

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN BRONJONG
MENGUNAKAN *SOFTWARE SLOPE/W*
(Studi Kasus : Sungai Pepe, Desa Kadipiro, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta)**

Jayanti Dwi Aningsih, A0118064

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

Email : jayantidwia30@gmail.com

Abstrak

Sungai Pepe adalah salah satu anak sungai dari sungai Bengawan Solo. Sungai ini memiliki hulu dari percabangan sungai Anyar daerah terminal Tirtonadi dan membelah kota Surakarta sampai pintu air Demangan kelurahan Sangkrah. Tepat tahun 2017 lereng sungai Pepe di desa Kadipiro mengalami kelongsoran. Penelitian ini bertujuan menganalisis stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan bronjong, setelah diberi perkuatan bronjong dan setelah diberi beban gempa. Stabilitas lereng mengacu pada angka keamanan sesuai SNI 8640:2017 tentang persyaratan perancangan *geoteknik*. Jika nilai *safety factor* (SF) > 1,5 maka lereng dalam kondisi aman sedangkan, (SF) < 1,5 lereng dalam kondisi tidak aman. Berdasarkan analisis *Software Slope/W* model lereng 3 (SF) sebesar 0,992 sedangkan, model lereng 4 (SF) sebesar 1,382 dikonfirmasi menggunakan metode *Fellenius* (SF) berturut-turut sebesar 1,217 dan 1,215. Hasil analisis *Software Slope/W* model lereng 5 (SF) sebesar 1,923 sedangkan, model lereng 6 didapatkan (SF) sebesar 2,233 dikonfirmasi menggunakan metode *Fellenius* (SF) berturut-turut sebesar 2,003 dan 1,903. Hasil analisis *Software Slope/W* model lereng 7 (SF) sebesar 1,698 sedangkan, model lereng 8 (SF) sebesar 1,882 dikonfirmasi menggunakan metode *Fellenius* (SF) berturut-turut sebesar 1,903 dan 2,094. Perkuatan bronjong dapat meningkatkan stabilitas lereng sebesar 28,86%. Perbedaan (SF) dari hasil analisis *Software Slope/W* dan metode *Fellenius* sebesar 10%.

Kata kunci : Bronjong, Stabilitas lereng, *Safety factor*, *Slope/W*, *Fellenius*.

Abstract

The Pepe River is one of the tributaries of the Bengawan Solo river. This river has its headwaters from the branching of the Anyar river in the Tirtonadi terminal area and divides the city of Surakarta to the Demangan sluice of Sangkrah village. In exactly 2017 the slopes of the Pepe river in kadipiro village experienced cladding. This study aims to analyze the stability of the slopes before being strengthened by gabions, after being strengthened by gabions and after being given earthquake loads. Slope stability refers to safety figures according to SNI 8640:2017 on geotechnical design requirements. If the safety factor (SF) value > 1.5 then the slope is in safe condition while, (SF) < 1.5 slopes in unsafe condition. Based on software slope/W analysis of slope model 3 (SF) of 0.992 while, slope model 4 (SF) of 1,382 was confirmed using fellenius method (SF) respectively of 1.217 and 1.215. The results of the Analysis of Software Slope/W slope model 5 (SF) of 1,923 while, slope model 6 obtained (SF) of 2,233 confirmed using fellenius method (SF) respectively of 2,003 and 1,903. The results of the Software Slope/W analysis of slope model 7 (SF) were 1,698 while, slope model 8 (SF) of 1,882 was confirmed using fellenius (SF) method respectively of 1,903 and 2,094. The strengthening of gabions can increase slope stability by 28.86%. The difference (SF) from the analysis results of Software Slope/W and the Fellenius method was 10%.

Keywords : Gabion, Slope stability, Safety factor, Slope/W, Fellenius.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang berada tepat di garis khatulistiwa. Keadaan ini membuat Indonesia mempunyai curah hujan dengan intensitas tinggi. Seperti yang diketahui hal tersebut menjadikan Indonesia juga memiliki potensi bencana alam yang besar dan merugikan penduduk. Curah hujan yang melimpah harus diimbangi dengan adanya suatu kawasan yang mampu mengalirkan air agar tidak terjadi limpasan. Dalam hal ini sungai dapat digunakan untuk menampung air lalu mengalirkannya ke anak-anak sungai yang lain hingga bermuara ke laut.

Sungai Pepe adalah salah satu anak sungai dari sungai Bengawan Solo. Sungai ini memiliki hulu dari percabangan sungai Anyar daerah terminal Tirtonadi kelurahan Gilingan kecamatan Banjarsari kota Surakarta dan membelah kota Surakarta sampai pintu air Demangan kelurahan Sangkrah kecamatan Pasar Kliwon. Sungai Pepe sangat penting bagi warga kota Surakarta dan sekitarnya karena saat musim hujan tiba sungai Pepe mampu menampung debit air dalam jumlah besar. Alasan inilah yang menjadikan sungai Pepe sebaiknya selalu dalam kondisi layak dan sesuai standar.

Tepat tahun 2017 lereng sungai Pepe di desa Kadipiro mengalami kelongsoran. Longsor diduga terjadi akibat berubahnya fungsi lereng yaitu pada puncak lereng ditumbuhi oleh banyak vegetasi. Akar vegetasi membuat tanah gembur yang mengakibatkan saat hujan turun daya resap tanah menjadi besar. Keadaan ini meningkatkan kadar air di dalam tanah. Aliran air yang melewati lereng membawa serta butir-butir tanah hingga terjadi gerusan di dasar sungai. Adanya desakan dari beban yang bekerja menambah terjadinya kelongsoran lereng.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan bronjong, menganalisa stabilitas lereng setelah diberi perkuatan bronjong dan menganalisa stabilitas lereng

setelah diberi perkuatan bronjong dengan tambahan beban gempa. Manfaat dari penelitian ini adalah pemanfaatan *Software Slope/W* v.18 dalam menyelesaikan permasalahan yang ada di ilmu geoteknik, sebagai referensi bagi *engineer* mengenai stabilitas lereng dan memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu *geoteknik* serta memberikan solusi untuk memecahkan permasalahan di bidang teknik sipil dalam menganalisis stabilitas lereng yang mengalami kelongsoran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Olga, dkk (2013) melakukan penelitian tentang analisis stabilitas struktur pelindung pantai batu bronjong yang berlokasi di pantai Bengkulu. Penelitian ini memberikan penyelesaian kestabilan struktur pelindung akibat erosi pantai serta kenaikan permukaan laut dengan menggunakan material yang mudah didapat dan ekonomis. Selain itu, juga memperhitungkan faktor keamanan terhadap guling, geser dan daya dukung tanah.

