

STABILITAS LERENG DAN BENDUNG PADA EMBUNG DS. NGAWU, KEC. PLAYEN, KAB. GUNUNG KIDUL, DIY

Sumiyati Gunawan¹, V. Yenny Endang Sulistyowati², dan Haniti Mangku Timur³,

^{1,2,3} Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari 44 Yogyakarta

Email: sumiyatig@yahoo.co.id, yenniv@ymail.com, hanitimangkutimur@gmail.com

Abstract: Ngawu Village, Kab. Gunung Kidul is one of the areas where the dry season is always experiencing drought. Because it has a kind of soft clay soil, which makes the shift of concrete buis into the middle of the embung during the implementation of the previous small embung. The lack of funds in the process of small embung work, the cause of the planning of the talud is not maximal. Efforts made in meeting the needs of water in the village of Ngawu is making the elongated embung, which is safe from danger of bolsters, shear, piping and soil bearing capacity. Sondir testing, boring and mapping measurements were used for site measurement data and soil parameters to analyze their stability. Planning the talud using bronjong (wire plated with hexagons, filled with crushed rocks located at locations with a volume weight $\pm 20 \text{ kN} / \text{m}^3$). The first step, look for critical landslide by using Fellinius method. The second step, the design of bronjong dimension and stability analysis. The hydrological data is the result of the weir dimension taken from TGA Usfi Ula Kalwa, entitled " Embung Analysis Ds. Ngawu, Kec. Playen, Kab. Gunung Kidul, Yogyakarta ". From the results of the analysis, then the landslide is taken with $SF = 2.54$, the base of bangkong at 3.00m from the face of the ground. The stability of bronjong (SF) against the hazards of bolsters, shear, and soil bearing capacity are as follows 14.134; 2.99; and 8.5. The stability of the weir (SF), against the hazards of bolsters, shear, piping and soil carrying capacity is as follows 5.053; 2.0; 6; and 3.9, so it can be concluded no armature planning is needed to increase the strength of stability.

Keywords: Ngawu Village, Bronjong and Talud, Stability, safe

Abstrak: Desa Ngawu, Kab. Gunung Kidul salah satu daerah yang saat kemarau selalu mengalami kekeringan. Karena memiliki jenis tanah lempung lunak, yang membuat bergesernya buis beton ke tengah embung saat pelaksanaan embung kecil terdahulu. Minimnya dana dalam proses pengerjaan embung kecil tersebut, menjadi penyebab perencanaan talud yang tidak maksimal. Upaya yang dilakukan dalam memenuhi kebutuhan air di Desa Ngawu adalah membuat embung memanjang, yang aman dari bahaya guling, geser, *piping* dan daya dukung tanah. Dilakukan pengujian sondir, boring dan pengukuran pemetaan untuk data pengukuran lokasi dan parameter tanah untuk menganalisis stabilitasnya. Perencanaan talud menggunakan bronjong (kawat yang dianyam dengan lubang segi enam, diisi batu pecah yang berada di lokasi dengan berat volume $\pm 20 \text{ kN/m}^3$). Langkah pertama, mencari garis longsor kritis dengan menggunakan metode *Fellinius*. Langkah kedua, desain dimensi bronjong dan analisis stabilitas. Data hidrologi berupa hasil dimensi bendung, diambil dari hasil TGA Usfi Ula Kalwa yang berjudul "Perencanaan Embung Memanjang Ds. Ngawu, Kec. Playen, Kab. Gunung Kidul, Yogyakarta". Dari hasil analisis, maka diambil garis longsor dengan $SF=2.54$, dasar bonjong pada 3,00m dari muka tanah. Stabilitas bronjong (SF) terhadap bahaya bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah adalah sebagai berikut 14.134 ; 2.99 ; dan 8.5. Stabilitas bendung (SF), terhadap bahaya guling, geser, *piping* dan daya dukung tanah adalah sebagai berikut 5.053 ; 2.0 ; 6 ; dan 3.9, Sehingga dapat disimpulkan tidak diperlukan perencanaan anker untuk menambah kekuatan stabilitas.

Keywords: Desa Ngawu, Bronjong dan Bendung, Stabilitas, Aman

PENDAHULUAN

Desa Ngawu, Kabupaten Gunung Kidul merupakan salah satu daerah yang saat kemarau selalu mengalami kekeringan. Sumber air yang digunakan masyarakat setempat hanya dari

limpasan atau *runoff* saat musim penghujan. Sebagian besar masyarakat Ds. Ngawu bertani. Masa tanam biasanya dilakukan sekali setahun, hanya pada saat musim penghujan. Hasil panen dalam satu tahun $\pm \text{Rp.1.800.00,-/luas } 50 \times 17 \text{m}^2$

dengan jenis tanaman padi. Daerah limpasan Ds. Ngawu tersebut terdapat alur yang memiliki lebar 3 m, yang telah diperlebar 7 m, menjadi embung kecil untuk menampung air. Setelah dibuatnya embung kecil tersebut masyarakat dapat melakukan masa tanam sebanyak tiga kali dalam setahun. Hal ini membuat perubahan yang cukup baik dalam hal hasil panen. Hasil sekali masa tanam palawija saat musim kemarau dapat menghasilkan \pm Rp. 4000.000,-.

