

STUDI PERENCANAAN TUBUH EMBUNG AENG MERA KECAMATAN BATU PUTIH KABUPATEN SUMENEP

Ibrahim Akbar¹, Bambang Suprpto², Azizah Rachmawati³

- 1) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email :
ibrahim.akbar25@gmail.com
- 2) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email :
bambang.suprpto@unisma.ac.id
- 3) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email :
azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Embung adalah bangunan yang berfungsi menampung air hujan untuk persediaan suatu desa di musim kering, serta mengontrol suatu debit air yang sengaja dibuat untuk meningkatkan taraf muka air untuk mendapatkan tinggi terjun sehingga air dapat dialirkan secara teratur dan terkontrol dalam pembagiannya. Perencanaan embung merupakan salah satu solusi yang dapat di aplikasikan di Desa Aeng Mera, yang berfungsi menampung air pada musim hujan dan dapat dimanfaatkan pada musim kemarau. Secara operasional sebenarnya embung berfungsi untuk mendistribusikan dan menjamin kontinuitas ketersediaan pasokn air untuk keperluan tanaman ataupun ternak dan kebutuhan air bersih di musim kemarau dan penghujan. Lokasi rencana embung terletak di Desa Aeng Mera, wilayah Kecamatan Batu Putih, Kabupaten Sumenep. Embung Aeng Mera ini memiliki dua stasiun hujan yaitu, Stasiun hujan Batu Putih dan Stasiun Batang-Batang. Embung Aeng Mera dialiri sungai dengan luas DAS sebesar 70 km², dan memiliki panjang sungai ±34km. Dari hasil analisa Embung Aeng Mera ini didesain dengan tubuh embung tipe urugan tanah homogen dengan elevasi dasar sungai + 59,00 dan menggunakan Q₅₀ = 67,3 m³/dt. Dari perencanaan didapatkan hasil sebagai berikut : elevasi NWL +71,00; elevasi HWL +72,00; dan elevasi puncak mercu embung +73,00; lebar mercu embung 5 m; tinggi embung 6 m. Setelah dilakukan analisa stabilitas tubuh embung, ternyata dimensi embung yang direncanakan aman terhadap gaya-gaya yang timbul oleh adanya aliran filtrasi dan bahaya longsor.

Kata Kunci : Embung, Perencanaan Embung, Stabilitas

ABSTRACT

An embung is a building that serves to collect rainwater for the preparation of a village in the dry season, also regulates an air flow that is intentionally made to increase the water level to get a high waterfall that can be flowed completely and controlled for its distribution. Reservoir planning is one solution that can be applied in Aeng Mera Village, which uses water in the rainy season and can be used in the dry season. Operationally, the reservoir is used to regulate and guarantee the continuity of approved air supply for plant needs and clean water needs in the dry and rainy seasons. The location of the reservoir plan is located in Aeng Mera Village, Batu Putih area, Sumenep Regency. Embung Aeng Mera has two rain stations namely, Batu Putih Rain Station and Batang-Batang Station. Aeng Mera Embung has a river with a watershed area of 70 km², and has a river length of $\pm$ 34km. From the results of the Aeng Mera Embung analysis, it was designed with a homogeneous type of homogeneous soil reservoir with a river bed elevation of + 59.00 and using $Q_{50} = 67.3 \text{ m}^3 / \text{s}$. From the planning obtained the following results: NWL elevation +71.00; elevation HWL +72.00; and the elevation of the lighthouse embung +73.00; width of lighthouse embung 5 m; reservoir height 6 m. After analyzing the body's risk, display the dimensions of the reservoir that are safe against forces arising from the flow of filtration and landslide hazards.

Keywords: *Embung, Embung Planning, Stability*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan dengan membuat sistem teknis seperti penghijauan, perkuatan tebing, bendung, embung, bendungan, dan sebagainya (Shofa Amanis Khalil 2003). Teknologi embung atau merupakan salah satu pilihan yang menjanjikan karena teknologinya sederhana, biayanya relatif murah dan dapat dijangkau kemampuan petani. Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro di lahan pertanian yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan. Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budidaya komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi di musim kemarau atau di saat curah hujan makin jarang. Perencanaan embung merupakan salah satu solusi yang dapat di aplikasikan di Desa Aeng Mera, yang berfungsi menampung air pada musim hujan dan dapat dimanfaatkan pada musim kemarau.

