan ( $M_r$ ):

$$FS_{Guling} = \frac{M_r}{M_o}$$

$$FS_{Geser} = \frac{R}{P}$$

di mana:

$M_r$  = momen penahan ( $\text{kN}\cdot\text{m}$ )

$M_o$  = momen guling ( $\text{kN}\cdot\text{m}$ )

$R$  = gaya penahan ( $\text{kN}$ )

$P$  = gaya pendorong ( $\text{kN}$ )

### Evaluasi Kinerja Struktur Bronjong

Evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas dan kondisi struktur setelah terpasang. Menurut **Hardiyatmo (2010)**, evaluasi kinerja bronjong dapat meliputi:

- a. Pemeriksaan **deformasi atau pergeseran** struktur akibat beban air atau tanah.
- b. **Kondisi kawat dan sambungan** (korosi, putus, atau deformasi).
- c. **Kinerja drainase**, yaitu kemampuan struktur mengalirkan air tanpa menyebabkan erosi.
- d. **Kestabilan global lereng**, untuk memastikan bronjong berfungsi sesuai desain.

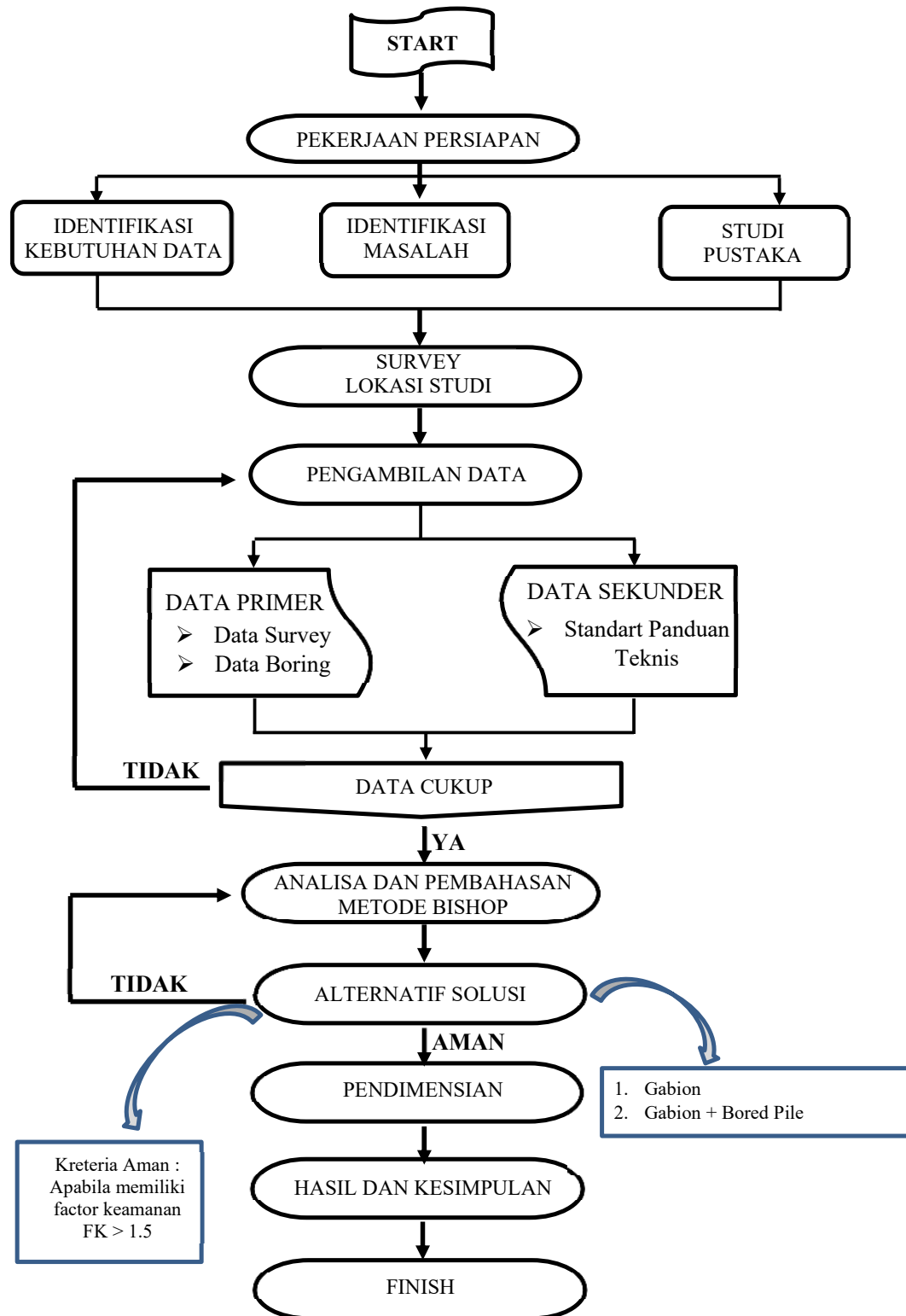
### Standar dan Acuan Teknis

Perencanaan dan evaluasi bronjong dapat mengacu pada standar berikut:

- a. **SNI 8460:2017** – Perencanaan Penahan Tanah dengan Struktur Bronjong.
- b. **Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)** – Manual Desain Penahan Tanah dan Drainase Jalan.

### 3. METODE PENELITIAN

Jurnal ini membahas mengenai perencanaan dan evaluasi stabilitas lereng untuk menanggulangi longsor yang terjadi di ruas jalan Waghete–Moanamani pada KM 219 + 600. Secara umum prosedur perancangan dan analisis secara sederhana ditunjukkan dengan bagan alir seperti pada Gambar 2.

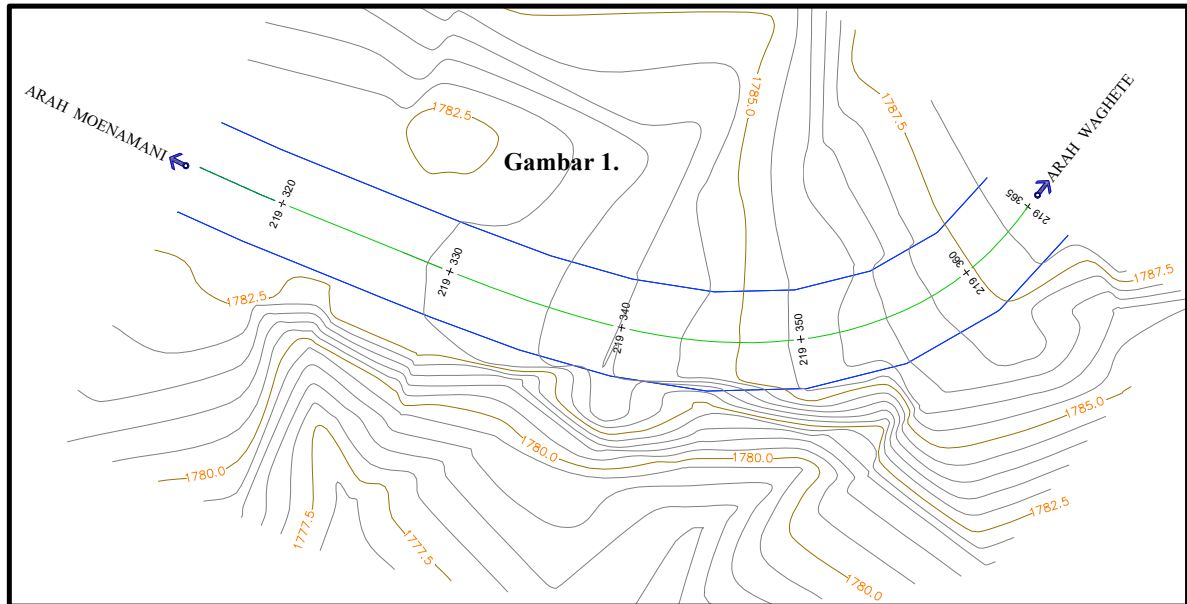


Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Survei topografi

Survei topografi dilakukan menggambarkan situasi dilapangan pada peta. Pemetaan situasi meliputi pengukuran kerangka horizontal dan kerangka vertikal. Kerangka horizontal menggunakan metode polygon sedangkan kerangka vertikal menggunakan metode tacheometry. Hasil survey topografi seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Topografi