Berdasarkan pengaruh embung kecil tersebut maka direncanakan pembuatan embung memanjang, dengan cara sepanjang saluran terbuka embung diberi bendung dan talud. Dengan harapan embung Ds. Ngawu dapat menampung air semakin banyak sehingga semakin besar hasil pertanian di Ds. Ngawu.

Ds. Ngawu memiliki jenis tanah lempung lunak yang mengalami kendala saat pengerjaan talud pada embung kecil, yaitu bergesernya buis beton ke tengah embung. Minimnya dana dalam proses pengerjaan embung kecil tersebutlah yang menjadi penyebab perencanaan talud yang tidak maksimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum ada jenis lereng berdasarkan proses terjadinya yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami adalah lereng yang terbentuk secara alami melalui proses geologi misalnya lereng perbukitan dan tebing sungai. Sedangkan lereng buatan adalah lereng yang dibuat manusia untuk keperluan tertentu, misalnya tanggul sungai, urugan untuk jalan raya, dan lereng bendungan.

Desyi Dwi Mellawati, (2007). Menganalisa besarnya faktor aman dengan metode manual lereng tak terhingga maupun metode elemen hingga Plaxis. Dari hasil analisa stabilitas lereng di perumahan Ayodya Puri Nugraha Semarang dengan menggunakan metode lereng tak terhingga maupun simulasi numeris Plaxis didapatkan besarnya faktor aman yang paling kritis terdapat pada lereng dengan kemiringan $> 9^\circ$ (pada tanah jenuh). Sedangkan sudut lereng $< 9^\circ$ kestabilan lereng tetap aman pada 3 kondisi tanah baik itu (Kering, basah, jenuh). Dari hasil analisa juga dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya sudut lereng dan kandungan air di dalam lereng sangat mempengaruhi tingkat kestabilan lereng tersebut. Semakin besar sudut lereng atau kandungan air dalam lereng maka stabilitas lereng semakin rendah sehingga lereng berpotensi untuk longsor. Perlu perhatian khu-

sus dan perbaikan untuk meningkatkan kestabilan lereng khususnya lereng dengan kemiringan $> 26,57^\circ$.

Mey Malasari Murri, Niken Silmi Surjandari, Sholihin As'ad, (2014). Meneliti tentang stabilitas lereng sebelum dan setelah pemasangan bronjong, pengaruh perubahan fluktuasi muka air tanah, konfigurasi pemasangan bronjong dan kombinasi beban terhadap angka keamanan lereng. Ada empat variasi pemasangan bronjong terasering yang dilakukan secara berundak . yaitu : 1. dua bronjong ditata sejajar ke atas dan satu bronjong di atasnya menahan lereng. 2. Tiga bronjong ditata sejajar ke atas. 3. Dua bronjong ditata sejajar ke samping dan satu bronjong di atasnya menahan lereng. 4. Satu bronjong dipasang di bawah dan dua bronjong ditata sejajar ke atas menahan lereng. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan metode Bishop disederhanakan untuk mengetahui stabilitas lereng. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa adanya fluktuasi muka air tanah, besarnya beban yang bekerja pada lereng dan dipasangnya bronjong pada kaki lereng sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Semakin tinggi muka air tanah pada lereng maka semakin kecil nilai SF (safety factor). Semakin besar beban hidup yang bekerja pada lereng maka semakin kecil nilai SF. Lereng yang dipasang bronjong mempunyai nilai SF lebih besar daripada lereng tanpa bronjong. SF kondisi sebelum longsor $< SF$ setelah pemasangan bronjong oleh Dinas Pekerjaan Umum (DPU) $< SF$ kondisi variasi III. Perbandingan SF pada kondisi variasi III dengan nilai SF kondisi setelah pemasangan bronjong oleh DPU akibat beban mati menghasilkan beda SF sebesar $\pm 20\%$, sementara akibat beban mati+beban hidup menghasilkan beda SF sebesar $\pm 11\%$. Jadi, bronjong kondisi variasi III relatif paling aman dan mampu meningkatkan stabilitas lereng sehingga pemasangannya sangat tepat untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi.