TINJAUAN PUSTAKA

Didalam penelitian ini ada beberapa poin perhitungan dengan beberapa tahapan diantaranya yakni, analisa hidrologi, analisa tampungan embung, analisa dimensi tubuh dan analisa stabilitas.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

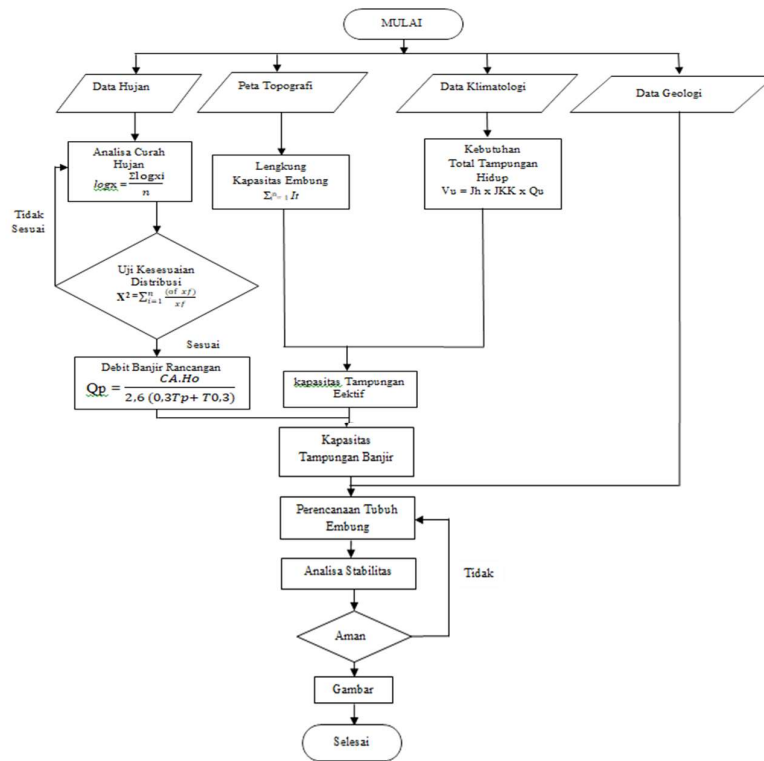
Lokasi direncanakan Embung Aeng Mera terletak di Dusun Panangcangka Desa Aeng Mera Kecamatan Batu Putih Kabupaten Sumenep Provinsi Jawa Timur. Letak geografisnya, koordinat 06o57'15,3" LS dan 113o56' 53,9" BT, dengan elevasi lokasi + 72 m. Kabupaten Sumenep Provinsi Jawa Timur berbatasan dengan:

1. Utara : Laut Jawa
2. Selatan : Selat Madura
3. Barat : Kabupaten Pamekasan
4. Timur : Laut Jawa dan Laut Flores

Data Penelitian

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan dataskunder. ada studi ni lebih banyak mengacu atau dipengaruhi oleh data skunder. Data-data yang diperlukan untuk perencanaan tubuh embung adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan 10 tahun terakhir dari 2009-2018
2. Peta Lokasi dan Peta Topografi
3. Data Klimatologi
4. Data Geologi Kontur Tanah dan jenis-jenis tanah



Gambar 1. Bagan Alir

PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas, pada permukaan, dan di dalam tanah (Soemarto, 1999). Analisa hidrologi adalah salah satu tahapan yang membahas debit banjir dan debit andalan.

Tabel 1 Uji Konsistensi Data Stasiun Batu Putih

Tahun	Stasiun Batu Putih (mm)	Kum. Stasiun Batu Putih (mm)	Stasiun Batang-Batang (mm)	Kum. Rerata (mm)	XY (mm ²)	X ² (mm ²)	Y ² (mm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8
2009	423	423	1160	1160	490680	1345600	178929
2010	1002	1425	1446	2606	3713550	6791236	2030625
2011	1053	2478	1249	3855	9552690	14861025	6140484
2012	820	3298	1032	4887	16117326	23882769	10876804
2013	1300	4598	1244	6131	28190338	37589161	21141604
2014	1090	5688	1112	7243	41198184	52461049	32353344
2015	1103	6791	1156	8399	57037609	70543201	46117681
2016	900	7691	1019	9418	72433838	88698724	59151481
2017	277	7968	644	10062	80174016	101243844	63489024
2018	1101	9069	1875	11937	108256653	142491969	82246761