Murri, May Malasari (2014) yaitu mengenai analisis stabilitas lereng dengan pemasangan bronjong. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui angka keamanan lereng sungai Gajah Putih kota Surakarta akibat beban mati dan akibat beban mati + beban hidup, mengetahui peningkatan angka keamanan lereng sungai Gajah Putih setelah pemasangan bronjong, mengetahui konfigurasi bronjong yang relatif paling aman dipasang di lereng sungai Gajah Putih kota Surakarta. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Bishop* yang disederhanakan untuk mengetahui stabilitas lereng tersebut.

Prayitno, Rendi Teguh (2016) yaitu mengenai analisis stabilitas lereng bertingkat dengan perkuatan *gabion*. Penelitian ini dilakukan di kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besarnya angka keamanan pada lereng bertingkat dengan pemodelan *gabion* menggunakan program *Plaxis 8.2*. Material tanah menggunakan model *Mohr-Coulumb*. Stabilitas lereng

yang diperhitungkan adalah stabilitas global. Pembebanan lereng hanya terbatas pada pembebanan lalu lintas.

Sagita, Elok Fajar (2016) melakukan penelitian tentang analisis stabilitas lereng dengan perkuatan bronjong menggunakan metode *Bishop* yang disederhanakan di Desa Tambakmereng, Girimarto, Kabupaten Wonogiri. Perhitungan secara analitis menggunakan metode Bishop disederhanakan dengan *Softwatre Microsoft Excel* sehingga, diperoleh hasil angka aman pada lereng tersebut. Dapat mengetahui solusi pemasangan bronjong yang aman untuk mengatasi longsor yang terjadi pada lereng Desa Tambakmerang, Girimarto, Kabupaten Wonogiri.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan obyek penelitian adalah lereng sungai Pepe yang terletak di desa Kadipiro, kecamatan Banjarsari, kota Surakarta. Berada pada koordinat $110^{\circ}48'20.86''$ BT dan $7^{\circ}32'20.86''$ LS .

3.2. Data Penelitian

Data penelitian diperlukan untuk mencari hasil perbandingan yang diinginkan tercapai. Data tersebut dibagi menjadi 2 (dua) yaitu data primer dan data sekunder. Data penelitian didefinisikan sebagai berikut :

1. Data Primer

Sugiyono (2016), data primer adalah sebuah data yang langsung didapatkan dari sumber dan diberikan kepada pengumpul data atau peneliti. Sumber data primer adalah wawancara dengan subjek penelitian baik secara observasi ataupun pengamatan langsung. Fungsinya yaitu menyelesaikan rumusan masalah penelitian, sebagai dasar jawaban rumusan masalah, sebagai sumber evaluasi dan acuan perencanaan. Data primer bersifat asli, bagian dari informasi yang pertama, valid dan akurat, serta masih berupa data mentah. Data primer yang

dibutuhkan dalam penelitian sebagai berikut :

a. Data Tanah

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer hasil pengujian sampel tanah asli dari lereng sungai Pepe, desa Kadipiro, kecamatan Banjarsari, kota Surakarta yang dilakukan langsung di lapangan. Penyelidikan tanah menggunakan Uji DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) untuk mendapatkan nilai kekuatan tanah dasar atau lapis fondasi jalan serta uji indeks properties tanah diantaranya pengujian *Hydrometer Analysis*, *Grain Size Analysis*, *Direct Shear* dan *Atterberg Limits*.

b. Data Profil Lereng

Data profil lereng digunakan untuk mengetahui dimensi dari lereng Sungai Pepe. Data profil lereng yang didapat sangat membantu saat analisis dilakukan. Penampang lereng Sungai Pepe berupa gambar dua dimensi dalam bentuk *AutoCad*. Data didapat dari pihak pelaksana proyek. Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui kondisi topografi lereng memiliki kemiringan sebesar 60° dan ketinggian sebesar 4.50 meter.

c. Data Spesifikasi Bronjong

Bronjong yang digunakan pada lereng Sungai Pepe, Desa Kadipiro, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta adalah bronjong kawat berbentuk kotak yang terbuat dari anyaman kawat baja berlapis seng dengan dimensi sesuai dengan ketentuan SNI 03-0090-1999. Menurut SNI 03-0090-1999, sifat tampak yang harus dimiliki dari kawat bronjong adalah :

- Harus kokoh.
- Bentuk anyaman heksagonal dengan liitan ganda dan

berjarak maksimum 40 mm serta harus simetri.

- Lilitan harus erat, tidak terjadi kerenggangan hubungan antara kawat sisi.
- Kawat anyaman dilit minimum 3 kali sehingga kawat mampu menahan beban dari segala jurusan.

d. Data Spesifikasi Cerucuk

Di dalam penggunaan bronjong untuk perkuatan lereng dipakai juga untuk memperkuat dengan tambahan cerucuk dolken kayu di bawahnya. Perkuatan yang dipakai adalah cerucuk dolken kayu tiang Ø 10 cm per m' (per m' = 3 buah).