M. Nuhkhalid Zain, Eko Andi Suryo, As'ad Munawir. Dinding penahan yang memiliki tinggi 10 m dengan perkuatan geotekstil *woven* dengan jumlah 5 lapis, kapasitas tarik 200 kN/m, kohesi 3 kPa dan sudut geser terhadap tanah 38° , jarak vertikal 1m, geometri lereng dengan kemiringan sebesar 17° , dengan bantuan perangkat lunak SLOPE/W dan Geo 5. Hasil analisis stabilitas lereng yang diperkuat dengan geotekstil menggunakan SLOPE/W

diperoleh nilai angka keamanan 2,312. Untuk analisis stabilitas dinding penahan dengan perkuatan geotekstil didapatkan angka keamanan stabilitas guling 11,73, stabilitas geser 2,226 dan daya dukung 3,856.

Linsley dkk (1982), aliran total dianggap hanya dibagi menjadi dua bagian : aliran buangan air hujan langsung (*direct run off*) dan aliran dasar (*base flow*). Perbedaan yang sesungguhnya lebih dititik beratkan berdasarkan pada waktu sampainya di sungai, dan kurang didasarkan pada jalan yang ditempuh. Aliran buangan air hujan langsung dianggap terdiri dari aliran permukaan dan sebagian besar aliran hujan bawah permukaan, sedangkan aliran dasar dianggap sebagian besar terdiri dari air tanah. Aliran-aliran tersebut akan menjadi gaya yang akan mempengaruhi kestabilan talud dan bendung.

Latifah,L, (2012). Meneliti kondisi eksisting Sungai Palu, yang akan dibangun Bendung Bronjong , konservasi air, dan kestabilan dari bangunan tersebut, terhadap tekanan yang timbul yang bertujuan memenuhi kebutuhan air untuk irigasi di desa Sibayu. Dengan Data teknis sbb : tinggi muka air banjir (H) = 0.80 m ; tinggi muka air rendah (h) = 0.12 m ; lebar dasar sungai rata-rata (b) = 5.50 m ; lebar penampang atas sungai rata-rata (B) = 7.10 m ; kemiringan dasar sungai (I) = 0,02 ; koefisien kekasaran Strickler (k) = 35 maka, disimpulkan, yaitu :1.Kondisi eksisting Sungai Palu, memungkinkan dibangun Bendung Bronjong2.Cara konservasi air untuk ketersediaan air di desa tersebut adalah dengan menggunakan bendung bronjong yang dilengkapi dengan sekat semi-kedap airdengan penyaluran pipa untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi.3.Kestabilan dari bangunan tersebut, terhadap tekanan yang timbul sudah baik karena factor keamanan dari konstruksi bendung melebihi 1.5, yakni sebesar 2,46.

TUJUAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk memberi alternatif perbaikan kekuatan dukung tanah pada dasar bendung dan perbaikan kekuatan longsor pada lereng sungai. Berupa dimensi bronjong sebagai kekuatan lereng dan dimensi bendung agar aman terhadap bahaya guling, geser, angkat (*Uplift*), dan juga terhadap daya dukung tanah di lokasi tersebut.

Sehingga manfaat hasil dan kesimpulan dari penelitian ini dapat dipergunakan sebagai

acuan untuk mendesain bronjong talud dan mendesain dimensi bendung pada embung memanjang di Ds. Ngawu, Kec. Playen, Kab. Gunung Kidul, DIY dan menghasilkan inovasi dan pengembangan ipteks yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan industri teknik sipil.

LANDASAN TEORI

Perencanaan talud pada embung memanjang menggunakan bronjong (kawat yang dianyam dengan lubang segi enam, sebagai wadah batu yang berfungsi untuk tanggul penahan longsor). Metode yang digunakan adalah metode irisan (*method of Slice*) yang dikemukakan oleh Fellinius yang digunakan untuk analisis pada saat kolam kosong / kritis.

Metode Fellinius

Analisis stabilitas lereng *Fellinius* (Braja, M.Das.) menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja dari sembarang irisan mempunyai resultante nol pada arah tegak lurus bidang longsor. kemudian dibandingkan dengan faktor aman minimum 2. Cara menghitung faktor aman ditunjukkan dalam persamaan (1):

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n ca_1 + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \phi}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \quad (1)$$

Keterangan:

SF = faktor aman ≥ 2

c = kohesi tanah (kN/m²)

ϕ = sudut geser dalam tanah

a_i = panj lengkung lingk pd irisan ke-i (m)

W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)

u_i = tekanan pori pada irisan ke-i (kN/m²)

θ_i = sudut yang dibentuk antara titik o dan garis horisontal tegak lurus pusat irisan

Gaya yang Bekerja pada Talud

Gaya-gaya yang bekerja yang akan berdampak terhadap kestabilan bangunan, antara lain tekanan air (Eh), berat bangunan (Wb), energi aktif (Ea), dan energi pasif (Ep) (Hardiatmo. Christady. Hary)

Dalam perencanaan embung ini, terdapat empat tinjauan, yaitu stabilitas terhadap : guling, geser, piping, dan daya dukung tanah.