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 2 Uji Konsistensi Data Stasiun Batang-Batang

Tahun	Stasiun Batang-Batang	Kum. Stasiun Batang-Batang (mm)	Stasiun Batu Putih	Kum. Rerata (mm)	XY (mm ²)	X ² (mm ²)	Y ² (mm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8
2009	1160	1160	423	423	490680	178929	1345600
2010	1446	2606	1002	1425	3713550	2030625	6791236
2011	1249	3855	1053	2478	9552690	6140484	14861025
2012	1032	4887	820	3298	16117326	10876804	23882769
2013	1244	6131	1300	4598	28190338	21141604	37589161
2014	1112	7243	1090	5688	41198184	32353344	52461049
2015	1156	8399	1103	6791	57037609	46117681	70543201
2016	1019	9418	900	7691	72433838	59151481	88698724
2017	644	10062	277	7968	80174016	63489024	101243844
2018	1875	11937	1101	9069	108256653	82246761	142491969

(Sumber: Pengolahan Data)

Banjir Rancangan

Untuk menghitung atau memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang dengan hasil yang baik dapat dilakukan dengan analisis data aliran sungai yang bersangkutan dengan menggunakan metode HSS nakayasu

Data Teknis (Data Skunder):

Luas DAS (CA) = 70 km²

Panjang sungai = 34 km

Ro (Hujan Satuan) = 1 mm

Parameter hidrograf (α)

- 1,5: pada daerah bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian turun cepat,
- 2 : pada daerah hidrograf pengaliran biasa,
- 3 : pada daerah bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat, Maka:

1. Waktu Konsentrasi (tg)

Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km

tg = waktu konsentrasi (jam)

tg = $0,4 + 0,058 L$

= $0,4 + 0,058.(34) = 2,372$

= 2,372 jam

Lama hujan efektif yang menyebabkan limpasan (tr)

tr = satuan waktu hujan (jam)

tr = $(0,5 \text{ sampai } tg) \rightarrow tr = 1 . tg$

tr = $1 . 2,372$

= 2,372 jam

Waktu puncak (Tp)

tp = waktu puncak (jam)

tp = $tg + 0,8 tr \rightarrow (tr = 2,000)$

= $2 + 0,8 . 2,372 = 6,641$

= 6,641 jam

t0,3 = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

t0,3 = $\alpha . tg$

= $2 \times 2,372 = 4,744$ jam

tp + t0,3 = $6,641 + 4,744$

= 11,385 jam

tp + t0,3 + 1,5 . t0,3 = $6,641 + 4,744 + 1,5 + 4,744$

$$\begin{aligned}
 &= 17,629 \text{ jam} \\
 1,5 \cdot t_{0,3} &= 1,5 + 4,744 \text{ am} \\
 &= 6,244 \text{ jam} \\
 0,5 \cdot t_{0,3} &= 0,5 + 4,744 \\
 &= 5,244 \text{ jam} \\
 Q_p &= \text{cd Debit puncak HSS Nakayasu (m}^3/\text{det)} \\
 Q_p &= \frac{CA \times R_0}{3,6(0,3t_p + t_{0,3})} \\
 Q_p &= \frac{70 \times 1}{3,6(0,3 \cdot 6,641 + 4,744)} = 2,886 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Nilai Lengkungan Naik = $0 < t < 4$

t (jam)	Q (m ³ /det)
0	0
1	0,176
2	0,717
3	2,414
4	3,227

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4 Nilai Lengkungan Turun Tahap I = $4 < t < 8$

t (jam)	Q (m ³ /det)
5	2,501
6	1,672
7	1,425
8	1,113

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5 Nilai Lengkungan Turun Tahap II = $8 < t < 18$