2. Data Sekunder

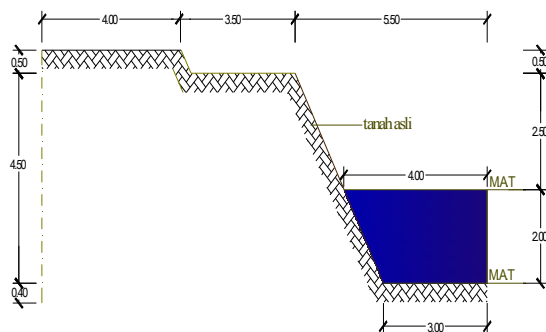
Menurut Sugiyono (2016), data sekunder adalah data yang tidak langsung diterima oleh pengumpul data bisa melalui orang lain atau lewat dokumen. Sumber data sekunder merupakan sumber data pelengkap yang berfungsi melengkapi data yang diperlukan oleh data primer.

a. Data Beban

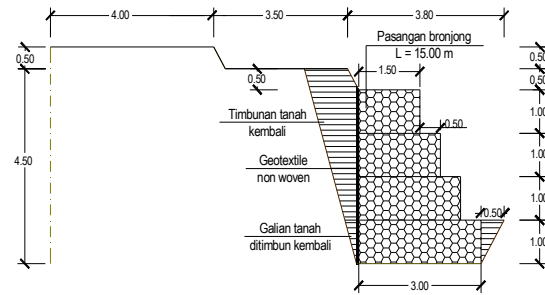
Beban yang digunakan dalam perhitungan yaitu beban lalu lintas, beban bangunan di atasnya dan beban gempa.

3.3. Pemodelan Lereng

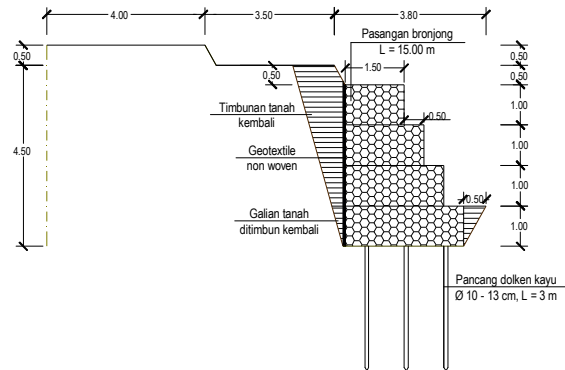
Sketsa profil lereng Sungai Pepe di Desa Kadipiro Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta disimulasikan sesuai keadaan di lapangan yang sebenarnya seperti terlihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 1 Sketsa lereng sebelum diberi perkuatan

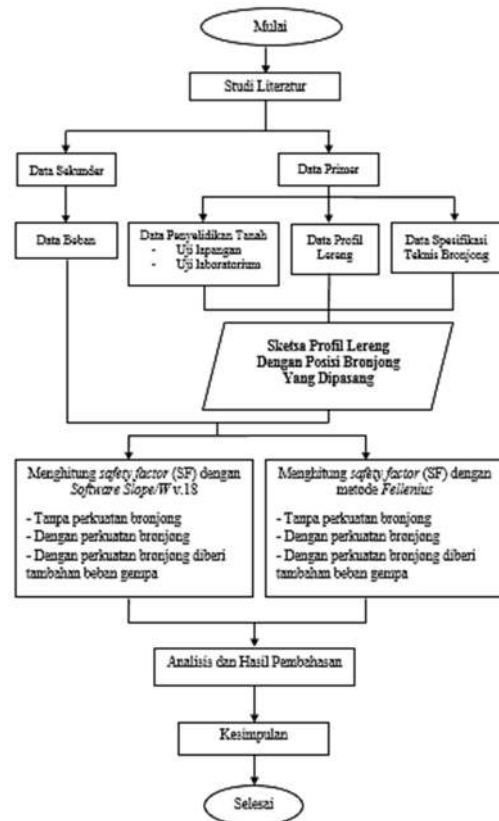


Gambar 2 Sketsa lereng setelah diberi perkuatan



Gambar 3 Sketsa lereng setelah diberi perkuatan dan cerucuk dolken kayu

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan-tahapan penelitian digambarkan pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian

Parameter data tanah diperoleh dari hasil pengujian lapangan yang dikombinasikan dengan pengujian laboratorium. Parameter kuat geser dicari menggunakan 2 (dua) metode yaitu dengan uji laboratorium *Direct Shear* dan uji lapangan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Hasil parameter dari uji kuat geser di laboratorium menghasilkan kohesi tanah (c) dan sudut gesek dalam (ϕ) lebih besar dari uji lapangan. Oleh karena itu, supaya didapatkan nilai lebih aman maka digunakan hasil kohesi tanah (c) dan sudut gesek dalam (ϕ) yang terkecil yaitu dari uji lapangan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). **Tabel 1** merupakan rekapitulasi data parameter tanah pada lereng di Sungai Pepe, Desa Kadapiro, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta.

Tabel 1 Hasil rekapitulasi *indeks properties* tanah

Sampel	Jenis Penyelidikan						Klasifikasi
	w	Gs	Grain Size	Atteberg Limits	γ_b	Direct Shear	
	%		%	%	kN/m ³	c (kPa) ϕ (°)	
T.Kdp	2,68		Gravel 0,37 Sand 30,48 Silt 69,15 Clay	LL 32,17 PL 29,28 PI 2,89 SL	18,51	19,57 0,00	ML Lanau kelepungan non organik plastisitas rendah

Material bronjong mengambil referensi dari *Maccaferri Gabion Product* dengan berat volume batu pecah (γ_i) = 15 kN/m³, kohesi (c) = 15 kPa dan sudut gesek dalam (ϕ) = 50°. Adapun material *properties* terlihat seperti **Tabel 2**

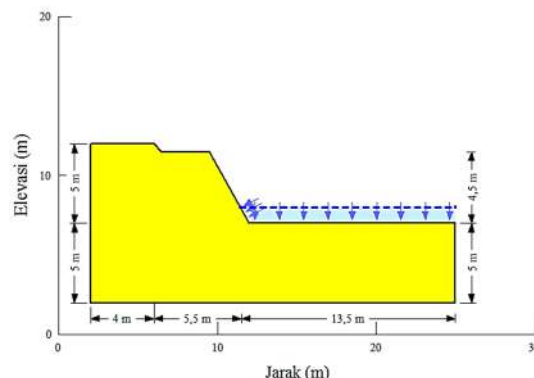
Tabel 2 *Material properties*

No. Lapisan	Unit weight (γ_b) (kN/m ³)	Kohesi (c) (kPa)	Sudut gesek dalam (ϕ) (°)	Model Material
Tanah Timbunan	18,51	19,57	0	Mohr-Coulumb
Gabion	15	15	50	Mohr-Coulumb

