

STUDI PERENCANAAN EMBUNG KALIPANG KABUPATEN PASURUAN PROPINSI JAWA TIMUR

Dian Dwi Mahendra, Eko Noerhayati

Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Jalan MT. Haryono 193 Malang
Email : diandwimahen@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan Embung Kalipang dimulai dengan penentuan tampungan pada waduk selama usia guna waduk tersebut. Tampungan efektif ditentukan dengan simulasi operasi waduk untuk pemenuhan kebutuhan air bersih penduduk Desa Kalipang. Setelah menentukan tampungan-tampungan waduk tersebut, maka selanjutnya dapat dihitung dimensi tubuh bendungan yang meliputi: tinggi bendungan, lebar puncak bendungan, panjang puncak bendungan dan kemiringan lereng tubuh bendungan. Setelah didapatkan dimensi tubuh bendungan, selanjutnya dianalisis keamanan tubuh bendungan tersebut terhadap rembesan. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan besarnya volume tampungan mati sebesar 19095.97 m^3 yang terletak pada elevasi +94,10; tampungan efektif sebesar 265302.57 m^3 terletak pada elevasi +100.00. Data teknis mengenai dimensi Embung Kalipang didapatkan: tinggi bendungan 11.426 m; lebar puncak bendungan 5 m; kemiringan hulu 1 : 3; kemiringan hilir 1 : 1.2.25; lebar pelimpah 10 m; elevasi puncak pelimpah +100. Dari analisis tersebut didapatkan angka keamanan yang memenuhi persyaratan teknis untuk keamanan tubuh bendungan

Kata kunci : *Embung Kalipang, kapasitas tampungan, dimensi tubuh Embung Kalipang.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan salah satu unsur utama kelangsungan hidup manusia dan semua makhluk hidup, juga mempunyai arti penting dalam rangka meningkatkan taraf hidup masyarakat. Di bumi terdapat kira – kira 1,3 – 1,4 milyar km³ air 97,5 % air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73% di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya (Suyono,Sosrodarsono, 1993).

Pemerintah Indonesia secara aktif melakukan pengembangan Sumber Daya Air di berbagai sektor demi kesejahteraan hidup masyarakat, salah satu diantaranya adalah pengembangan sektor pengairan. Di dalam Rencana Program Jangka Panjang, tujuan pembangunan bidang pengairan adalah untuk memenuhi dan meningkatkan kebutuhan pangan sendiri, pengendalian banjir, pengembangan dan konservasi sumberdaya air untuk keperluan irigasi dan pemenuhan air baku bagi masyarakat.

Dalam rangka menginventarisasi potensi sumber daya air terutama dalam aspek pengusahaan dan penyusunan potensi yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam pembangunan tampungan air, maka diperlukan pekerjaan Embung di Kabupaten Pasuruan.

Daerah studi adalah di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur yang merupakan desa Kalipang Kecamatan Grati di luar Daerah Aliran Sungai (DAS), maka diperlukan pemanfaatan potensi sumber air permukaan secara efisien dan ekonomis. Untuk itu sebagai salah satu alternatif pemecahan masalah dalam penyediaan air dan juga untuk memperbaiki kondisi air permukaan maka dibangunlah embung yang difungsikan sebagai penampungan air untuk air baku dan juga sebagai salah satu alternatif konservasi air permukaan.

Identifikasi Masalah

Sesuai dengan Identifikasi di atas, maka ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi adalah :

1. Belum ada tampungan embung sehingga debit sungai ketika musim penghujan sangat besar yang mengakibatkan banjir sampai melampaui tanggul.
2. Dibutuhkan sebuah tubuh embung yang sesuai dengan karakteristik kontruksi embung.

Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan-batasan yang dikemukakan di atas, maka permasalahan dalam studi ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa besar tampungan embung ?
2. Bagaimana keamanan embung ditinjau dari aspek rembesan ?

Tujuan dan Mamfaat

Tujuan dari studi ini adalah untuk menentukan desain embung yang layak secara teknis di Desa Kalipang guna mengatasi permasalahan air yang terjadi di daerah tersebut. Kelayakan desain embung yang akan dibangun meliputi:

1. Mendesain besarnya tampungan embung yang dibutuhkan
2. Mendesain Stabilitas tubuh embung yang aman dalam segala macam kondisi.

Sedangkan manfaat dari studi ini adalah untuk melatih pembekalan diri dalam kemampuan professional secara teknis dalam perencanaan tubuh embung dan juga merupakan suatu pembekalan akhir yang berbasis kompetensi sesuai dengan bidang keahlian Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Malang. Selain itu diharapkan juga dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam perencanaan tubuh embung yang layak secara teknis.

TINJAUAN PUSTAKA

Uji Konsistensi Data

Pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari tiap stasiun yang digunakan, yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya, lebih jelas lagi bisa dilihat pada rumus, nilai statistik Q dan R

$$Q = \max | S_k^{**} | \text{ untuk } 0 \leq k \leq n$$

$$R = \max S_k^{**} - \min S_k^{**}$$

Pemilihan Distribusi Curah Hujan Rencana

Dalam analisa hidrologi selanjutnya, diperlukan besaran curah hujan rencana yang terjadi di daerah tersebut. Curah hujan rencana adalah berupa besaran jumlah hujan yang terjadi selama satu hari dalam satuan milimeter, dalam berbagai kala ulang yang telah direncanakan.

1. Distribusi Normal
 - Koefisien kurtosis (Ck) untuk distribusi normal adalah = 3
 - Distribusi normal dengan bentuk kurva simetri seperti lonceng memiliki sifat yang stabil dengan nilai koefisien kepeccengan (Cs) = 0.
2. Distribusi Log Normal
 - Distribusi log normal mempunyai bentuk kurva yang menceng ke kanan yang berarti nilai koefisien kepeccengannya (Cs) bernilai positif.
 - Koefisien kurtosis (Ck) untuk distribusi log normal bernilai positif pula
3. Distribusi Gumbel
 - Distribusi Gumbel mempunyai sifat koefisien (Cs) bernilai = 1,1396
 - Koefisien kurtosis (Ck) bernilai = 5,4002
4. Distribusi Log Pearson Type III
 Distribusi Log Pearson Type III ini mempunyai sifat nilai Cs bernilai positif, negatif dan nol. Jadi kebanyakan data-data hidrologi memenuhi distribusi Log Pearson Type III.