Stabilitas terhadap guling

Agar bangunan aman terhadap guling, maka momen penahan guling pada embung harus lebih besar dari jumlah momen guling yang

bekerja. Stabilitas terhadap guling adalah sebagai berikut:

$$\frac{\sum Mp}{\sum Mg} > SF \quad (2)$$

Keterangan:

Mp = Momen penahan guling (kNm)

Mg = Momen penyebab guling (kNm)

Stabilitas terhadap geser

Kestabilan terhadap geser, Gaya penahan geser harus lebih besar dari gaya penyebab geser,

$$\frac{\sum W \tan \theta + \sum Ep + Eh + A.c}{\sum Ea} \geq SF \quad (3)$$

Keterangan:

$\sum W$ = Total berat sendiri, (Kg)

$\sum Ep$ = Total Energi pasif, (kN)

$\sum Ea$ = Total Energi aktif, (kN)

Eh = Tekanan air, (kN)

C = Kohesi (Kg/m²)

A = luas penampang alas (m²)

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\bar{\sigma}_{bekerja} = \frac{\sum V}{A} + \frac{M_y x}{I_y} + \frac{M_x y}{I_x} \leq \sigma \quad (4)$$

Keterangan:

$\sum V$ = Total berat sendiri, (Kg)

My = Momen arah Y, (kg m)

Mx = Momen arah X, (kg m)

Ix = Momen Inertia arah X (m⁴)

Iy = Momen Inertia arah Y (m⁴)

A = luas penampang alas (m²)

Stabilitas terhadap erosi bawah tanah (*pip-ing*)

Erosi bawah tanah (pip-ing) sangat berbahaya, hal ini dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan akibat naiknya dasar galian atau rekahnya pangkal hilir bangunan. Teori yang digunakan angka rembesan Lane. Bidang horizontal memiliki daya tahan terhadap aliran (rembesan) tiga kali lebih lemah dibandingkan dengan bidang vertikal.

$$CL = \frac{\sum L_V + \frac{1}{3} \sum L_H}{H} \quad (5)$$

Keterangan:

CL : angka rembesan Lane, ditunjukkan pada tabel 1.

$\sum L_V$: jumlah panjang vertikal (m)

$\sum L_H$: jumlah panjang horizontal (m)

H : beda tinggi muka air (m)

Embung harus memenuhi syarat CL (Tabel 1) perhitungan pada saat terdapat aliran ataupun tidak terdapat aliran, (4-2)

Tabel 1. Harga-harga minimum angka rembesan Lane (CL)

Jenis Tanah	CL
Pasir sangat halus atau lanau	8,5
Pasir halus	7,0
Pasir sedang	6,0
Pasir kasar	5,0
Kerikil halus	4,0
Kerikil sedang	(4-3)5
5 Kerikil dasar termasuk berangka	3,0
Bongkah dengan sedikit berangkal & kerikil	2,5
Lempung lunak	3,0
0 Lempung sedang	2,0
Lempung keras	1,8
Lempung sangat keras	1,6

Sumber: Kimpraswil, KP-06, 2002

(4-4)

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data Primer

Data Primer adalah data yang didapat langsung pada lokasi penelitian seperti:

- Peninjauan lokasi dengan bertujuan mengamati situasi lokasi penelitian.
- Pengambilan foto – foto lokasi penelitian untuk pengamatan dan analisa.
- Topografi lokasi akan diukur langsung di lokasi peninjauan dengan menggunakan alat *Theodolite*,
- Melakukan pengujian fisik dan mekanik pada tanah di lokasi, yaitu sondir
- Melakukan pengujian Boring, sehingga bisa menentukan sifa-sifat fisiknya. kohesi (c), sudut geser (ϕ), berat isi (γ) tanah, *water content* (w), *void ratio* (e).

Pengumpulan Data sekunder

Data sekunder yang dikumpul yaitu :

- Tinggi air maximum rata-rata.
- Debit banjir rencana (Q),
- Kecepatan aliran (v),
- Luas (A) yang didapat dari Usfi Ula Kalwa yang berjudul “Perencanaan Embung Memanjang Desa Ngawu, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta”