Angka *safety factor* (SF) dapat diperoleh dengan melakukan “*Trial Error*” terhadap beberapa bidang longsor yang umumnya berupa busur lingkaran dan kemudian diambil nilai (SF) minimum sebagai indikasi bidan longsor kritis. Semua analisis stabilitas menggunakan metode *Morgenstern-Price* dengan definisi permukaan *entry – exit slip surface*

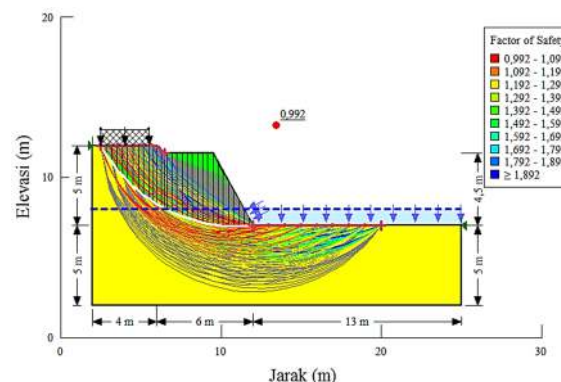
definition. Tekanan air pori ditentukan dengan menggunakan garis muka air sungai.

4.2. Pembahasan

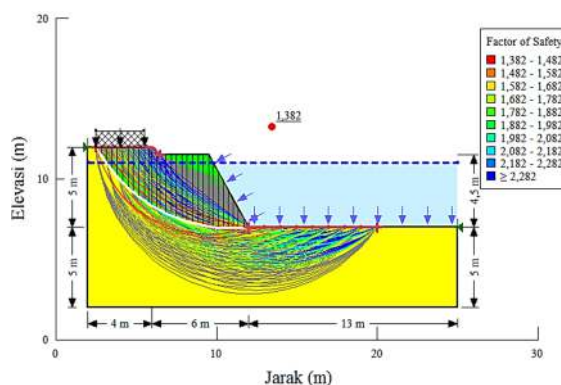


Gambar 5 Pemodelan kondisi eksisting lereng tanpa perkuatan bronjong

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Software Slope/W v.18*, didapat nilai *safety factor* (SF) untuk kondisi model 3 dan 4 tanpa perkuatan bronjong sebagai berikut :



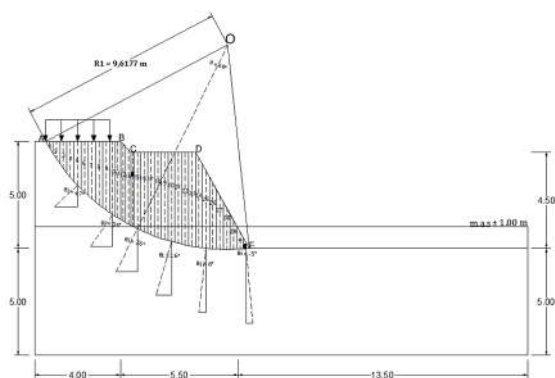
Gambar 6 Model lereng 3 *Software Slope/W v.18*



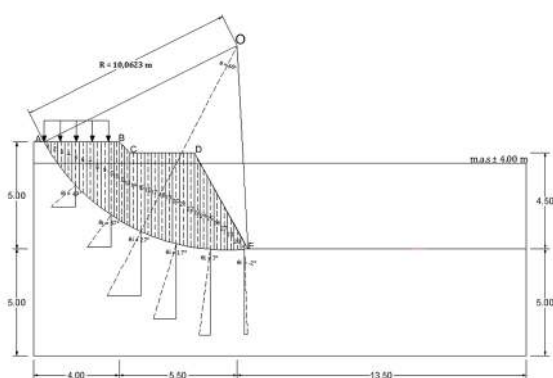
Gambar 7 Model lereng 4 *Software Slope/W v.18*

Gambar 8 dan **Gambar 9** adalah gambar pemodelan pada kondisi lereng

tanpa perkuatan bronjong menggunakan metode *fellenius* sebagai berikut :



Gambar 8 Model lereng 3 metode *Fellenius*



Gambar 9 Model lereng 4 metode *Fellenius*

1. Menghitung berat volume jenuh air

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \frac{\gamma_w (G_s + e)}{1 + e} \\ &= \frac{9,81 (2,68 + 1,9)}{1 + 1,9} \\ &= 15,493 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

2. Menghitung berat volume efektif

$$\begin{aligned} \gamma' &= \gamma_{sat} - \gamma_w \\ &= 15,493 - 9,81 \\ &= 5,683 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

3. Cara menghitung gaya berat dan tekanan air pori di dalam **Tabel 3** adalah sebagai berikut :

Pias no. 1

- Luas (A) = $\frac{1}{2} \times a \times t$
 $= \frac{1}{2} \times 0,3333 \times 0,564$
 $= 0,09 \text{ m}^2$
- Berat (Wi) = $(A \times \gamma_b) + Md$
 $= (0,09 \times 18,51) + 0,22$
 $= 1,96 \text{ kN}$

Berat pias (Wi) yang ditambah dengan (Md) hanya pias no 1 – 9 karena beban hanya bekerja di atas

pias tersebut. Untuk pias no 10 – 31 tidak perlu ditambah dengan (Md) karena tidak terkena beban di atasnya.