Debit Banjir Rancangan

Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman

Distribusi curah hujan jam-jaman dengan interval tertentu digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan dengan hidrograf satuan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya distribusi curah hujan jam-jaman adalah sebagai berikut:

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \left(\frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dengan:

R_t = rata-rata hujan sampai jam ke-T (mm/jam)

T = waktu mulai hujan samapai jam ke-T (jam)

t = waktu konsentrasi hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan efektif dalam 24 jam (mm)

R_T = curah hujan pada jam ke-T (mm/jam)

Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan bagian dari hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run off*). Bentuk limpasan langsung ini dapat berupa limpasan permukaan dan *interflow*. Besarnya hujan efektif dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Ref} = C \cdot R$$

dengan:

Ref = hujan efektif (mm)

C = koefisien pengaliran

R = curah hujan nyata (mm)

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Nakayasu menurunkan rumus hidrograf satuan sintetik berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian pada beberapa sungai di Jepang. Besarnya nilai debit puncak hidrograf satuan dihitung dengan rumus :

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,60 \cdot (0,30 \cdot T_p + T_{0,3})}$$

Dengan :

Q_p : Debit (m³/det)

C : Koefisien pengaliran

A : Luas daerah aliran sungai (km²)

R_o : Hujan satuan (mm)

T_p : Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf satuan (jam)

T_{0,3} : Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai debit menjadi 30% dari debit puncak hidrograf satuan (jam)

Nakayasu membagi bentuk hidrograf satuan dalam dua bagian, yaitu lengkung naik dan lengkung turun. Pada bagian lengkung naik, besarnya nilai hidrograf satuan dihitung dengan persamaan :

$$Q_a = Q_p \cdot \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

dan dinyatakan dalam m³/detik.

Pada bagian lengkung turun yang terdiri dari tiga bagian, hitungan limpasan permukaannya adalah :

1) untuk $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,30^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}}$$

2) untuk $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,30^{\frac{t-T_p+0,50 \cdot T_{0,3}}{1,50 \cdot T_{0,3}}}$$

3) untuk $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,30^{\frac{t-T_p+1,50 \cdot T_{0,3}}{2,00 \cdot T_{0,3}}}$$

dengan :

Q_d : Debit (m³/det)

t : Satuan waktu (jam)

Menurut Nakayasu, waktu naik hidrograf bergantung dari waktu konsentrasi dan dihitung dengan persamaan :

$$T_p = t_g + 0.80 \cdot t_r \text{ (jam)}$$

dengan :

1). t_g : Waktu konsentrasi (jam) Waktu konsentrasi dipengaruhi oleh panjang sungai utama (L): bila $L < 15$ km, $t_g = 0.21 \cdot L^{0.70}$ jam bila $L > 15$ km, $t_g = 0.4 + 0,058L$ jam

2). Hujan efektif yang menyebabkan terjadinya limpasan permukaan dihitung sebagai berikut : $t_r = 0.50 \cdot t_g$ sampai $0.80 \cdot t_g$ (jam)

3). Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai debit menjadi 30% dari debit puncak hidrograf satuan dihitung :

$$T_{0.3} = \alpha \cdot t_g \text{ (jam)}$$

Dengan :

α : Koefisien yang bergantung pada karakteristik DAS

Evapotranspirasi

Analisis mengenai evaporasi diperlukan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi tanaman yang kelak akan dipakai untuk menghitung kebutuhan air irigasi dan, kalau perlu untuk studi neraca air di daerah aliran sungai.

Metode Penman

Dalam penyelesaian studi ini untuk menghitung besarnya evapotranspirasi digunakan rumus *Penman Modifikasi FAO* untuk perhitungan pada daerah-daerah di Indonesia (Suhardjono, 1994:54). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Eto = c \cdot Eto^*$$

$$Eto = W(0,75 R_s - Rn1) + (1-W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)$$

Dengan:

Eto = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

C = angka koreksi penman

W = faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi.

R_s = radiasi gelombang pendek, dalam setahun evaporasi ekuivalen (mm/hari). = $(0,25 + 0,54 n/N) \cdot Ra$

Ra = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer atau angka (mm/hari).

$Rn1$ = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari). = $f(t) \cdot f(ed) \cdot f(n/N)$

$$f(t) = \text{fungsi suhu} = \sigma \cdot Ta^4$$

$$f(ed) = \text{fungsi tekanan uap} = 0,344 - 0,44 \cdot ed0,5$$

$$f(n/N) = \text{fungsi kecerahan} = 0,1 + 0,9n/N$$

$$f(u) = \text{fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2,00m dpl}$$

$$(m/dt) = 0,27 (1+0,864 \cdot u)$$

ea = perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap sebenarnya.

$$ed = \text{tekanan uap jenuh} = ea \cdot RH.$$

RH = kelembaban udara relatif (%) Penentuan nilai evaporasi potensial dan nilai evapotranspirasi potensial memerlukan data-data yang terukur. Berikut ini adalah tabel harga Ra untuk Indonesia pada koordinat ($5^\circ LU$ s/d $10^\circ LS$) atau disebut juga sebagai angka angot dan tabel hubungan antara suhu (t), tekanan uap jenuh (ed), faktor suhu dan elevasi (W) serta fungsi suhu $f(t)$.

Tampungan Embung

Besar volume tampungan yang dibutuhkan pada embung secara hidrologis dipengaruhi oleh besarnya kapasitas tampungan efektif serta besarnya tampungan yang disediakan untuk menampung sedimen dalam periode waktu yang direncanakan.

Kapasitas Tampungan Efektif

Perhitungan Tampungan efektif dalam studi ini didasarkan pada debit andalan Sungai Simbatan serta besarnya output yang berupa kebutuhan air, dan evapotranspirasi. Kebutuhan air yang direncanakan adalah untuk memenuhi kebutuhan air baku penduduk secara optimal dan suply untuk irigasi.