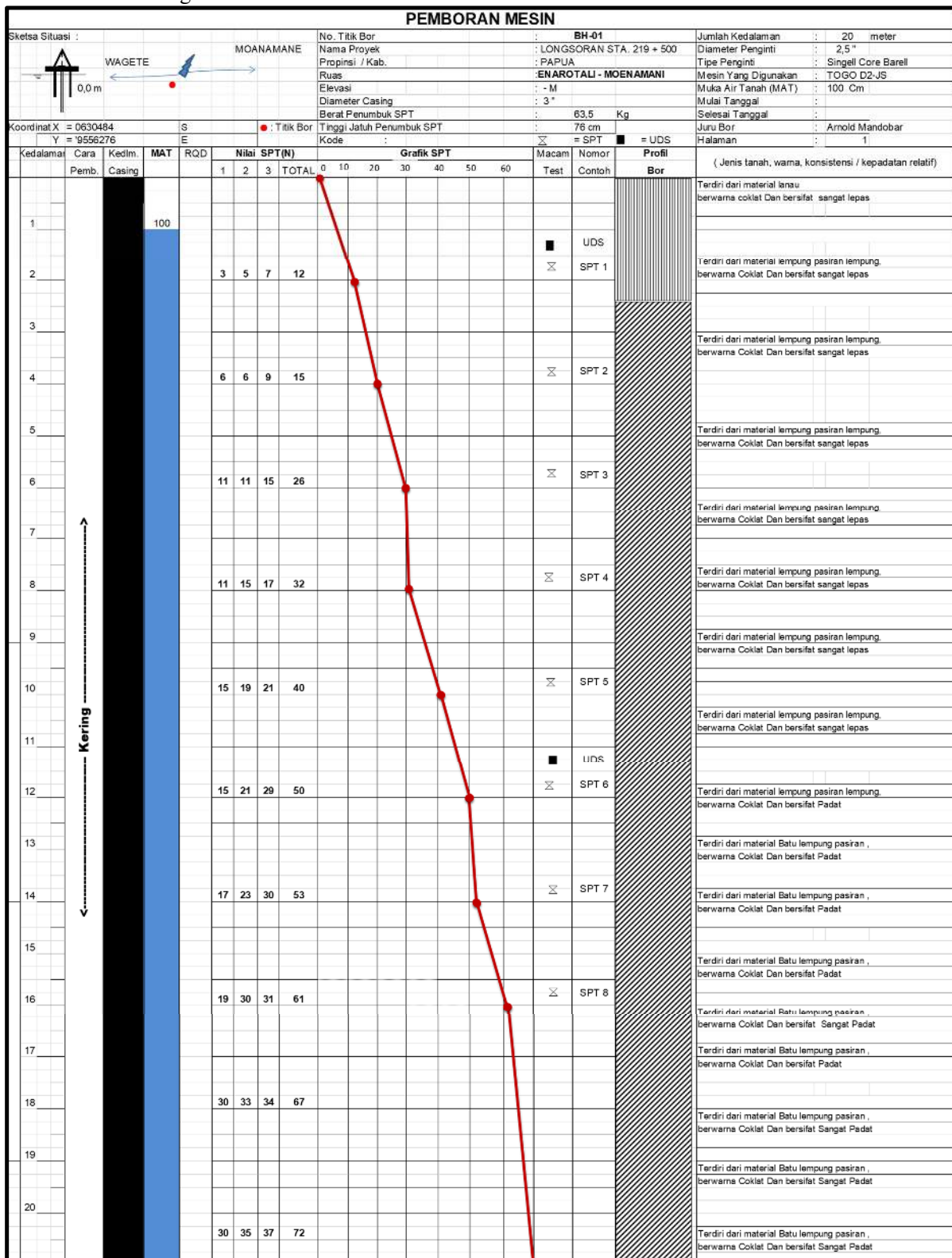
##### Pengujian Karakteristik Tanah

Parameter tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data bor log dan hasil uji laboratorium dengan data parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 1, data hasil pengeboran BH. 01 dapat dilihat pada Lampiran 1, Tabel 2 (a) (b) terdapat urutan jenis lapisan tanah, kedalaman dan nilai N-SPT masing-masing lapisan tanah, data kohesi tanah dapat dilihat pada Tabel 3, dan pada Tabel 4 data modulus elastisitas tanah dan data poisson ratio tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Tanah

Jenis tanah, lapisan	Parameter Tanah						
	Kadar Air (Wc) %	Berat Jenis (SG)	Berat Isi Tanah ( $\gamma$ ) gr/cm <sup>3</sup>	Angka Pori (e)	Isi Pori (n) %	Sudut Geser $\theta$	Kohesi (C) Kpa
Lempung Lanau, Coklat Keabu abuan	24.55	2.65	1.54	1.15	34.58	28.3	1.73