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Desa Ngawu, Gunung Kidul



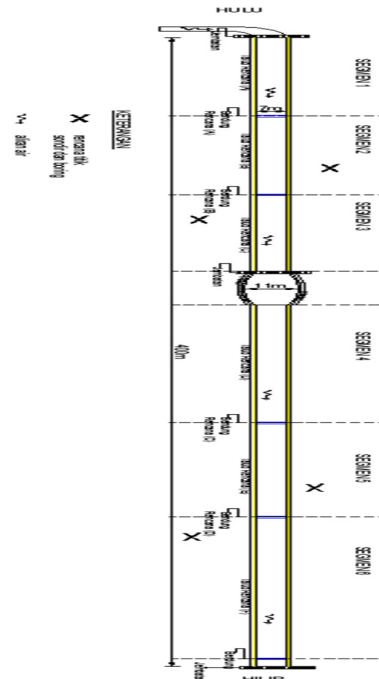
Gambar 1. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN
Perhitungan Parameter Tanah

Parameter tanah dari penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Atma Jaya Yogyakarta seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Parameter Tanah rerata dari Keempat Sampel Tanah

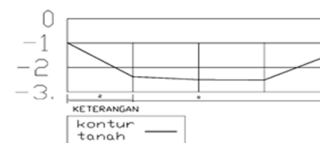
No	Parameter Tanah	Satuan	BH 1		BH 2		BH 3		BH 4		Parameter tanah rerata
			-0.8m	-1.6m	-1.0m	-2.4m	-0.8m	-1.6m	-0.5m	-1.0m	
1	Water Content (%)	-	56.29	29.45	41.11	47.91	36.2	53.03	44.9	14.14	41.097
2	Specific Gravity (G)	-	2.13	2.14	2.28	2.08	2.22	2.05	2.07	2.13	2.125
3	Moisture Unit Weight (γ_b)	gr/cm ³	1.63	1.8	1.74	1.71	1.78	1.65	1.73	1.62	1.708
4	Dry Unit Weight (γ_c)	gr/cm ³	1.04	1.39	1.23	1.16	1.31	1.08	1.19	1.10	1.189
5	Void Ratio (e)	%	1.04	0.54	0.85	0.80	0.70	0.90	0.73	0.93	0.800
6	Cobesi (c)	kg/cm ²	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.018
7	Sudut Gesek (θ)	°	13.17	17.43	13.75	16.21	11.85	14.32	11.39	11.86	14.538
8	Berat vol terendam (γ')	gr/cm ³	0.55	0.74	0.69	0.60	0.70	0.55	0.62	0.58	0.630



Gambar 2. Sketsa Sungai

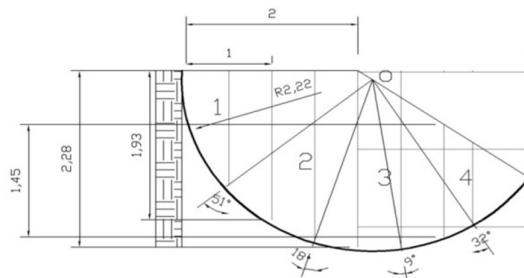
Perencanaan Talud

Perencanaan talud pada embung memanjang menggunakan bronjong yang diisi batu pecah dari lokasi setempat dengan berat volume $\pm 20 \text{ kN/m}^3$. Dari hasil data pengukuran dan pemetaan di lapangan, ditentukan potongan seperti gb. 1 sebagai acuan perencanaan desain bronjong.



Gambar 3. Kontur tanah pot 1-1

Analisis Garis Longsor Metode Irisan Fellinius



Gambar 4. Potongan Fellinius

Pada gambar 4. dapat ditentukan garis lengkung longsor dengan metode irisan Fellinius. Dinding tanah dibagi dalam empat bagian yang ditunjukkan pada gambar 3. Sudut O merupakan pusat lingkaran dengan $r = 2.22$. Langkah perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.

Gaya yang Bekerja pada Talud

Perhitungan gaya-gaya (Gambar 5.) yang bekerja pada bronjong dibawah ini menggunakan data parameter tanah pada titik BH1 yang terdapat di tabel 2.

Stabilitas terhadap guling

Guling akan sedang terjadi pada titik A (Gambar 5), keamanan terhadap guling dihitung melalui langkah seperti pada tabel 5.

Stabilitas terhadap gaya geser

Stabilitas terhadap geser, dihitung dengan persamaan (2)

$$Keamanan = \frac{\sum W \operatorname{tg} \theta + \sum Ep + Eh + A.c}{\sum Ea} \geq SF$$

$$\rightarrow \frac{29562 \operatorname{tg} 17,43 + 686,69 + 8000 + 4 \times 1 \times 0}{4222.2} \geq 2$$

$$SF = 4,255 > 2 \rightarrow \text{oke, aman !}$$

Tabel 3. Perhitungan Stabilitas Guling

Gaya	Vol (m ³)	Berat / Gaya (kg)	Jarak ke titik A (m)	MA (kg m)
Momen Penahan				
W1	0,5	1019,37	2,00	2038,74
W2	2	4077,47	2,00	8154,94
W3	2	4077,47	3,00	12232,42
W4	2	4077,47	1,00	4077,47
W5	2	4077,47	3,00	12232,42
W6	2	4077,47	1,00	4077,47
W7	2	4077,47	3,00	12232,42
W8	2	4077,47	1,00	4077,47
Ep		686,69	0,33	228,87
total		29561,67		59123,34
Momen Pengguling				
Ea 1		328,02	2,47	809,13
Ea 2		1546,30	1,10	1700,93
Ea 3		2347,91	0,73	1721,72
total				4231,78
SF= 13,97				