Simulasi dari studi ini bertujuan menemukan hubungan antara :

- ❖ Volume tampungan embung dan tinggi embung
 - ❖ Kebutuhan air baku penduduk dan kebutuhan air irigasi sesuai pola tanam
- Konsep dasar kajian simulasi dalam hal ini dikembangkan dari persamaan kontinuitas :

$$I - O = \frac{ds}{dt}$$

dengan :

I = inflow (m³/dt)

O = outflow (m³/dt)

$$\frac{ds}{dt}$$

= perubahan tampungan yang merupakan fungsi waktu

METODOLOGI PERENCANAAN

Lokasi Studi

Lokasi studi adalah di Desa Klipang Kecamatan Graati Kabupaten Paasuruan Profensi Jawa Timur yang secara geografis terletak pada

posisi 7,30°-8,30" LS dan antara 11,30°- 12,30° BT dengan batas wilayah administrasi sebagai berikut:

- Barat :Desa Kapasan Kecamatan Nguling
- Timur :Desa Gaading Kecamatan Winongn
- Utara : Desa Wates Kecamatan Lekok
- Selatan :Desa Paancur Kecamatan Lumbang

Pengumpulan Data untuk Studi

Dalam studi perencanaan ini diperlukan data-data penunjang yang diperlukan untuk melakukan perhitungan dan analisa. Data-data yang diperlukan dalam perhitungan dan analisa sebagai berikut :

1. Data Analisis Hidrologi, yang diperlukan antara lain :
 - a. Data Banjir Rancangan dengan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.
 - b. Data Debit Andalan sungai.
 - c. Data Kebutuhan air baku penduduk
2. Data debit sedimen pada waduk
3. Data geologi dan mekanika tanah, yang diperlukan antara lain :
 - a. Data hasil uji laboratorium karakteristik fisik tanah (*soil properties*)

Tahapan Studi dan Metode Pengolahan Data

Dalam perencanaan ini, di susun suatu metode teknis secara menyeluruh untuk merencanakan tubuh embung. Untuk menjamin dan terarahnya kegiatan perencanaan ini, maka perlu adanya suatu panduan yang menggambarkan tahapan-tahapan kegiatan untuk mencapai tujuan dan sasaran yang diharapkan. Panduan atas tahapan-tahapan studi ini digambarkan dalam suatu diagram alir yang digambarkan pada Gambar 3.7, yang mana pada setiap langkah (dalam diagram alir ditunjukkan dalam bentuk panah) mempunyai sasaran berupa produk atau awal dari kegiatan berikutnya.

Analisis Tampungannya Pada Waduk (Tampungannya Mati, Tampungannya Efektif, dan Tampungannya Banjir)

Analisis tampungannya mati di waduk yaitu menentukan banyaknya sedimen yang mengisi dasar waduk sampai pada elevasi tertentu untuk menentukan ketinggian minimum operasi waduk. Analisis tampungannya efektif waduk yakni untuk menentukan besarnya air yang dapat dimanfaatkan dari waduk untuk keperluan air baku.

Tahap-tahap analisis untuk menentukan tampungannya-tampungannya waduk sebagai berikut :

1. Analisis volume sedimentasi pada waduk
2. Menentukan usia guna waduk
3. Menghitung tampungannya mati waduk (muka air minimum operasi waduk)
4. Melakukan simulasi kapasitas tampungannya waduk
5. Menghitung tampungannya efektif waduk (muka air normal)

PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Di lokasi penelitian terdapat dua stasiun hujan yang berpengaruh, oleh karena itu data hujan yang diambil berasal dari dua stasiun tersebut, yakni Stasiun Karang nguling, Stasiun kejayan. Semua stasiun tersebut terletak di Kabupaten pasuruan.

Data Curah Hujan

Di lokasi penelitian terdapat dua stasiun hujan yang berpengaruh, oleh karena itu data hujan yang diambil berasal dari dua stasiun tersebut, yakni Stasiun nguling , Stasiun kejayan. Semua stasiun tersebut terletak di Kabupaten pasuruan.

Data hujan yang digunakan dalam analisa tersebut meliputi data curah hujan harian dengan periode pengamatan tahun 2006 sampai dengan tahun 2016.

Uji Konsistensi Data Hujan

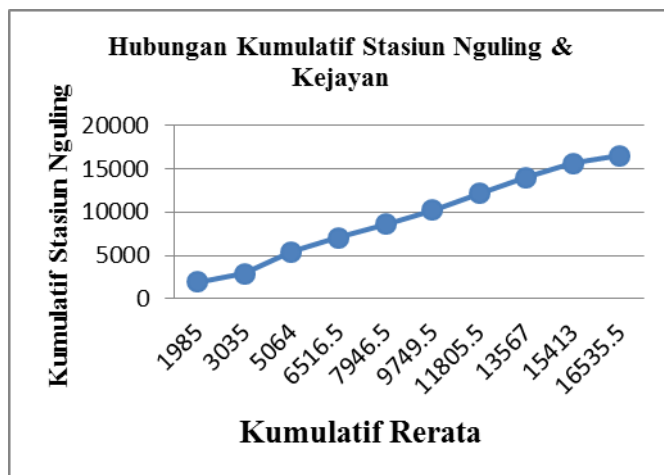
Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data lapangan yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Uji konsistensi data dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*). Berikut ini adalah hasil perhitungan uji konsistensi data di Stasiun nguling, Stasiun kejayan.

Tabel 1. Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun nguling terhadap Stasiun kejayan.

Tahun	Stasiun Nguling (mm)	Stasiun Kejayan (mm)	Kumulatif stasiun Nguling (mm)	Kumulatif Stasiun Kejayan (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2006	1966	2004	1966	2004
2007	948	1152	2914	2168
2008	2482	1576	5396	3744
2009	1629	1276	7025	5020
2010	1552	1308	8577	6328
2011	1671	1935	10248	8263
2012	1918	2194	12166	10457
2013	1856	1667	14022	12124
2014	1611	2081	15633	14205
2015	919	1326	16552	15531
2016	1255	824	17807	16355

Keterangan :

- (1) : Tahun
- (2) (2,3) : Hasil perhitungan curah hujan tahunan (4,5): Kumulatif Pemanding Stasiun Nguling Terhadap Stasiun Kejayan



Gambar 1. Grafik Lengkung Massa Ganda Stasiun nguling

Analisa Curah Hujan Rerata Harian Maksimum

Terdapat dua stasiun hujan yang bisa mewakili kondisi curah hujan yang ada dilokasi proyek. Untuk itu dipilih 2 stasiun hujan, yaitu stasiun Kejayan dan stasiun Nguling di Kabupaten Pasuruan. Data curah hujan yang ditampilkan adalah selama 11 tahun terakhir yaitu antara tahun 2006 – 2016.