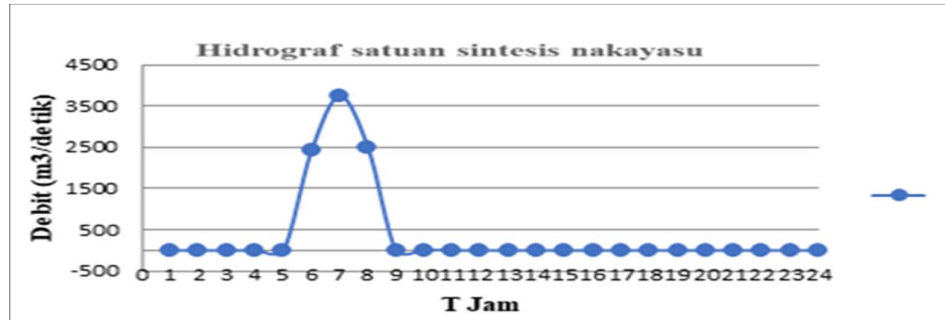
t (jam)	Q (m ³ /det)
9	0,918
10	0,000
11	0,000
12	0,000
13	0,000
14	0,000
15	0,000
16	0,000
17	0,000
18	0,000

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 6 Nilai Lengkungan Turun Tahap III = $t > 18$

t (jam)	Q (m ³ /det)
19	0,000
20	0,000
21	0,000
22	0,000
23	0,000
24	0,000

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 2 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu
(Sumber: Hasil Penggambaran)

Lengkung Debit Embung

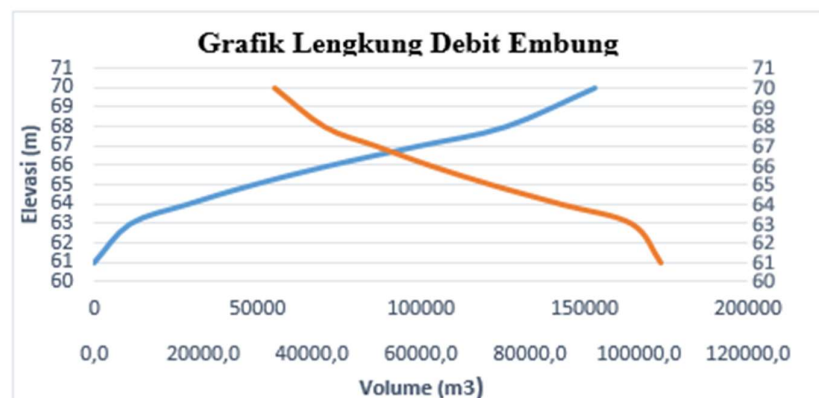
Sebelum melakukan analisis hidrolika, terlebih dahulu menghitung lengkung debit yang bertujuan untuk menentukan Volume debit banjir dari metode nakaysu. Penampang yang dibuat lengkung debit adalah penampang desekitan Embung Aeng Merah pada Sungai Patean, dengan Elevasi dimulai dari 61 m sampai dengan 70 m.

Tabel 7 Lengkung Debit Embung

N o	Elevasi (m)	Luas Kontur (m ²)	Rata-rata Antar Kontur (m ²)	Volume Antar Interval Kontur (m ³)	Volume Debit Embung (m ³)
1	61	5961,601	0	0	0
2	63	16097,336	11029,469	11029,469	11029,469
3	64	18573,904	17335,620	17335,620	28365,089
4	65	21406,378	19990,141	19990,141	48355,230
5	66	25618,847	23512,613	23512,613	71867,842
6	67	26342,024	26980,436	26980,436	98848,278
7	68	28346,658	26844,341	26844,341	125692,619
8	70	29264,778	27305,718	27305,718	152998,337

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan lengkung debit embung pada Tabel di atas maka diperoleh grafik lengkung debit embung seperti Gambar dibawah ini.



Gambar 3 Grafik Lengkung debit Embung
(Sumber: Hasil Penggambaran)

Perencanaan Tubuh Embung

Pada analisis ini, perencanaan tubuh dimensi tubuh embung menggunakan kala ulang Q50th. Tipe tubuh embung direncanakan dengan tipe urugan homogen.