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Berdasarkan data sondir, di kedalaman -3m pada titik S6 daya dukung ijin didapat 0,3 Mpa. Stabilitas terhadap daya dukung tanah, dihitung dengan persamaan (3) :

$$\bar{\sigma}_{bekerja} = \frac{\sum V}{A} + \frac{M_y \times x}{I_y} + \frac{M_x \times y}{I_x}$$

$$= \frac{29562}{4 \times 1} + 0 = 7390,4 \text{ kg/m}^2 = 0,0739 \text{ Mpa}$$

Perencanaan Bendung

Berdasarkan analisis oleh Usfi Ula Kalwa yang berjudul "Perencanaan Embung Memanjang Desa Ngawu, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta", lebar tampang saluran didesain selebar 4 m dan debit banjir rencana dengan kala ulang 5 tahun sebesar, $Q_5 = 3,44 \text{ m}^3/\text{s}$.

Terdapat 4 buah bangunan terjun ambang lebar yang akan direncanakan dari 6 buah total keseluruhan. Untuk 2 buah bangunan yang sudah ada akan tetap diperhitungkan, yaitu bendung 3 dan bendung 6.

Gaya yang Bekerja pada Bendung

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dibawah ini pada titik BH 2 (Gambar 6)

Stabilitas terhadap guling

Guling akan sedang terjadi pada titik A, keamanan terhadap guling dihitung melalui langkah seperti (Tabel 7)

Stabilitas terhadap geser

Stabilitas terhadap geser, dihitung dengan persamaan (2)

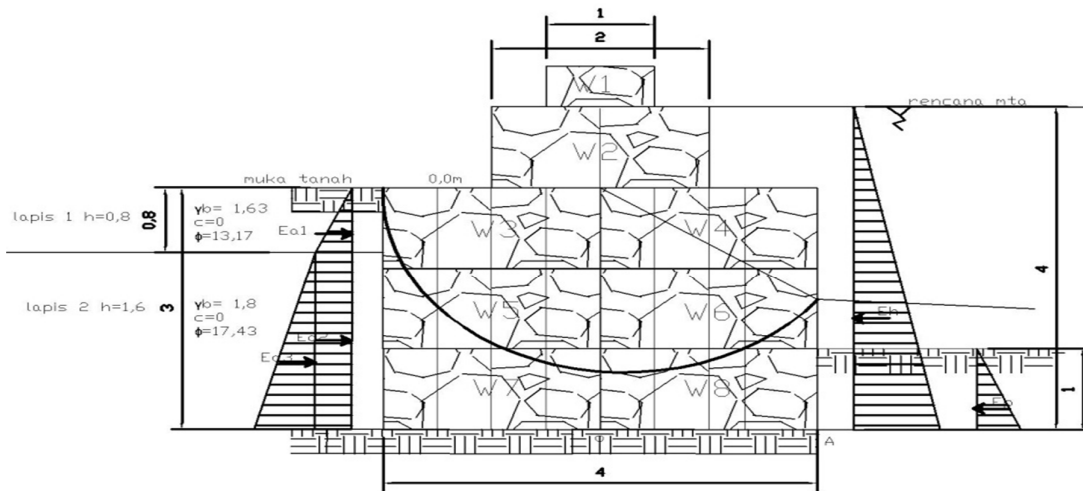
$$Keamanan = \frac{\sum W \operatorname{tg} \theta + \sum Ep + Eh + A.c}{\sum Ea} \geq SF \rightarrow SF$$

$$\frac{13842,72 \operatorname{tg} 16,21 + 133,09 + 4205 + 4 \times 2,9 \times 0,05 \times 1000}{42,265 + 5576,7} \geq 2$$

$$SF = 2,52 > 2 \rightarrow \text{oke, aman !}$$

Tabel 4. Perhitungan Irisan Fellinius

Irisan	luas (m ²)	Wi (kN/m)	θ_i	$\sin \theta_i$	$\cos \theta_i$	ΔL_n (m)	Wi sin θ_i (kN/m)	Wi cos θ_i (kN/m)
1	0.965	16.1775	51	0.777145	0.6293	1.5890	12.5723	10.1809
2	2.105	35.2888	18	0.309016	0.9510	1.0514	10.9049	33.5617
3	1.865	31.2654	-9	-0.15643	0.9876	1.0124	-4.891	30.8805
4	0.725	12.1540	-32	-0.52991	0.8480	1.1791	-6.4407	10.3073
						$\Sigma=4.8321$	$\Sigma=12.1455$	$\Sigma=84.9304$