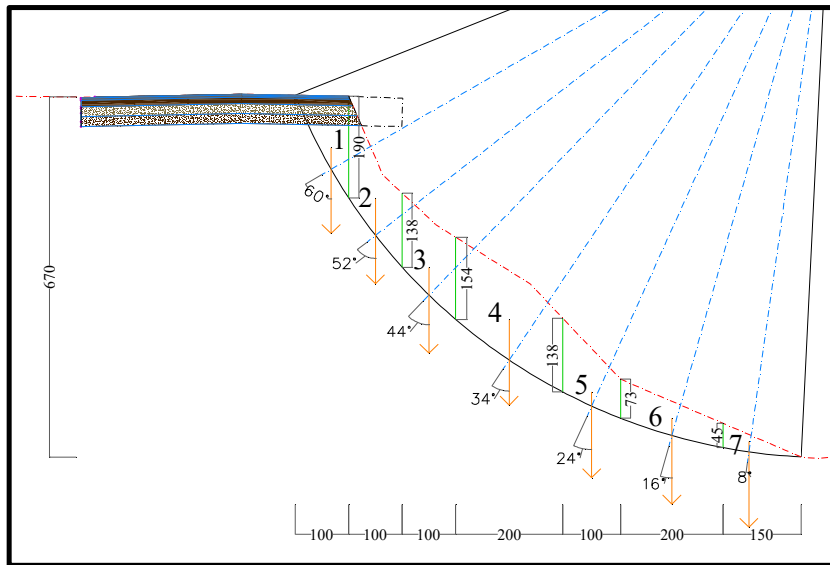
Tabel 2 . Hasil Pengeboran SPT.





### Analisis Stabilitas Lereng Sebelum di Perkuat Dengan struktur Bronjong

Pemodelan lereng diperlakukan seperti pada gambar 4 dengan di Analisa menggunakan metode simplifiel Bishop,s.



Gambar 4. Analisis Permodelan Lereng

Tabel. 3 Analisa Stabilitas Lereng Sebelum Perkuatan

Sline No	$A_n$	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$W_n$	$\alpha_n$	$\sin(\alpha_n)$	$\cos(\alpha_n)$	$b_n$	$W_n \sin(\alpha_n)$	$c'$ (kPa)	$\Phi$	$\tan(\Phi)$	$A = c' b_n + W_n \tan(\Phi)$	$F_s$	$B = (\cos \alpha_n + (\sin \alpha_n * \tan \Phi)) / F_s$	$A/B$	$F_s$
1	0.95	15.40	14.63	60	0.866	0.500	0.50	12.670	17.30	28.30	0.538	16.527	0.94	0.996	16.59	0.93
2	1.64	15.40	25.26	52	0.788	0.616	1.00	19.902	17.30	28.30	0.538	30.899	0.94	1.067	28.96	
3	1.46	15.40	22.48	44	0.695	0.719	1.00	15.619	17.30	28.30	0.538	29.406	0.94	1.117	26.32	
4	2.92	15.40	44.97	34	0.559	0.829	2.00	25.146	17.30	28.30	0.538	58.813	0.94	1.149	51.17	
5	1.06	15.40	16.25	24	0.407	0.914	1.00	6.608	17.30	28.30	0.538	26.048	0.94	1.147	22.72	
6	1.18	15.40	18.17	16	0.276	0.961	1.50	5.009	17.30	28.30	0.538	35.735	0.94	1.119	31.93	
7	0.34	15.40	5.20	8	0.139	0.990	0.75	0.723	17.30	28.30	0.538	15.774	0.94	1.070	14.74	
kendaraan			100.00	90	1.000	0.000		100.000	17.30	28.30	0.538	53.844	0.94	0.573	94.00	
Jumlah													267.046		286.43	

### Analisis Stabilitas Lereng Diperkuat dengan Struktur Bronjong

Pemodelan lereng diperlakukan seperti pada gambar 5 dengan Simulasi model dilakukan dengan menambahkan struktur bronjong