Tinggi Tubuh Embung

Penentuan tinggi embung menggunakan rumus:

$$H = H_k + H_b + H_f + 0,25$$

Keterangan:

Hd	= tinggi embung
Hk	= 3 (tinggi mercu pelimpah)
Hb	= 2,930 (tinggi banjir Q50th)
Hf	= 0,5 (tinggi jagaan)
Jadi, Hd	= 3,00 + 2,930 + 0,5 + 0,25
	= 6,00 m

Lebar Mercu Embung

Dalam penentuan lebar mercu ditentukan berdasarkan kegunaan sebagai jalan dan pemeliharaan embung nantinya. Lebar mercu embung akan menggunakan rumus sebagai berikut, menurut buku Bendungan Type Urugan oleh Ir. Suyono Sostrodarsono:

$$\begin{aligned} B &= 3,6H^{1/3} - 3 \\ &= 3,6 \cdot 61^{1/3} - 3 \\ &= 4,9 \text{ m (dibulatkan = 5m)} \end{aligned}$$

Kemiringan Lereng Tubuh Embung

Menurut Tabel 2.21, untuk embung tipe urugan homogen dengan material utama CH (clay high). Kemiringan lereng hulu adalah 1 : 3, sedangkan kemiringan lereng hilir adalah 1 : 2,25.

Stabilitas Tubuh Embung

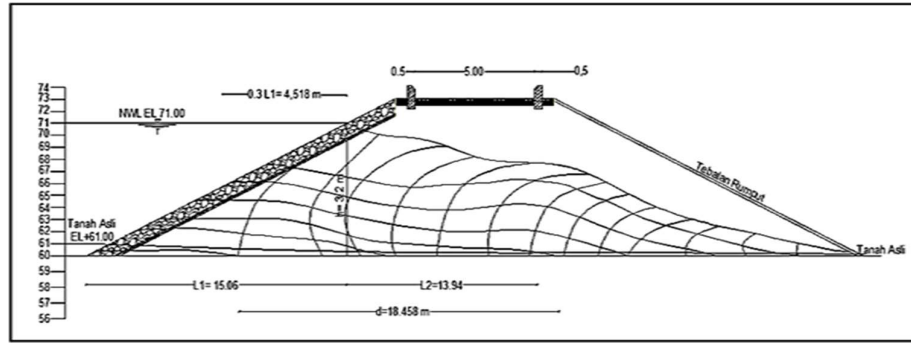
Dalam perencanaan tubuh embung maupun pondasi diharuskna mampu mempertahankan diri terhadap gaya-gaya yang ditimbulkan oleh adanya air infiltrasi yang mengalir melalui celah-celah antara butiran-butiran tanah pembentuk tubuh embung dan pondasi tersebut.

$$Q_f = \frac{N_f}{N_d} \cdot k \cdot h \cdot L$$

Diimana:

Qf	= kapasitas aliran infiltrasi
Nf	= angka pembagi dari garis trayektori aliran infiltrasi
Nd	= angka pembagi dari garis <i>equipotensial</i>
k	= koefisien infiltrasi
h	= tinggi tekanan air total
L	= panjang profil melintang tubuh embung

Tubuh embung Palotawo menggunakan tipe urugan homogen, maka:



Gamba 4 Flow nets pada Embung Homogen
(Sumber: Hasil Penggambaran)

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 N_f &= 7 \\
 N_d &= 13 \\
 h &= 3,2 \text{ m} \\
 L &= 46,50 \text{ m} \\
 k &= 1,4 \times 10^{-6} \text{ cm/dt} = 1,4 \times 10^{-8} \text{ m/dt (Wilson, 1993:74)} \\
 Q_f &= \frac{N_f}{N_d} \cdot k \cdot h \cdot L \\
 &= \frac{7}{13} \cdot 1,4 \times 10^{-8} \cdot 3,2 \cdot 46,50 \\
 &= 0,00000179 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Jadi, perkiraan besar debit yang mengalir melalui tubuh embung Aeng Mera sebesar $1,79 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt}$.