Tabel 4.2 Data curah hujan bulanan embung Kalipang

Stasiun : Kejayan ; Elevasi: +168

Sumber : Perhitungan
 Stdev. = 0.16818796
 Mean = 2.01
 Kn = 2.088

Semua data berada diantara nilai ambang atas dan bawah, maka rangkaian data hujan yang ada layak untuk digunakan.

Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode Nakayasu. Perhitungan banjir rancangan adalah untuk menganalisa banjir rencana atau mengestimasi besarnya banjir maksimum yang mungkin terjadi dengan kala ulang tertentu.

Beberapa parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Luas DAS (A)
2. Panjang Sungai Utama (L)
3. Data aliran dasar diambil dari PU
4. Waktu Konsentrasi (tg)
 $tg = 0,21 \times L^{0,70}$ (jam)
5. Lama Hujan efektif yang menyebabkan limpasan permukaan (tr)
 $Tr = 0,50$ s.d. $0,80 \times tg$
6. Nilai koefisien karakteristik DAS (α)
7. Waktu ketika terjadi debit tertinggi (Tp)
 $Tp = tg + 0,80 \cdot tr$
8. Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari debit puncak sampai debit menjadi 30% ($T_{0,3}$)
 $T_{0,3} = 2,7 \times tg$ (jam)
9. Debit Puncak banjir (Q_p)

$$Q_p = \frac{C_x A x R_o}{3,60 x (0,30 x T_p + T_{0,3})}$$

Tabel 2. Tabulasi parameter HSS Nakayasu

Parameter	satuan	nilai
A	km ²	7.461675
L	km	4.5
Ro	jam	1
α		2
tg	jam	0.6018
tr	jam	0.3912
Tp	jam	0.9148
T _{0,3}	jam	1.2036
1,5 T _{0,3}	jam	1.8055
Qp	m ³ /dt	1.40229

Sumber : Perhitungan

$$T_p + T_{0,3} = 2.1184$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 3.923879$$

10. Ordinat Hidrograf Satuan

- a. Pada kurva naik (t [Tp]
 $0 \leq t \leq T_p$)

$$0 < t \leq 0,9148 \text{ maka } Q_t = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4}$$

$$Q_t = 1,40229 \times \left(\frac{t}{0,9148}\right)^{2.4}$$

b. Pada kurva turun (t/T_p)

- $T_p < t \leq T_p + T_{0,3}$

$$0,9148 < t \leq 2,1184 \text{ maka } Q_t = Q_p \cdot 0,30 \cdot \left(\frac{t - t_p}{T_{0,3}}\right)$$

$$Q_t = 1,40229 \times 0,3 \cdot \frac{t - 0,9148}{1,2036}$$

- $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$2,1184 < t \leq 3,9238 \text{ maka } Q_t = Q_p$$

$$0,30 \cdot \left(\frac{t - t_p + 0,50T_{0,3}}{1,50T_{0,3}}\right)$$

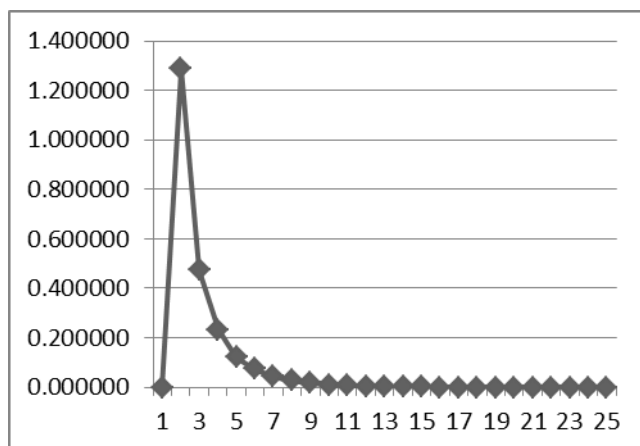
$$Q_t = 1,40229 \times 0,30 \cdot \left(\frac{t - 0,9148 + 0,6018}{1,8055}\right)$$

- $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$
 $t > 3,9238 \text{ maka } Q_t = Q_p$

$$0,30 \cdot \left(\frac{t - t_p + 1,5T_{0,3}}{2,00T_{0,3}}\right)$$

$$Q_t = 1,40229 \times 0,30 \cdot \left(\frac{t - 0,9148 + 1,8055}{2,4072}\right)$$

Dari batasan tersebut diatas, untuk selanjutnya adalah menentukan besarnya Q berdasarkan t (waktu) terjadinya.



Gambar 2. Grafik Ordinat hidrograf satuan dengan metode Nakayasu

Besaran Q pada tabel di atas adalah merupakan input dari perhitungan hidrograf banjir rancangan selain data *base flow* yang pada studi ini besarnya adalah 3 m³/dt. Hasil perhitungan Q banjir rancangan

Tabel 4.21 Hidrograf banjir rancangan Q₅₀ metode Nakayasu

Volume Embung

Data tampungan diperoleh dengan menghitung jumlah volume air yang bisa ditampung berdasarkan Elevasi dan Luas. Tampungan embung Kalipang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Tampungan lokasi embung Kalipang

t (jam)	Qt (m ³ /dt)	Akibat Hujan jam-jaman						QB (m ³ /dt)	Qbanjir (m ³ /dt)
		59.338	15.423	10.819	8.613	7.273	6.358		
0	0.000	0.000						3.000	3.000
1	1.288	76.410	0.000					3.000	80.697
2	0.474	28.102	7.304	0.000				3.000	38.880
3	0.234	13.867	3.604	2.528	0.000			3.000	23.233
4	0.121	7.209	1.874	1.314	1.046	0.000		3.000	14.565
5	0.074	4.372	1.136	0.797	0.635	0.536	0.000	3.000	10.550
6	0.045	2.651	0.689	0.483	0.385	0.325	0.284	3.000	7.863
7	0.027	1.608	0.418	0.293	0.233	0.197	0.172	3.000	5.949
8	0.016	0.975	0.253	0.178	0.142	0.120	0.104	3.000	4.788
9	0.010	0.591	0.154	0.108	0.086	0.072	0.063	3.000	4.085
10	0.006	0.359	0.093	0.065	0.052	0.044	0.038	3.000	3.658
11	0.004	0.217	0.057	0.040	0.032	0.027	0.023	3.000	3.399
12	0.002	0.132	0.034	0.024	0.019	0.016	0.014	3.000	3.242
13	0.001	0.080	0.021	0.015	0.012	0.010	0.009	3.000	3.147
14	0.001	0.049	0.013	0.009	0.007	0.006	0.005	3.000	3.089
15	0.000	0.029	0.008	0.005	0.004	0.004	0.003	3.000	3.054
16	0.000	0.018	0.005	0.003	0.003	0.002	0.002	3.000	3.033
17	0.000	0.011	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	3.000	3.020
18	0.000	0.007	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	3.000	3.012
19	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	3.000	3.007
20	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	3.000	3.004
21	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.000	3.003
22	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.000	3.002
23	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.000	3.001
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.000	3.001