#### Parameter yang digunakan sebagai berikut :

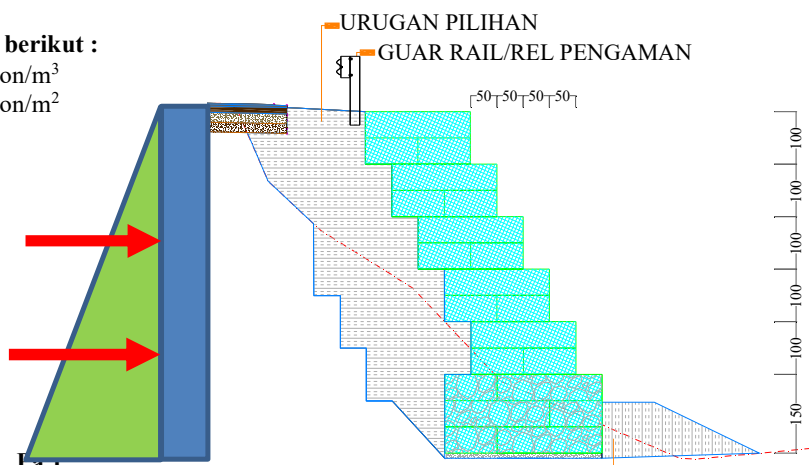
Berat Volume ( $\gamma$ ) = 1.54 ton/m<sup>3</sup>  
 Kohesi (C) = 1.73 ton/m<sup>2</sup>  
 Sudut geser ( $\Phi$ ) = 28.3  
 Tinggi akibat tekanan tanah = 6.5 m

#### Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

$K_a = \tan^2(45^\circ - \Phi/2)$   
 $K_a = \tan^2(45^\circ - 28,3^\circ/2)$   
 $K_a = 0.36$   
 Tekanan Tanah Aktif  
 $P_a = 0.5 \times \gamma \times H^2 \times K_a$   
 $P_a = 0.5 \times 1.54 \times 6.5^2 \times 0.36$   
 $P_a = 11,606 \text{ ton}$

#### Momen Aktif

$M_a = 1/3 \times P_a \times H$   
 $M_a = 1/3 \times 11,606 \times 6.5$   
 $M_a = 25,147 \text{ tonm}$



Gambar 5. Permodelan Struktur



**Perhitungan Tekanan Tanah Aktif akibat beban merata Aspal**

$$Q = 6 \times 0.05 \times 2.2 = 0.66 \text{ ton/m}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - 28.3^\circ/2)$$

$$K_a = 0.36$$

Tekanan Aktif Akibat Beban Aspal

$$P_a = q \times H \times K_a$$

$$P_a = 0.66 \times 6.5 \times 0.36$$

$$P_a = 1.54 \text{ ton}$$

Momen Aktif

$$M_a = 1/2 \times P_a \times H$$

$$M_a = 1/2 \times 1.540 \times 6.5$$

$$M_a = 5.013 \text{ tonm}$$

**Tekanan Tanah Aktif Akibat Beban Kendaraan ( P = 10 ton)**

Maka tekanan tanah lateral akibat beban titik dapat di tulis dengan persamaan sebagai berikut

$$\sigma_h = \frac{1.77 P}{H^2}$$

$$\sigma_h = \frac{1.77 \times 10}{6.5^2}$$

$$\sigma_h = 0.4189 \text{ ton}$$

Tekanan Tanah Akibat Beban Mobil

$$P_a = \sigma_h \times H$$

$$P_a = 0.4189 \times 6.5$$

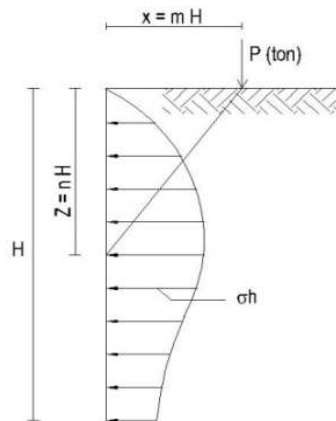
$$P_a = 2.723 \text{ ton}$$

Momen Aktif

$$M_a = 1/2 \times \sigma_h \times H^2$$

$$M_a = 1/2 \times 2.723 \times 6.5$$

$$M_a = 8.85 \text{ tonm}$$



Tabel 4 Menghitung Berat Sendiri struktur bronjong dan Momen Yang Bekerja

Bidang	Lebar	Tinggi	Luas	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	Berat per satuan Panjang	Jarak Momen Terhadap Titik A	Momen
1	2	1	2	2.2	2.2	4.4	3.50
2	2	1	2	2.2	2.2	4.4	3
3	2	1	2	2.2	2.2	4.4	2.5
4	2	1	2	2.2	2.2	4.4	2
5	2	1	2	2.2	2.2	4.4	1.5
6	3	1.5	4.5	2.2	2.2	9.9	1.5
Jumlah					31.9		69.85