- Ordinat tekanan air pori = 1 m
 Tekanan air pori = $1 \times 9,81$
 $= 9,81 \text{ kN}$
- Panjang longsor = 0,6552 m
- Gaya air pori = $9,81 \times 0,6552$
 $= 6,43 \text{ kN}$
- Sudut (θ_i) = 60°
- Perhitungan luas area pias, berat pias, ordinat tekanan air pori, tekanan air pori, panjang garis longsor, gaya akibat tekanan air pori dan sudut yang didefinisikan untuk pias 2 - 31 selanjutnya akan ditampilkan dalam **Tabel 3** berikut ini :

Tabel 3 Tabel perhitungan metode *Fellenius* model 3

No. Pias	Luas Pias (A)	Berat (Wi) A. γ_b	u_i	u_i'	θ_i	$U_i (u_i \cdot d)$	$W_i \cos \theta_i$	$W_i \sin \theta_i$	$W_i \cos \theta_i - U_i$
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	0,0940	1,96	9,81	0,6552	60	6,43	0,98	1,70	-5,45
2	0,2696	5,21	9,81	0,5920	56	5,81	15,09	4,32	-2,89
3	0,4232	8,05	9,81	0,5460	53	5,36	17,95	6,43	-0,51
4	0,5597	10,58	9,81	0,5107	50	5,01	20,80	8,10	1,79
5	0,6824	12,85	9,81	0,4826	47	4,73	23,62	9,40	4,03
6	0,7933	14,90	9,81	0,4598	44	4,51	26,39	10,35	6,21
7	0,8942	16,77	9,81	0,4398	41	4,51	29,10	11,00	8,15
8	0,9862	18,47	9,81	0,4249	39	4,17	31,28	11,63	10,19
9	1,0702	20,03	9,81	0,4112	36	4,03	33,82	11,77	12,17
10	0,8537	15,80	9,81	0,3084	34	3,03	13,10	8,84	10,08
11	0,8941	16,55	9,81	0,2948	32	2,89	14,04	8,77	11,14
12	0,9006	16,67	9,81	0,2948	31	2,89	14,29	8,59	11,40
13	0,8733	16,16	9,81	0,2844	29	2,79	14,14	7,84	11,35
14	0,4276	7,91	9,81	0,1388	28	1,36	6,99	3,72	5,63
15	1,1435	21,17	9,81	0,3598	26	3,53	19,02	9,28	15,49
16	1,1929	22,08	9,81	0,3493	24	3,43	20,17	8,98	16,74
17	1,2336	22,83	9,81	0,3493	22	3,43	21,17	8,55	17,74
18	1,2723	23,55	9,81	0,3395	20	3,33	22,13	8,05	18,80
19	1,3069	24,19	9,81	0,3395	18	3,33	23,01	7,48	19,68
20	1,3393	24,79	9,81	0,3321	16	3,26	23,83	6,83	20,57
21	1,3646	25,26	9,81	0,3291	14	3,23	24,51	6,11	21,28
22	1,3878	25,69	9,81	0,3266	12	3,20	25,13	5,34	21,92
23	1,4075	26,05	9,81	0,3245	10	3,18	25,66	4,52	22,47
24	1,3490	24,97	9,81	0,3290	8	3,23	24,73	3,48	21,50
25	1,1729	21,71	9,81	0,3259	6	3,20	21,59	2,27	18,39
26	0,9933	18,39	9,81	0,3259	4	3,20	18,34	1,28	15,14
27	0,8101	14,99	9,81	0,3243	2	3,18	14,99	0,52	11,80
28	0,6234	11,54	9,81	0,3241	0	3,18	11,54	0,00	8,36
29	0,4349	8,05	9,81	0,3242	-2	3,18	8,05	-0,28	4,86
30	0,2174	4,02	9,81	0,2778	-4	2,73	4,01	-0,28	1,29
31	0,0728	1,35	9,81	0,2778	-5	2,73	1,34	-0,12	-1,38
Jumlah (Σ)						112,05	450,01	184,48	337,96

4. Dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit, maka didapatkan panjang garis A sebagai berikut :

- Garis A = $\frac{\theta}{360} \times 2\pi r$
 $= \frac{68}{360} \times 2 \times \pi \times 9,6$
 $= 11,409 \text{ m}$

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi :

- $$\begin{aligned} \Sigma c.A &= c \times A \\ &= 19,57 \times 11,409 \\ &= 223,269 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mencari nilai tekanan hidrostatik :

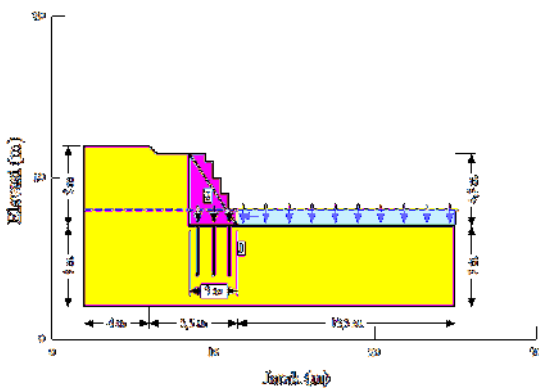
- $$\begin{aligned} a &= 0,405 \text{ m} \\ t &= 1,000 \text{ m} \\ \rho h &= L' \times \gamma' \\ &= \left(\frac{1}{2} \times a \times t\right) \times \gamma' \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 0,41 \times 1\right) \cdot 5,6 \\ &= 1,152 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Mencari nilai *safety factor* (SF) :

- $$\begin{aligned} (SF) &= \frac{\Sigma c.A + (\Sigma w_i \cos \theta_i - U_i \cdot \tan \phi) + \rho h}{\Sigma w \sin \theta_i} \\ &= \frac{223,269 + (337,96 \times \tan 0) + 1,152}{184,48} \\ &= 1,217 < 1,5 \end{aligned}$$

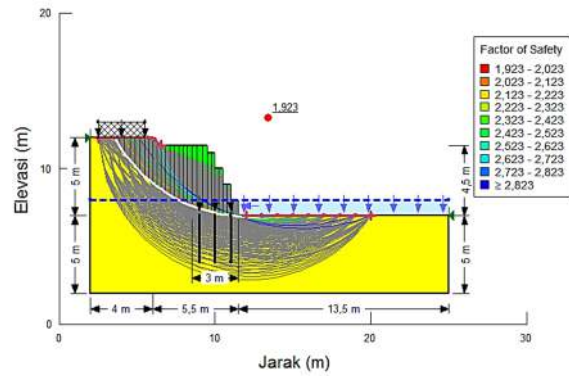
Perhitungan *safety factor* dengan metode *Fellenius* menghasilkan nilai sebesar :

- Kondisi model lereng 3 (tiga) tanpa perkuatan bronjong dengan beban di atasnya (SF) sebesar 1,217 (tidak aman).
- Kondisi model lereng 4 (empat) tanpa perkuatan bronjong dengan beban di atasnya (SF) sebesar 1,215 (tidak aman).