Besar debit yang mengalir melalui tubuh embung adalah lebih kecil dari 0,05% dari tampungan atau bila dijabarkan $Q_f < 0,05\% < \text{tampungan total}$

Dimana:

$$Q_f = \text{debit filtrasi}$$

Adapun prosedur untuk menghitung besarnya kapasitas filtrasi dengan analisa jaringan aliran (flownet) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0,05\% \times \text{tampungan total} \\
 &= 0,05\% \times 53360 \\
 &= 26,68 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

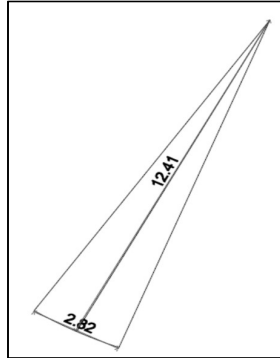
Dari perhitungan rembesan diatas $1,79 \times 10^{-6} < 0,05\% < 26,68$ (aman)

Stabilitas Hulu Embung Aeng Mera Keadaan Kosong, Normal

Langkah-langkah penyelesaian :

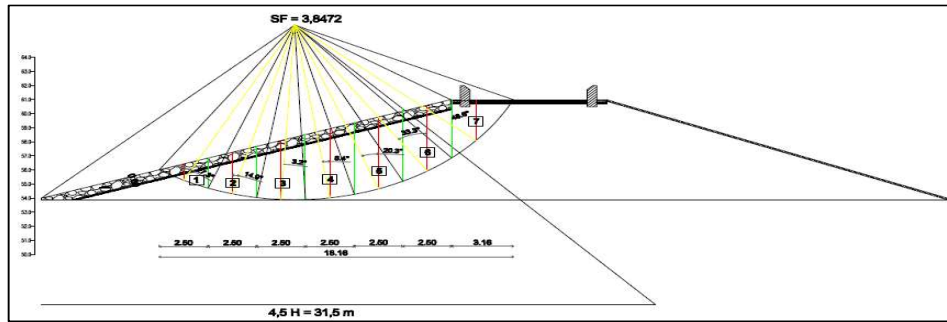
1. Dalam penentuan jari-jari bidang longsor (r) tepi lingkaran menyinggung dasar pondasi sehingga mengenai semua jenis material timbunan tubuh embung.
2. Bidang longsor dibagi menjadi beberapa pias sama lebar, masing-masing pias dihitung luas (A) dan gaya beratnya (W).

Contoh embung kondisi kosong normal pias 1:



Gambar 5 Pias 1 Stabilitas Hulu Embung Keadaan Kosong, Normal
(Sumber: Hasil Penggambaran)

- Luas 1 $= \frac{1}{2} \times A \times t$
 $= \frac{1}{2} \times 2,82 \times 12,41$
 $= 17,498 \text{ m}^2$
- W $= A \cdot \gamma$
 $= 17,498 \cdot 2,69$
 $= 46,733 \text{ t/m}$
3. Sudut yang ditentukan dari jari-jari bidang longsor (α) dengan arah berat masing-masing pias. Nilai pias 1, α didapatkan: $-27,3^\circ$
4. Hitung momen geser pada bidang longsor tubuh embung:
 $T = W \cdot \sin \alpha$
 $= 46,733 \cdot \sin -27,3^\circ$
 $= -38,644$
5. Menghitung momen tahan bidang longsor pada embung:
 $N' = N \cdot \tan \emptyset$
 $N = W \cdot \cos \alpha$
 $= 46,733 \cdot \cos -27,3^\circ$
 $= -26,251$
6. $\tan \emptyset$ merupakan sudut geser yang didapat dari jenis bahan timbunan. Dalam analisis ini untuk zona tanah inti urugan nilai $\emptyset = 32^\circ$
 $N' = N \cdot \tan \emptyset$
 $= -26,251 \cdot \tan 32^\circ$
 $= -17,352$
7. Angka kohesi tiap pias
 $C' = C \cdot l$
 $= C \cdot \frac{b}{\cos \alpha}$
 C adalah angka dari hasil lab tergantung jenis bahan timbunan, untuk tanah urugan nilai $C = 0,155 \text{ kg/cm}^2$ dan b adalah lebar tiap pias.
 $C' = 0,155 \cdot \frac{b}{\cos \alpha}$
 $= C \cdot \frac{2,5}{-0,562}$
 $= -0,690$
8. Menghitung nilai faktor keamanan (SF)
 $SF = \frac{\sum (C' + N \cdot \tan \alpha)}{\sum T}$
 $= \frac{(-5,596) + (-90,157)}{-24,889}$
 $= 3,8472$



Gambar 6 Stabilitas Hulu Embung Keadaan Kosong, Normal
(Sumber: Hasil Penggambaran)