**Analisis stabilitas lereng setelah ada perkuatan struktur bronjong****Stabilitas terhadap guling**

$$Sf = \frac{\text{Momen Lawan}}{\text{Momen Guling}}$$

$$Sf = \frac{25.1477+5.019+8.85}{69.85} = 1.79 > 1.5 \longrightarrow \text{Keruntuhan jarang terjadi (stabil)}$$

**Stabilitas terhadap geser**

$$Sf = \frac{\Sigma V \tan \Phi + B.C + Pp}{Pa}$$

$$Kp = \tan^2 (45^\circ - \Phi/2)$$

$$Kp = 2,80$$

$$Pp = 0,5 \times 1,54 \times 1,5^2 \times 2,8 = 4,86$$

$$\Sigma V \tan \Phi + B.C + Pp = (31,9 \tan 28,3^\circ) + (3 \times 1,73) + 4,86 = 27,222$$

$$Sf = \frac{27,222}{11,60 + 1,54 + 2,72} = 1,72 > 1,5 \longrightarrow \text{Keruntuhan jarang terjadi (stabil)}$$

#### Stabilitas terhadap daya dukung

$$q_{ult} = 8 N \left( \frac{3,28 \cdot B + 1}{3,28 \cdot B} \right)^2$$

$$q_{ult} = 8 \times 30 \left( \frac{3,28 \times 3 + 1}{3,28 \times 3} \right)^2$$

$$q_{ult} = 291,259 \text{ kN/m}^2$$

Beban batas yang mampu di tahan oleh pondasi adalah

$$Qu = (1 \text{ m} \times 3 \text{ m}) \times 29,13 \text{ ton/m}^2$$

$$Qu = 87,38 \text{ ton} > 31,9 \text{ ton} \longrightarrow \text{Konstruksi Mampu menerima beban vertikal}$$

$$Sf = \frac{87,38}{31,90} = 2,74 \text{ ton} > 1,5 \longrightarrow \text{Keruntuhan jarang terjadi (stabil)}$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa struktur bronjong merupakan solusi efektif dalam menanggulangi longsoran pada badan jalan di wilayah dengan kondisi geoteknik kompleks seperti ruas Waghete–Moanamani KM 219 + 600. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan metode Bishop, diketahui bahwa kondisi lereng sebelum perkuatan berada dalam keadaan tidak stabil, ditandai oleh nilai faktor keamanan di bawah batas aman (0,94). Setelah dilakukan perkuatan dengan struktur bronjong, faktor keamanan meningkat signifikan menjadi 1,79 terhadap guling, 1,72 terhadap geser, dan 2,74 terhadap daya dukung tanah, sehingga lereng dinyatakan aman dan stabil.

Struktur bronjong terbukti mampu menahan tekanan lateral tanah dan mengurangi risiko pergeseran massa tanah berkat sifatnya yang fleksibel, permeabel, dan mudah beradaptasi terhadap deformasi lereng. Selain itu, penggunaan material lokal menjadikan metode ini ekonomis, mudah dikerjakan, dan ramah lingkungan. Dengan demikian, bronjong direkomendasikan sebagai alternatif utama dalam penanganan longsoran badan jalan di daerah pegunungan yang memiliki karakteristik tanah dan curah hujan tinggi seperti di Papua Pegunungan.

### Saran

Disarankan dilakukan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan efektivitas bronjong terhadap jenis perkuatan lain seperti dinding penahan tanah beton bertulang atau geotekstil. Studi numerik dan eksperimental tambahan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap perilaku struktur bronjong pada berbagai kondisi geoteknik.

### PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1984). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI-8640:2017. *Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. (2017). Jakarta: Dewan Standardisasi Indonesia.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Jalan Perumahan, Permukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah. Indonesia, 2012. *Implementasi Penanganan Lereng Terhadap Bahaya Longsor*
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). McGraw-Hill, New York.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Panduan Perencanaan Bangunan Penahan Tanah*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Direktorat Bina Teknik Sumber Daya Air. (2017). *Petunjuk Teknis Perencanaan dan Pelaksanaan Bronjong (Gabion) untuk Pengamanan Lereng dan Tebing Sungai*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Manual Desain Penahan Tanah dan Drainase Jalan (MDPT)*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Soedarmo, R. (1993). *Mekanika Tanah I*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0090-1999. (1999). *Kawat Baja Galvanis untuk Anyaman Bronjong dan Kasur Bronjong*. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.