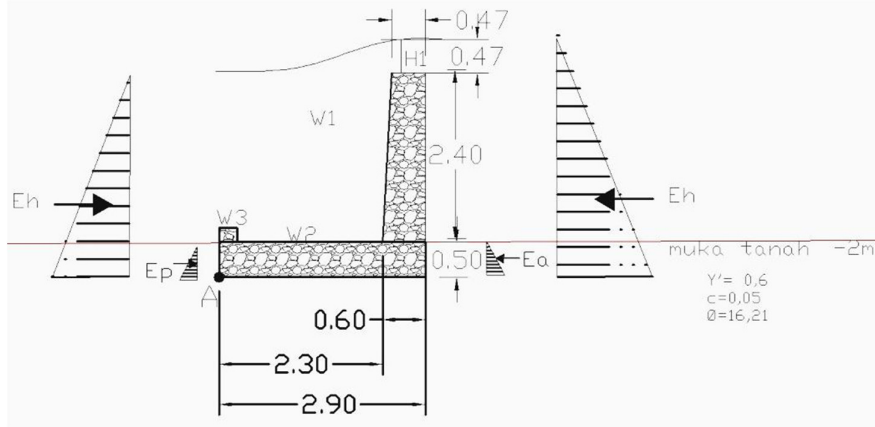


Gambar 5. Gaya yang Bekerja pada Talud

Tabel 5. Perhitungan dimensi bendung

Bendung	B (m)	Q koef.aliran (m)	Z (m)	dc (m)	C ₁ (m)	l _{ambang} (m)	L _o (m)	a (m)	L _{okoreksi} (m)
A	4	3,44	2,4	0,322	2,65	0,25	2,3	0,2	2,3
B	4	3,44	2	0,322	2,68	0,25	1,98	0,2	2,6
C	4	3,44	1,6	0,322	2,73	0,25	1,66	0,2	3
D	4	3,44	1,4	0,422	2,85	0,25	1,94	0,2	2
E	4	3,44	1,2	0,422	2,92	0,25	1,73	0,2	1,73
F	4	3,44	1	0,422	3,02	0,25	1,52	0,2	1,52

Sumber: Usfi Ula Kalwa, 2016



Gambar 6. Gaya pada Bendung A.

Tabel 7. Perhitungan Momen Pengguling pada Bendung A

Gaya	Vol (m ³)	Berat / Gaya (kg)	Jarak ke titik A (m)	MA (kg m)
Momen Penahan				
W1	4.49	10994.50	2.636	28981.49
W2	5.80	14189.60	1.45	20574.92
W3	0.20	489.30	0.125	61.16
Ep		133.0902	0.1667	22.19
	total	25673.39		49617.58
Momen Pengguling				
Ea 1		42.265	0.1667	7.05
Eh		5576.7	1.124	6268.21
	total			6275.26
SF = 7.91				

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Berdasarkan data sondir titik S6 yang terdapat pada lampiran F di kedalaman -2,5 m daya dukung ijin didapat 0,140 Mpa. Stabilitas terhadap daya dukung ijin, sebagai berikut :

$$\bar{\sigma}_{\text{bekerja}} = \frac{\sum V}{A} + \frac{M_y \times x}{I_y} + \frac{M_x \times y}{I_x}$$

$$= 0,0254 \text{ Mpa}$$

Stabilitas terhadap piping.

Berdasarkan data stratigrafi lapisan tanah yang terdapat pada lampiran F di kedalaman -2,5 m pada titik S6 jenis tanah diperkirakan pasir. Perhitungan stabilitas terhadap piping dihitung menggunakan persamaan (5)

1. Jarak vertikal ($\sum L_V$) = 0,5 + 0,5 = 1 m
2. Jarak horizontal ($\sum L_H$) = 2,3 + 0,6 = 2,9 m

$$CL = \frac{1 + \frac{1}{3} \times 2,9}{(2,4 + 0,47)}$$

Angka rembesan minimum (CL), didapatkan dari pembacaan tabel 6.6., sehingga mendapatkan nilai sebesar = 6,0.

$$3. CL = \frac{\sum L_V + \frac{1}{3} \sum L_H}{H} = 0,685 < 6$$

Dari perhitungan, didapatkan kesimpulan bahwa harga CL perhitungan lebih kecil daripada CL dari tabel 5. sehingga bangunan pelimpah aman terhadap bahaya piping.