Tabel 7 Rekapitulasi Stabilitas Lereng Embung Berbagai Macam Kondisi

Zona	Hulu Embung		Hilir Embung	
Kondisi	Normal	Gempa	Normal	Gempa
	$\geq 1,5$	$\geq 1,2$	$\geq 1,5$	$\geq 1,2$
Kosong (aman)	3,8472	3,8471	3,8472	3,8471
NWL (aman)	3,6712	3,6711	3,8472	3,8471
FWL (aman)	3,3171	3,3170	3,8472	3,8471

(Sumber: Hasil Penggambaran)

Dari hasil analisa stabilitas lereng , lereng dinyatakan aman karena telah memenuhi persyaratan nilai angka keamanan $> 1,5$ pada saat kondisi tanpa gempa dan $> 1,2$ pada saat kondisi normal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari perhitungan, mulai dari analisa hidrologi hingga analisa hidrolika, serta analisa kestabilannya, maka diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut :

- Perhitungan debit rancangan menggunakan metode hidrograf Nakayasu dan diperoleh hasil :
 - Inflow min $Q_{50\text{ th}} = 0,05 \text{ m}^3/\text{det}$
 - Outflow min $Q_{50\text{ th}} = 5,19 \text{ m}^3/\text{det}$
 - Inflow max $Q_{50\text{ th}} = 3,74 \text{ m}^3/\text{det}$
 - Outflow max $Q_{50\text{ th}} = 67 \text{ m}^3/\text{det}$
- Kapasitas tampungan mati embung Aeng Mera sebesar 11029469 m^3 , dan kapasitas tampungan efektif sebesar $65706,53 \text{ m}^3$. Sehingga kapasitas total embung sebesar 76736 m^3 .
- Dimensi tubuh embung :
 - Lebar mercu embung = 5 m
 - Tinggi embung = 6 m
 - Elevasi mercu embung = $+71$
 - Elevasi dasar embung = $+59$
 - Kemiringan lereng hulu = $1 : 3$
 - Kemiringan lereng hilir = $1 : 2,25$

4. Hasil analisa Stabilitas Lereng embung Aeng Mera adalah :

1. Bagian hulu saat kondisi kosong keadaan normal = $3,8472 \geq 1,5$ (Aman)
2. Bagian hulu saat kondisi kosong keadaan gempa = $3,8471 \geq 1,2$ (Aman)
3. Bagian hulu saat NWL keadaan normal = $3,6712 \geq 1,5$ (Aman)
4. Bagian hulu saat NWL keadaan gempa = $3,6711 \geq 1,2$ (Aman)
5. Bagian hulu saat FWL keadaan normal = $3,3171 \geq 1,5$ (Aman)
6. Bagian hulu saat FWL keadaan gempa = $3,3170 \geq 1,2$ (Aman)
7. Bagian hulu saat kondisi kosong keadaan normal = $3,8472 \geq 1,5$ (Aman)
8. Bagian hilir saat kondisi kosong keadaan gempa = $3,8471 \geq 1,2$ (Aman)
9. Bagian hilir saat NWL keadaan normal = $3,8472 \geq 1,5$ (Aman)
10. Bagian hilir saat NWL keadaan gempa = $3,8471 \geq 1,2$ (Aman)

Saran

1. Dalam perencanaan bangunan air untuk menghitung analisis hidrologi diperlukan data curah hujan dan data klimatologi yang lengkap, dan semakin lama periode data tersebut maka semakin akurat analisa hidrologi yang didapatkan.
2. Dari studi yang dilakukan pada perencanaan tubuh embung Aeng Mera, maka penulis menyarankan agar pada perhitungan debit rancangan selanjutnya dilakukan perhitungan ulang dengan metode lain selain metode Nakayasu agar memperoleh hasil perhitungan yang dapat dijadikan perbandingan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan metode Nakayasu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset
- [2] Loebis, J.1987. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- [3] Shofa Amanis Khalil 2003. *Perencanaan Bendungan Manojaya Kabupaten. tasikmalaya, Jawa Barat. Honing. Konstruksi Bangunan Air, Pene Pradnya Paramita, Jakarta* .
- [4] Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya
- [5] Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya
- [6] Soedibyo. 1993. *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramita. Jakarta
- [7] Sosrodarsono Suyono, Takeda, 1989. *Bendungan Type Urugan*, Pradnya Paramita, Jakarta