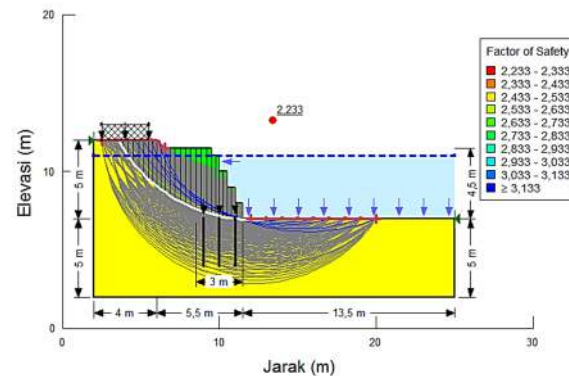


Gambar 10 Pemodelan kondisi eksisting lereng dengan perkuatan bronjong

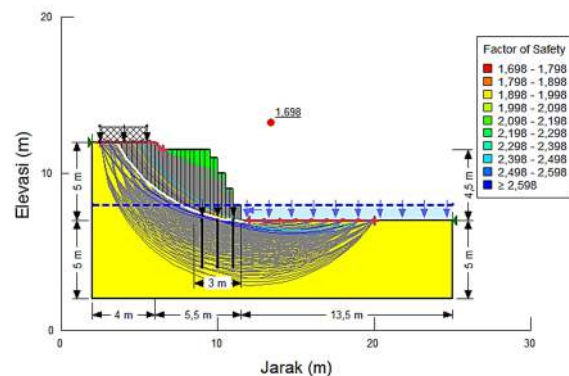
Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Software Slope/W v.18*, didapat nilai *safety factor* untuk kondisi model 5, 6, 7 dan 8 dengan perkuatan bronjong sebagai berikut :



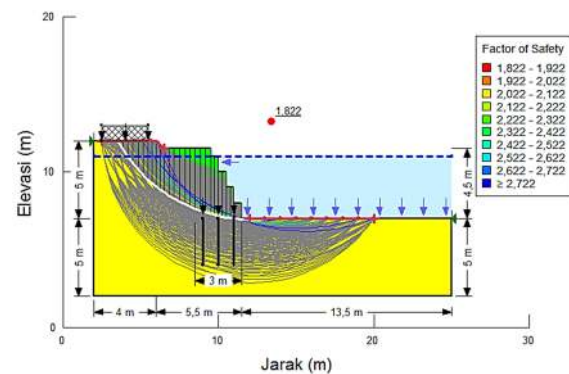
Gambar 11 Model lereng 5 Slope/W v.18



Gambar 12 Model lereng 6 Slope/W v.18



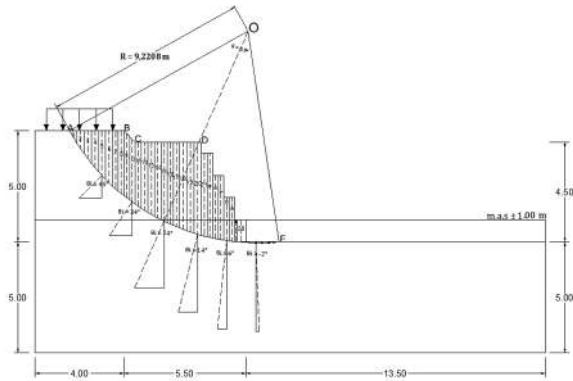
Gambar 13 Model lereng 7 Slope/W v.18



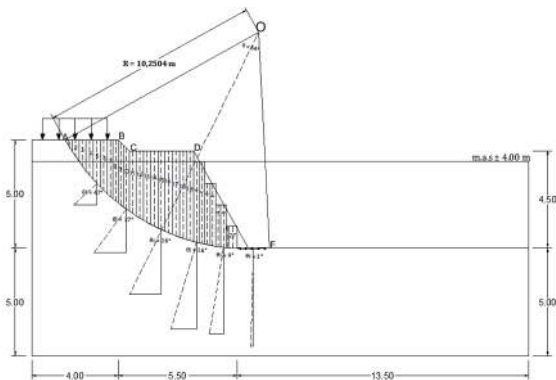
Gambar 14 Model lereng 8 Slope/W v.18

Gambar 15, Gambar 16, Gambar 17 dan Gambar 18 adalah gambar pemodelan

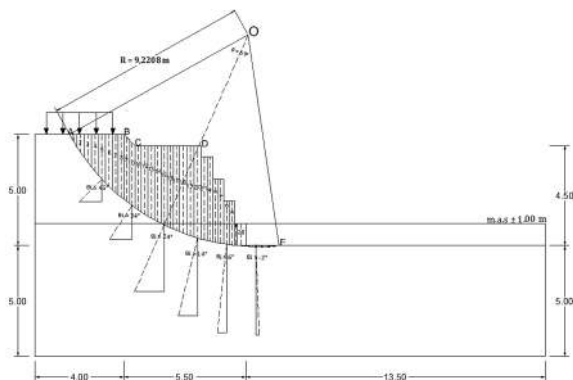
pada kondisi lereng dengan perkuatan bronjong menggunakan metode *fellenius* sebagai berikut :



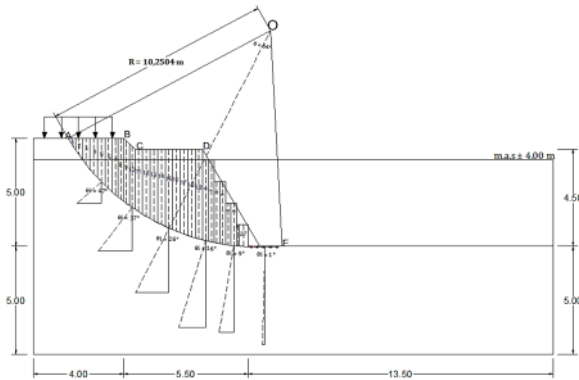
Gambar 15 Model lereng 5 metode *Fellenius*



Gambar 16 Model lereng 6 metode *Fellenius*



Gambar 17 Model lereng 7 metode *Fellenius*



Gambar 18 Model lereng 8 metode *Fellenius*

1. Menghitung berat volume jenuh air

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= \frac{\gamma_w (G_s + e)}{1 + e} \\ &= \frac{9,81 (2,68 + 1,9)}{1 + 1,9} \\ &= 15,493 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

2. Menghitung berat volume efektif

$$\begin{aligned} \gamma' &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \\ &= 15,493 - 9,81 \\ &= 5,683 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

3. Menghitung berat volume bronjong efektif

$$\begin{aligned} \gamma_i' &= \gamma_i - \gamma_w \\ &= 15 - 9,317 \\ &= 5,683 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

4. Cara menghitung gaya berat dan tekanan air pori di dalam Tabel 4 adalah sebagai berikut :

Pias no. 1

- Luas (A) = $\frac{1}{2} \times a \times t$
 $= \frac{1}{2} \times 0,3247 \times 0,5514$
 $= 0,0895 \text{ m}^2$
- Berat (Wi) = $(A \times \gamma_b) + M_d$
 $= (0,09 \times 18,51) + 0,22$
 $= 1,88 \text{ kN}$

Berat volume yang digunakan pada pias 1 – 10 adalah berat volume tanah (γ_b). Sedangkan, untuk pias no 11 – 33 menggunakan berat volume bronjong efektif (γ_i') karena sudah menggunakan perkuatan bronjong. Berat pias (Wi) yang ditambahkan dengan (M_d) hanya pias no 1 – 6 karena beban hanya bekerja di atas pias tersebut. Untuk pias no 7 – 33 tidak perlu ditambah dengan (M_d) karena tidak terkena beban di atasnya.

- Ordinat air pori = 1 m
- Tekanan air pori = $1 \times 9,81$
 $= 9,81 \text{ kN}$
- Panjang garis = 0,6399 m
- Gaya air pori = $9,81 \times 0,64$
 $= 6,28 \text{ kN}$
- Sudut (θ_i) = 59°
- Perhitungan luas area pias, berat pias, ordinat tekanan air pori, tekanan air pori, panjang garis longsor, gaya akibat tekanan air

pori dan sudut yang didefinisikan untuk pias 2 – 33 selanjutnya akan ditampilkan dalam **Tabel 4** berikut ini :

Tabel 4 Tabel perhitungan metode *Fellenius* model 5

No. Pias	Luas Pias (A)	Berat (Wi)	u_i	u_i	θ_i	(U _i)	Wi	Wi	Wi	Wi	
	m ²	kN	kN	m	°	$u_i \cdot a_i$	kN	kN	kN	kN	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
1	0,0895	1,88	9,81	0,6399	59	6,28	0,97	1,61	-5,31		
2	0,2569	4,98	9,81	0,5792	55	5,68	2,85	4,08	-2,83		
3	0,4037	7,69	9,81	0,5346	52	5,24	4,74	6,06	-0,51		
4	0,5345	10,11	9,81	0,5004	48	4,91	6,77	7,52	1,86		
5	0,6521	12,29	9,81	0,4731	45	4,64	8,69	8,69	4,05		
6	0,7588	14,27	9,81	0,4508	42	4,42	10,60	9,55	6,18		
7	0,6510	12,05	9,81	0,3343	40	3,28	9,23	7,75	5,95		
8	0,7047	13,04	9,81	0,3247	38	3,19	10,28	8,03	7,09		
9	0,7235	13,39	9,81	0,3162	36	3,10	10,83	7,87	7,73		
10	0,7079	13,10	9,81	0,3086	34	3,03	10,86	7,33	7,84		
11	0,8491	7,91	9,81	0,3535	32	3,47	6,71	4,19	3,24		
12	0,9047	8,43	9,81	0,3453	30	3,39	7,30	4,21	3,91		
13	0,9561	8,91	9,81	0,3381	28	3,32	7,87	4,18	4,55		
14	1,0035	9,35	9,81	0,3317	26	3,25	8,40	4,10	5,15		
15	0,9835	9,16	9,81	0,3067	24	3,01	8,37	3,73	5,36		
16	1,0191	9,49	9,81	0,3067	22	3,01	8,80	3,56	5,79		
17	1,0518	9,80	9,81	0,2982	20	2,93	9,21	3,35	6,28		
18	1,3113	12,22	9,81	0,3512	18	3,45	11,62	3,78	8,17		
19	1,3505	12,58	9,81	0,3512	16	3,45	12,10	3,47	8,65		
20	1,3852	12,91	9,81	0,3473	14	3,41	12,52	3,12	9,12		
21	0,9342	8,70	9,81	0,2582	12	2,53	8,51	1,81	5,98		
22	0,9495	8,85	9,81	0,2566	11	2,52	8,68	1,69	6,17		
23	0,7131	6,64	9,81	0,2551	9	2,50	6,56	1,04	4,06		
24	0,7249	6,75	9,81	0,2538	7	2,49	6,70	0,82	4,21		
25	0,4850	4,52	9,81	0,2528	6	2,48	4,49	0,47	2,01		
26	0,4935	4,60	9,81	0,2519	4	2,47	4,59	0,32	2,12		
27	0,1017	0,95	9,81	0,1026	3	1,01	0,95	0,05	-0,06		
28	0,4042	3,77	9,81	0,3992	2	3,92	3,76	0,13	-0,15		
29	0,0111	0,10	9,81	0,3003	0	2,95	0,10	0,00	-2,84		
30	0,0135	0,13	9,81	0,3000	-2	2,94	0,13	0,00	-2,82		
31	0,0130	0,12	9,81	0,3001	-4	2,94	0,12	-0,01	-2,82		
32	0,0098	0,09	9,81	0,3004	-6	2,95	0,09	-0,01	-2,86		
33	0,0037	0,03	9,81	0,3010	-7	2,95	0,03	0,00	-2,92		
Jumlah (Σ)						111,09	213,45	112,47	102,36		

5. Dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit, maka didapatkan panjang garis A sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Garis A} &= \frac{\theta}{360} \times 2\pi r \\ &= \frac{69}{360} \times 2 \times 3,14 \times 9,2 \\ &= 11,099 \text{ m} \end{aligned}$$

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi :

$$\begin{aligned} \bullet \Sigma c \cdot A &= c \times A \\ &= 19,57 \times 11,099 \\ &= 217,203 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mencari nilai tekanan hidrostatik :

$$\begin{aligned} \bullet a &= 1,353 \text{ m} \\ \bullet b &= 1,500 \text{ m} \\ \bullet t &= 1,000 \text{ m} \\ \bullet \rho h &= L' \times \gamma' \\ &= \left(\frac{1}{2} \times (a + b) \times t\right) \times \gamma' \\ &= \left(\frac{1}{2} \times (1,35 + 1,5) \times 1\right) \times 5,68 \\ &= 8,106 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Mencari nilai *Safety Factor* (SF) :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ (SF)} &= \frac{\Sigma c \cdot A + (\Sigma W_i \cos \theta_i - U_i \cdot \tan \phi) + \rho h}{\Sigma W_i \sin \theta_i} \\ &= \frac{217,203 + (102,36 \times \tan 0) + 8,106}{112,247} \\ &= 2,003 > 1,5 \end{aligned}$$

Perhitungan *safety factor* dengan metode *Fellenius* menghasilkan nilai sebesar :

- Kondisi model lereng 5 (lima) tanpa perkuatan bronjong dengan beban di atasnya (SF) sebesar 2,003 (aman).
- Kondisi model lereng 6 (enam) tanpa perkuatan bronjong dengan beban di atasnya (SF) sebesar 2,194 (aman).
- Kondisi model lereng 7 (tujuh) tanpa perkuatan bronjong dengan beban di atasnya (SF) sebesar 1,903 (aman).
- Kondisi model lereng 8 (delapan) tanpa perkuatan bronjong dengan beban di atasnya (SF) sebesar 2,094 (aman).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Hasil analisis stabilitas lereng model 3 (tiga) tanpa perkuatan bronjong pada saat posisi air surut menggunakan *Software Slope/W* didapatkan *safety factor* (SF) sebesar 0,992 dan metode *Fellenius* sebesar 1,217. Sedangkan, lereng model 4 (empat) tanpa perkuatan bronjong pada saat posisi air pasang menggunakan *Software Slope/W* didapatkan *safety factor* (SF) sebesar 1,382 dan metode *Fellenius* sebesar 1,215.
- Hasil analisis stabilitas lereng model 5 (lima) dengan perkuatan bronjong pada saat posisi air surut menggunakan *Software Slope/W* didapatkan *safety factor* (SF) sebesar 1,923 dan metode *Fellenius* sebesar 2,003. Sedangkan, lereng model 6 (enam) dengan perkuatan bronjong pada saat posisi air pasang menggunakan *Software Slope/W* sebesar 2,233 dan metode *Fellenius* didapatkan *safety factor* (SF) sebesar 2,194.
- Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng model 7 (tujuh) dengan

perkuatan bronjong dan tambahan beban gempa pada saat posisi air surut menggunakan *Software Slope/W* didapatkan *safety factor* (SF) sebesar 1,698 dan metode *Fellenius* sebesar 1,903. Sedangkan, lereng model 8 (delapan) dengan perkuatan bronjong pada saat posisi air pasang menggunakan *Software Slope/W* didapatkan *safety factor* (SF) sebesar 1,822 dan metode *Fellenius* sebesar 2,094.

5.2. Saran

1. Analisis stabilitas lereng dapat dilakukan dengan perhitungan analitis yang lain sebagai perbandingan misalnya metode *Bishop* yang disederhanakan, metode Janbu, metode Spencer dan metode Sharma.
2. Analisis pemodelan dapat menggunakan *Software* geoteknik selain *Slope/W* v.18, seperti *Software Plaxis* yang dinilai dapat menganalisis tingkat kelongsoran hingga dasar lereng.
3. Parameter data yang digunakan bisa berupa data primer yang didapatkan dari hasil pengujian lainnya di laboratorium sesuai ketentuan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arbianto, Reki, 2021, *Review Design Timbunan Akses Jalan Quarry Bendungan Leuwikeris Paket 4*, Ciamis, Jawa Barat.
- Geo-Slope Manual., 2008, *An Engineering Methodology*, Geo-Slope International Ltd, Canada.
- <http://www.Google Maps Indonesia.com>, Diakses tanggal 3 Maret 2022, Pukul 10.00 WIB.
- Hardiyatmo, H.C., 2014, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Edisi Ketiga, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2015, *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Edisi Ketiga, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2019, *Mekanika Tanah 1*, Edisi Ketujuh, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2014, *Mekanika Tanah 2*, Edisi Kelima, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Murry, May Malasari, 2014, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Pemasangan Bronjong (Studi Kasus di Sungai Gajah Putih, Surakarta)*, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil. Vol.2 No. 1 Maret 2014.
- Pratama, Rosyid Setiawan Nur., 2015, *Perbandingan Kekuatan Geser dan Lentur Balok Bambu Laminasi dengan Kayu*, Jurnal Dinamika Rekayasa. Vol.10 No. 22 Desember 2015 ISSN 1858-3075, UMS, Surakarta.
- Sagita, Elok Fajar, 2017, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Bronjong menggunakan Software Geoslope di Desa Tambakmerang Girimarto Wonogiri*, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil. No. 1 Maret 2017.
- Standar Nasional Indonesia., 2008, *SNI 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia., 2008, *SNI 1967:2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia., 2008, *SNI 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*, Indonesia.

Standar Nasional Indonesia, 2003, *SNI 03-0090-1999 Spesifikasi Bronjong Kawat*, Indonesia.

Standar Nasional Indonesia, 2015, *SNI 6371:2015 Tata Cara Pengklasifikasian Tanah untuk Keperluan Teknik dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah*, Indonesia.