Data Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan bagian dari output yang sangat diperhatikan dalam perencanaan suatu bangunan air, termasuk embung. Data tersebut ditampilkan pada table berikut :

Tabel 4. Data Evapotranspirasi

Nama Stasiun : Kejayan

Posisi Geografis : 06° 54' 40'' Lu

- Suhu rerata bulanan (°C)
- Kelembaban relatif bulanan rerata (RH→%)
- Kecerahan matahari bulanan ($\frac{n}{N} \rightarrow \%$)

- Kecepatan angin bulanan rerata ($U \rightarrow m/dt$)
- Letal lintang daerah
- Angka koreksi (C) menggunakan rumus Penman

Pada perhitungan evapotranspirasi potensial dalam penelitian ini dijabarkan sesuai dengan langkah penyelesaian perhitungan nilai evapotranspirasi yang di contohkan dengan

s	Elevasi	Luas (m ²)	Vol. Section (m ³)	Total Volume (m ³)
1	91,5	179,525	0,000	0,000
	92,0	788,961	515,211	515,211
2	93,0	8.108,969	4.925,292	5.440,503
3	94,0	14.800,202	11.616,307	17.056,809
4	95,0	24.299,340	19.741,150	36.797,960
5	96,0	34.576,757	29.587,173	66.385,133
6	97,0	43.351,902	39.046,586	105.431,719
7	98,0	53.629,449	48.581,354	154.013,073
8	99,0	63.652,082	58.712,098	212.725,171
9	100,0	74.900,000	69.352,093	282.077,264
10	101,0	80.200,000	77.565,091	359.642,355
11	102,0	84.840,680	82.531,213	442.173,568
12	103,0	92.110,970	88.500,714	530.674,282

menggunakan perhitungan untuk bulan januari, yaitu sebagai berikut :

1. Suhu bulanan rerata (t) = 26.20 °C
2. Kelembaban relatif bulanan rerata (RH) = 86,72 %
3. Kecerahan matahari bulanan rerata ($\frac{N}{N}$) = 51.00 %
4. Kecepatan angin bulanan (U) = 0,60 m/dt
5. Tekanan uap jenuh (ea) = 34.02 mbar (lihat pada tabel 2.10)
6. Tekanan uap sebenarnya (ed adalah hasil perkalian dari tekanan uap jenuh dengan kelembaban relatif bulanan)

$$ed = (RH/100) * ea$$

$$ed = (86.72/100) * 34.02$$

$$= 29.50 \text{ mbar}$$
7. Perbedaan tekanan uap (ea-ed) = 34.02 – 29.50 = 4.52 mbar
8. Fungsi kecepatan angin f(u) = $0,27(1 + \frac{U}{100})$

$$= 0,27 * (1 + \frac{0,60}{100})$$

$$= 0,1 \text{ m/dt}$$
9. Faktor pembobot u dan RH yaitu (1-W) = 1-0.757 = 0,243
10. Radiasi gelombang pendek (Ra) = 13.9 mm/hri
11. Radiasi bersih gelombang pendek (Rs)

$$Rs = (0,25 + 0,54 ((n/N)/100))Ra$$

$$Rs = (0,25 + 0,54 * (51.00/100)) * 13.9$$

$$= 7,30 \text{ mm/hri}$$

12. Radiasi gelombang pendek netto (Rns) = $(1-0,25) * Rs = (1-0,25) * 13,9 = 5,48 \text{ mm/hari}$
 13. Efek radiasi gelombang panjang netto (Rnl)
 - a. f(t) 15.94
 - b. $f(ed) = 0,34 - 0,04 * (ed)^{0,5}$
 $f(ed) = 0,34 - 0,04 * (29.50)^{0,5}$
 $= 0,12 \text{ mbar}$
 - c. $f(n/N) = 0,1 + 0,9 * n/N$
 $= 0,1 + 0,9 * 0,56$
 $= 0,60 \%$
 14. Radiasi bersih gelombang panjang (Rn1) = $f(t) * f(ed) * f(n/N) = 15.94 * 0,12 * 0,60 = 0,90 \text{ mm/hr}$
 15. Radiasi Netto (Rn) = Rns – Rn1 = 5,48 – 0,90 = 4.58
 16. Faktor pembobot untuk (W) = 0,757 (lihat pada tabel 2.9)
 17. Angka koreksi (c) diperoleh dari tabel koefisien evapotranspirasi penman sebesar 1,08
 18. Potensial Evapotranspirasi (PET)
 - a. Radiasi Term = W * Rn = 0,757 * 4.58 = 3,46 mm/hari
 - b. Aerodynamic term = $(1-W) * f(u) * (ea - ed)$
 $= 0,243 * 0,1 * 4.52 = 0,45 \text{ mm/hari}$
- c; Evapotranspirasi Potensial (ET) = C {W.Rn+(1-W) * f(u) * (ea - ed)}
- $$= 1,10 * (0,77 * 3,46 + (0,243) * (0,1) * 4,52)$$
- $$= 4,37 \text{ m/hari}$$

Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dimaksudkan untuk mencari nilai kuantitatif debit yang tersedia sepanjang tahun, baik pada musim kemarau maupun pada musim penghujan. Dalam studi ini, debit andalan dihitung dengan metode basic year terhadap debit bangkitan selama 11 tahun yang dihitung dengan metode NRECA dengan periode 15 harian.

Berikut ini adalah beberapa data yang digunakan untuk perhitungan debit dengan metode NRECA:

1. Jumlah hujan tahunan (Ra) adalah besar hujan yang terjadi selama satu tahun yang bersangkutan. Pada tahun 2006 didapatkan jumlah hujan yang dirata-rata dari 2 stasiun hujan Stasiun Nguling dan Kejayan.
Ra = 1,985.00 mm
2. Nominal adalah indeks kapasitas kelengasan tanah (mm), yang dapat didekati dengan persamaan :

100 + C.Ra. Nilai C adalah 0,2. Dari perhitungan didapatkan:
= 100 + 1,985.00 * 0,2
Nominal = 497.00 mm

3. PSUB adalah prosentase dari limpasan yang bergerak keluar dari DPS melalui limpasan permukaan. PSUB merupakan parameter karakteristik lapisan tanah pada kedalaman 0 ~ 2 m. Nilai PSUB berkisar 0,3 ~ 0,9 tergantung pada sifat lulus air tanah. PSUB = 0,3 bila bersifat kedap air PSUB = 0.9 bila bersifat lulus air
Dengan melihat kondisi tanah di daerah studi, maka ditentukan PSUB = 0.9
4. GWF adalah prosentase dari tampungan air tanah yang mengalir sebagai aliran dasar. GWF merupakan parameter karakteristik lapisan tanah pada kedalaman 2 ~ 10m.
GWF = 0,2 bila bersifat kedap air
GWF = 0.8 bila bersifat lulus air
Dengan memperhatikan kondisi tanah di daerah studi, maka ditentukan GWF = 0.8
5. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah luasan daerah dimana limpasan permukaan daerah tersebut akan menuju sungai yang dikaji. Dari data didapatkan:
Luas DAS (A) = 746.168 Ha
6. Faktor Reduksi = 0,9
Faktor untuk keperluan perencanaan. Contoh perhitungan disajikan dalam table 4.27,yaitu perhitungan pada tahun2006
Contoh perhitungan debit bangkit metode NRECA periode 15 hari bulan januari tahun 2006. Dengan cara yang sama nilai debid bangkitan metode NRECA 15 hari pada tahun 2006 sampai 2016

Analisa Tampungan Efektif

Kapasitas tampungan efektif embung dihitung dengan menggunakan simulasi operasi waduk. Simulasi dimaksudkan untuk mengetahui keseimbangan air antara *inflow* dan *outflow*. Berikut ini adalah beberapa simulasi yang akan dilakukan:

1. Tampungan Total
Tampungan total ditentukan berdasarkan elevasi crest spillway yang ditentukan terlebih dahulu. Pada studi ini ditentukan elevasi crest spillway +100. Dengan demikian didapatkan besar tampungan total sebesar = 282.077,26 m³.
(Sumber : Perhitungan)
2. Tampungan Mati

Tampungan mati ditentukan dengan mengacu pada tampungan sedimen dan posisi intake serta kesinambungan operasi waduk. Berdasarkan data, diperoleh tampungan sedimen penuh dalam kurun waktu 25 tahun sebesar 19.095,97m³ yang akan memenuhi tampungan hingga elevasi +94,10 (Sumber: Data PU).

Ditentukan elevasi tampungan mati yaitu pada +95,10 , sehingga kapasitas tampungan mati adalah sebesar 39.756,68 m³.

3. Tampungan Efektif
Tampungan Efektif ditentukan berdasarkan tampungan total dikurangi tampungan mati yaitu 242.320,59 m³.
4. Tampungan Awal
Besarnya tampungan awal pada awal simulasi adalah dicoba-coba sehingga sama dengan besar tampungan awal pada akhir simulasi, yaitu sebesar 237.117,78 m³
5. Karena luas lahan yang ada lebih besar daripada kapasitas layanan embung, maka dilakukan coba-coba pada luas lahan layanan hingga didapatkan luas lahan optimum. Pada perhitungan didapatkan luas maksimum = 25 Ha.
6. Simulasi dimulai pada bulan April menyesuaikan dengan berakhirnya musim penghujan sehingga diperkirakan tampungan penuh.
7. Parameter keberhasilan simulasi ditentukan berdasarkan tampungan awal pada 24 periode dalam satu tahun. Nilai tampungan awal ini tidak boleh negatif atau lebih kecil dari nol.

Tampungan Banjir

Kapasitas Debit melalui Pelimpah

Pada studi ini dipilih bentuk pelimpah yang umum dipakai yaitu pelimpah bebas tanpa pintu. Data teknis yang diperlukan untuk perencanaan pelimpah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Elevasi puncak pelimpah= +100
2. Elevasi dasar pelimpah = +98,5
3. Lebar pelimpah rencana = 10 meter
4. Q₅₀tahun = **80.697 m³**

Untuk mendapatkan hubungan lebar efektif pelimpah (Leff) untuk berbagai harga tinggi air diatas pelimpah (H), maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- * Lebar pelimpah (L) = 10 m
- * Jumlah pilar = 0

* Koefisien kontraksi terhadap pilar sesuai dengan bentuk dan tumpuannya

$$(K_a) = 0.1$$

$$L_{eff} = L - 2(n \cdot K_p + K_a) H \quad L_{eff} = 10 - 2(0 \cdot K_p + 0.1)$$

$$2,5148 \quad L_{eff} = 9,4970 \text{ m}$$

Sedangkan hubungan lebar efektif pelimpah dengan berbagai harga H adalah sebagai berikut: $L_{eff} = L - 2(n \cdot K_p + K_a) H$ $L_{eff} = 10 - 2(0 \cdot K_p + 0.1) H$

$$L_{eff} = L - 0.2 H$$

Penelusuran Banjir melalui Pelimpah

Penelusuran banjir dilakukan untuk mengetahui High Water Level (HWL) atau permukaan air tertinggi yang dicapai oleh banjir rancangan dengan kala ulang tertentu. Perencanaan pada studi ini menggunakan banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun. Penelusuran banjir selengkapannya disajikan dalam tabel berikut.

Data Teknis Perencanaan:

* Elevasi Puncak Mercu Pelimpah $\nabla +100$

* Elevasi dasar Bendungan $\nabla + 91$

* Lebar Efektif Pelimpah $\nabla L = 25 - 0.2H$

* Koefisien Limpahan (c)

$$(1,6 * ((1 + (1.968 * (H / 2.321))) / (1 + (0.984 * (H / 2.321))))$$

Tinggi Embung

Dari analisa yang telah dilakukan, didapatkan data-data teknis untuk perencanaan tubuh embung sebagai berikut:

- Elevasi dasar sungai = +91,50
- Elevasi tampungan sedimen = +94,10
- Elevasi muka air terendah untuk level operasi minimum = +95,10
- Elevasi tampungan efektif (Normal Water Level) = +100,00
- Elevasi muka air banjir (High Water Level) = +102,176

Tinggi tubuh embung desain (Hd) adalah tergantung dari tinggi tampungan pada kondisi penuh (Hk), tinggi tampungan banjir (Hb), tinggi jagaan (Hf) sebesar 0.5 m dan penambahan tinggi timbunan akibat penurunan konsolidasi tanah timbunan sebesar 0.25 meter. Dari data di atas, dapat dihitung tinggi embung sebagai berikut:

$$H_d = H_k + H_b + H_f + 0.25 \text{ m}$$

$$= (100 - 91.5) + 2,176 + 0.5 + 0.25$$

$$= 11.426 \text{ m}$$

Stabilitas Tubuh Embung Terhadap Aliran Filtrasi

Tubuh embung harus mampu mempertahankan diri terhadap gaya-gaya yang ditimbulkan oleh adanya air filtrasi yang mengalir melalui celah-celah antara butiran bahan pembentuk tubuh embung beserta pondasinya.

Formasi Garis Depresi

Bentuk garis aliran pada zona kedap air suatu embung dapat diperoleh dengan metode Casagrande. Angka permeabilitas vertikal (kv) dianggap sama dengan seperlima (0,20) dari angka permeabilitas horizontal (Kh), sehingga terjadi perubahan bentuk (deformasi) garis aliran dengan mengurangi koordinat horizontalnya sebesar:

$$K = \sqrt{\frac{K_v}{K_h}} \text{ kali}$$

$K_v = 0,20 K_h$, sehingga terjadi penyusutan sebesar:

$$K = \sqrt{0.20} = 0,447$$

Perhitungan formasi garis depresinya adalah sebagai berikut:

$$H_1 = 16,5 \text{ meter}$$

$$H_2 = 13,5 \text{ meter}$$

$$\text{Arc tg } \alpha = 1/0,2 = 5 = 78,69^\circ$$

$$L_1 = 13.5 / \tan \alpha = 2,7 \text{ m}$$

$$L_2 = 9,6 - 2,7 = 6,9 \text{ m}$$

Disusutkan sebesar 0,447 kali, sehingga :

$$L_1' = 0,447 \times 2,7 = 1,2069$$

$$L_2' = 0,447 \times 6,9 = 3,08$$

$$0,3L_1' = 0,36$$

$$d = 0,3L_1' + L_2' = 0,36 + 3,08 = 3,44$$

$$Y_o = \sqrt{h^2 + d^2} - d$$

$$Y_o = \sqrt{(13,5)^2 + (3,44)^2} - 3,44$$

$$Y_o = 10,491$$

$$a_o = Y_o / 2 = 10,491 / 2 = 5,25$$

Garis aliran diperoleh dengan persamaan parabola sebagai berikut:

$$Y = \sqrt{2 \cdot Y_o \cdot X + Y_o^2}$$

$$Y = \sqrt{2 \cdot (10,491) \cdot X + (10,491)^2}$$

$$Y = \sqrt{20,982 \cdot X + 110,061}$$

Bentuk parabola dasar bukan merupakan garis dipresi yang sesungguhnya. Untuk mendapatkan garis dipresi yang sesungguhnya, parabola ini harus diubah menjadi garis dipresi dengan metode sebagai berikut:

$$\text{tg } \alpha' = h_1 / L_1'$$

$$= 13,5 / 1,2069$$

$$= 11,1856$$

$$\alpha' = 84,89^\circ$$

Dengan dan dilihat pada grafik hubungan sudut bidang singgung dengan $\frac{\Delta a}{a + \Delta a}$ pada

gambar 4. 4 didapatkan $\frac{\Delta a}{a + \Delta a} = 0,27$, maka:

$$\begin{aligned}\Delta a &= 0,27 \cdot (a + \Delta a) \\ &= 0,27 \cdot (11,517) \\ &= 3,11 \\ a &= 11,517 - \Delta a \\ &= 11,517 - 3,11 \\ &= 8,407 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari beberapa perhitungan tersebut di atas, dapat digambarkan garis dipresi dan jaringan trayektori aliran yang terjadi pada inti tubuh bendungan seperti pada gambar

Kapasitas Aliran Filtrasi

Kapasitas aliran filtrasi adalah kapasitas rembesan air yang mengalir ke hilir embung melalui tubuh embung. Kapasitas aliran filtrasi dihitung dengan menggunakan input data sebagai masukan pada persamaan 2.43 sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned}H &= 13,5 \text{ m} \\ L &= 64 \text{ m} \\ N_f &= 4 \\ N_p &= 3 \\ K_h &= 7,14 \times 10^{-8} \text{ cm/dt} \\ K_v &= 1,428 \times 10^{-10} \text{ cm/dt} \\ K &= \sqrt{K_v K_h} = 3,1931 \cdot 10^{-10} \text{ cm/dt}\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}Q_f &= N_f / N_p \cdot K \cdot H \cdot L \\ Q_f &= 4/3 \times 3,1931 \cdot 10^{-10} \times 13,5 \times 64 \\ &= 3,678 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{dt} \\ &= 0,0318 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Stabilitas Terhadap Piping

Adanya aliran filtrasi dalam tubuh embung dengan kapasitas yang besar dapat menyebabkan timbulnya gejala sufosi (*piping*) dan sembulan (*boiling*) yang sangat membahayakan stabilitas tubuh embung.

Untuk mengontrol keamanan terhadap piping, dihitung dengan menggunakan persamaan (2.44) dan persamaan (2.45) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}i &= \frac{h}{L} \\ I &= \frac{G_s - 1}{1 - e}\end{aligned}$$

Dengan:

$$\begin{aligned}i &= \text{Gradien Hidrolis} \\ I &= \text{Gradien hidrolis kritis}\end{aligned}$$

h = perbedaan tinggi tekan air pada peresapan air di lereng hulu dengan titik keluarnya air pada lereng hilir.
 L = Panjang aliran filtrasi
 G_s = Spesific Gravity material
 e = Void Ratio Material

Adapun data – data yang diketahui adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\gamma_w &= 1,000 \text{ t/m}^3 \\ \gamma_{\text{sat}} &= 1,729 \text{ t/m}^3 \\ G_s &= 2,686 \\ H &= 13,5 - a \sin 84,89^\circ = 5,126 \\ L &= 65 \\ e &= 1,313\end{aligned}$$

Berdasarkan data tersebut di atas, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}i &= \frac{5,126}{65} = 0,079 \\ I &= \frac{2,686 - 1}{1 + 1,313} = 0,729\end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil $i (0,079) < I (0,729)$, sehingga bisa disimpulkan bahwasanya tubuh embung aman terhadap bahaya piping.

Kecepatan aliran filtrasi juga mempunyai batasan maksimum agar tidak membahayakan keamanan tubuh embung. Kecepatan aliran filtrasi yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan (2.46) sebagai berikut:

$$V = (k \cdot i) / n$$

dengan:

$$\begin{aligned}V &= \text{kecepatan aliran filtrasi (cm/detik)} \\ K &= \text{Koefisien Permeabilitas} \\ &= 7,14 \cdot 10^{-8} \\ i &= \text{Gradien Hidrolis} \\ &= h_2 / L = 2,13 / 2,5082 = 0,849 \\ n &= e / (e + 1) = 0,5677\end{aligned}$$

Dari data yang ada, diperoleh kecepatan aliran filtrasi yang terjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}V &= (7,14 \cdot 10^{-8}) \times 0,849 / 0,5677 \\ &= 1,068 \times 10^{-7} \text{ cm/detik}\end{aligned}$$

Sedangkan kecepatan kritis dapat dihitung dengan persamaan (2.47) sebagai berikut:

$$C = \sqrt{\frac{W \cdot 1, g}{F \cdot \gamma_w}}$$

dengan:

C = Kecepatan kritis aliran rembesan (cm/det)

$$\begin{aligned}
 W1 &= \text{Berat butiran dalam air (gr)} \\
 &= (G_s - 1) \times (1/6) \pi \cdot d^3 \\
 &= (2,686 - 1) \times (1/6) \cdot \pi \cdot (0,004)^3 \\
 &= 9,0982 \cdot 10^{-8} \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= \text{Diameter butiran bahan terkecil (cm)} \\
 &= 0,004 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$g = \text{Gaya gravitasi (cm/dt)}$$

$$\begin{aligned}
 F &= \text{Luas permukaan butiran (cm}^2\text{)} \\
 &= (1/4) \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= (1/4) \cdot \pi \cdot 0,004^2 \\
 &= 1,2566 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\gamma_w = \text{Berat isi air (gr.cm}^3\text{)} = 1 \text{ gr/cm}^3$$

Dari data yang ada, diperoleh kecepatan kritis sebagai berikut:

$$C = \sqrt{\frac{9,0982 \cdot 10^{-8} \cdot 9,81}{1,2566 \cdot 10^{-5} \cdot 1}} = 0,2665 \text{ cm/det}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai $V(1,068 \times 10^{-7} \text{ cm/detik}) < C (0,2665 \text{ cm/det})$, sehingga disimpulkan bahwa kecepatan aliran filtrasi yang melewati tubuh embung tidak menyebabkan terjadinya piping.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisa Perhitungan Perencanaan Embung Kalipang Kabupaten Pasuruan Propinsi Jawa Timur, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kapasitas tampungan efektif embung dihitung dengan menggunakan simulasi operasi waduk. Simulasi dimaksudkan untuk mengetahui keseimbangan air antara *inflow* dan *outflow*. Dengan demikian didapat besar Tampungan total = 284398,54 m³
2. Kecepatan aliran filtrasi juga mempunyai batasan maksimum agar tidak membahayakan keamanan tubuh embung, Maka dari perhitungan di Filtrasi didapatkan nilai $V(1,068 \times 10^{-7} \text{ cm/detik}) < C (0,2665 \text{ cm/det})$, sehingga disimpulkan bahwa kecepatan aliran filtrasi yang melewati tubuh embung tidak menyebabkan terjadinya piping.

Saran

Dalam perencanaan suatu embung perlu adanya survei dan investigasi pengukuran mengenai perubahan karakteristik daerah aliran sungai secara menerus. Hal ini dimaksudkan untuk

menjamin ketersediaan data yang bisa diandalkan guna mencapai hasil perencanaan suatu bangunan yang tepat dalam segala aspek perencanaan. Selain itu, perlu juga diadakanya suatu evaluasi mengenai analisis yang telah dilakukan pada waktu terdahulu dan yang ada saat ini lewat studi-studi atau proyek yang telah dilakukan, dengan demikian pekerjaan yang dilakukan akan menjadi lebih teliti dan sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.1994. *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Asdak,Chay. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta; Gajah Mada University Press
- Christady,Hary .1992.*Mekanika Tanah 2*.Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Craig,R.F. 1994. *Mekanika Tanah*.Jakarta: Erlangga
- Das,BrajaM .1994 .*Mekanika Tanah* .Jakarta :Erlangga
- Garg,Santosh Kumar, 1980. *Irrigation Engineering and Hydraulic Structure*. New Delhi: Khanna Publishers
- Kumar,Santosh, 1982. *Water Resources And Hydrology*. New Delhi: Khanna Publishers
- Masrevaniah,Aniek. 2010. *Konstruksi Bendungan Urugan (Volume I)*. Malang: CV Asrori
- Mc. Mahon.Thomas A, 1972. *Reservoir Capacity And Yield*. Amsterdam: Elsevier Scientific
- PT.AndalCendanaka, 2009. *Laporan Hidrologi Embung Riam Lumui*.Tamiang Laya ng :Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Barito Timur
- Soedibyo.1993 .*Teknik Bendungan*.Jakarta :Pradnya Paramita.
- Soemarto,CD. 1986. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional
- Sosrodarsono,Suyono & Takeda, Kensaku. 1977. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita

Strand,Robert I. 1982. *Reservoir Sedimentation*.
Denver-Colorado: M-Simetric

Yang,Chih Ted.1996 .*Sediment Transport Theory
and Practice* .Singapore:Mc-Graw Hill
International Editions.