Tabel 8. Rekap Hasil Analisis Stabilitas Bronjong

Nama titik	Stabilitas terh.Guling		Stabilitas terh. Geser		Stabilitas terh. Tanah dasar		Ket
	Hasil	SF	Hasil	SF	Hasil σ (Mpa)	$\bar{\sigma}$ (Mpa)	
BH1	16,546	2	4,255	2	0,0739	0,625	Aman
BH2	15,561	2	4,097	2	0,0739	0,625	Aman
BH3	14,655	2	3,508	2	0,0739	0,625	Aman
BH4	14,134	2	2,986	2	0,0739	0,625	Aman

Tabel 9. Rekap Hasil Analisis Stabilitas Bendung

Bendung	Stabilitas terhadap Guling		Stabilitas terhadap Geser		Stabilitas terhadap Tanah dasar		Stabilitas terhadap <i>piping</i>		Ket
	Hasil	SF	Hasil	SF	Hasil σ (Mpa)	$\bar{\sigma}$ (Mpa)	Hasil	SF	
A	4.400	2	2,52	2	0,036	0,14	0,685	6	Aman
B	11,260	2	2,05	2	0,022	0,615	0,920	6	Aman
C	23,750	2	2,00	2	0,017	0,620	1,240	6	Aman
D	22,640	2	2,01	2	0,016	0,625	1,340	6	Aman
E	9,355	2	2,388	2	0,021	0,625	1,01	6	Aman
F	9,822	2	2,30	2	0,0130	0,625	1,094	6	Aman

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perhitungan garis lengkung losor dengan metode Fellinius. Dari hasil perhitungan didapat nilai SF=2,545 dimana minimal terbentuk garis longsor minimal nilai SF=1,5.
2. Dimensi bronjong didesain berdasarkan garis lengkung yang terbentuk. Bronjong didesain dikedalaman -3m dengan pondasi setinggi 1m dan lebar 4m dapat dilihat pada gambar 5. Desain bronjong.
3. Tabel 8 dan table 9 merupakan rekap hasil perhitungan stabilitas bronjong pada setiap titik BH1, BH2, BH3, dan BH 4
4. Dimensi bendung dianalisis oleh Usfi Ula Kalwa (12 02 14450) yang berjudul “Perencanaan Embung Memanjang Desa Ngawu, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta”, sehingga didapat Tabel 5. perhitungan dimensi bendung dan $Q_5 = 3,44 \text{ m}^3/\text{s}$.

5. Tabel dibawah merupakan rekap hasil perhitungan stabilitas bendung.
6. Berdasarkan hasil analisis stabilitas, maka tidak diperlukan tambahan angker untuk menambah kekuatan. Hal ini dikarenakan bronjong dan bendung aman dari bahaya guling, geser, *piping*, dan daya dukung tanah.

Saran

1. Titik sondir disesuaikan dengan titik dimana akan direncanakan bendung. Hal ini dimaksudkan agar dalam menganalisis stabilitas, data yang digunakan lebih akurat.
2. Dimensi bronjong dapat diminimaliskan agar lebih ekonomis. Hal ini dikarenakan dimensi yang penulis desain sangat aman dari bahaya guling, geser, *piping*, dan daya dukung tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Latifah, L. 2012, *Perencanaan Bendung Bronjong Di Sungai Palu Desa Sibayu Kecamatan Balaesang Sulawesi Tengah*. Tersedia:
https://www.academia.edu/1990898/Aplikasi_Bronjong. (7Maret 2016).
- Linsley, R.K., and Franzini, J.B., 1979, *Water-Resource Engineering, 3rd edition*, McGraw-Hill, Inc, UK.
- Desyi Dwi Mellawati, 2007, *Analisa Stabilitas Lereng di Perbukitan Sekaran Semarang dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis*. Under Graduates thesis, Universitas Negeri Semarang.
- Mey Malasari Murri, Niken Silmi Surjandari, Sholihin As'ad, 2014, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Pemasangan Bronjong (Studi Kasus di Sungai Gajah Putih, Surakarta)*, e-Jurnal matriks teknik sipil Vol. 2 No. 1/Maret 2014/162
- M. Nuhkhalid Zain, Eko Andi Suryo, As'ad Munawir, *Analisis Stabilitas Lereng Embung dengan Menggunakan Kombinasi Dinding Penahan Kantilever dan Geotekstil dengan Bantuan Perangkat Lunak*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.
- Braja, M.Das, 1990, *Principles of Geotechnical Engineering*, PWS Engineering, Boston.
- Hardiatmo, Christady Hary, 2007, *Mekanika Tanah 2*, edisi keempat, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kalwa, Usfi Ula., 2016, *Perencanaan Embung Memanjang Desa Ngawu, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta*, Skripsi FT, Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta