

## ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG NGLUYU, KABUPATEN NGANJUK

Retno Pri Anggraningtyas<sup>1</sup>, Kustamar<sup>2</sup>, I Wayan Mundra<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

<sup>2) 3)</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

### ABSTRAK

Tubuh Embung Ngluyu membendung aliran Sungai Jurang Dandang di Desa Lengkong Lor, Kecamatan Ngluyu, Kabupaten Nganjuk. Tubuh embung ini direncanakan dengan tipe urugan homogen dan tipe urugan zonal dengan inti kedap air vertikal. Dari kedua alternatif tipe tersebut, dibandingkan debit rembesan tipe manakah yang lebih sedikit, sehingga dapat mereduksi rembesan lebih banyak. Dari hasil analisa didapatkan dimensi tubuh embung dengan tinggi 6,0 m dan lebar mercu 3,5 m, kemiringan lereng tubuh embung pada tipe urugan homogen bagian hulu 1 : 3 dan bagian hilir 1 : 3, sedangkan untuk tipe urugan zonal dengan inti kedap air vertikal, kemiringan bagian hulu 1 : 1,25 dan bagian hilir 1 : 1,75. Perbandingan debit rembesannya adalah sebesar 0,4070 m<sup>3</sup>/hari untuk tipe urugan homogen, sedangkan untuk tipe urugan tanah zonal adalah sebesar 0,07028 m<sup>3</sup>/hari. Sehingga dari hasil analisa tersebut dapat diketahui bahwa tubuh embung tipe urugan zonal dengan inti kedap air vertikal yang paling tepat untuk mereduksi debit rembesan.

**Kata kunci:** Tubuh Embung, Urugan Homogen, Urugan Zonal, Rembesan

### ABSTRACT

*Ngluyu Small Dam stems the flow of Jurang Dandang River in Lengkong Lor Village, Ngluyu District, Nganjuk Regency. The planning of main small dam are homogeneous dams and zoned dams with vertical core rockfill. Two alternative types will compared to know which type that the seepage is less, so it can reduce more seepage. The analysis result of main small dam dimensions, that are small dam height is 6,0 m and crest small dam width is 3,5 m., upstream slope of homogeneous type 1: 3 and the downstream slope 1: 3, the upstream slope of zoned type 1: 1.25 and the downstream slope 1: 1.75. The capacity of seepage discharge are 0.4070 m<sup>3</sup>/day for homogeneous type and 0,07028 m<sup>3</sup>/day for zoned type. So, from the analysis result can be seen that the zoned dams with vertical core rockfill is most appropriate to reduce the seepage discharge..*

**Keywords:** Main Small Dam, Homogeneous Dams, Zoned Dams, Seepage

### PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Kekurangan air bersih dapat menyebabkan terjadinya berbagai masalah, seperti timbulnya berbagai penyakit di masyarakat. Tidak semua daerah di Indonesia kebutuhan airnya dapat dipenuhi secara alami. Ada banyak tempat yang masih saja kesulitan mendapatkan air bersih terutama pada saat musim kemarau. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu tampungan buatan yang digunakan untuk menampung air, salah satunya yaitu embung.

Embung merupakan salah satu bangunan air yang berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan serta sumber air lain yang jatuh di daerah tangkapan. Embung berada di cekungan yang dalam di daerah perbukitan dan dibangun di daerah depresi yang biasanya di luar sungai. Berdasarkan pengertian embung tersebut, bangunan embung cocok untuk dibangun di Desa Lengkong Lor di Kecamatan Ngluyu, Kabupaten Nganjuk yang merupakan desa yang masih

mengalami sulitnya memperoleh air. Dengan kondisi topografi dan air permukaan daerah tersebut, pada umumnya tidak memungkinkan untuk dibangun konstruksi bangunan air yang besar, sehingga alternatif pemecahan masalah tersebut adalah dengan membangun embung.

Bangunan utama dari embung adalah tubuh embung. Tubuh embung direncanakan untuk dapat menahan gaya-gaya yang menyebabkan tidak stabilnya tubuh embung. Ditinjau dari material pembentuknya, tubuh embung dibagi menjadi beberapa tipe, antara lain tipe tubuh embung urugan dan beton. Berdasarkan material yang tersedia dilokasi atau sekitar perencanaan embung, maka Tubuh Embung Ngluyu direncanakan sebagai embung urugan.

Tubuh embung urugan sendiri juga bisa terdiri dari beberapa tipe, antara lain yaitu tipe urugan homogen (homogeneous dams) dan urugan berlapis-lapis (zoned dams). Tipe urugan homogen apabila bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari tanah sejenis dan gradasinya hampir seragam. Sedangkan tipe urugan zonal apabila timbunan terdiri dari batuan

dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urutan pelapisan tertentu. Dalam skripsi ini akan membandingkan dari keduanya, tipe manakah yang dapat mereduksi debit rembesan lebih banyak sehingga dapat menampung air pada embung lebih banyak pula.

## TINJAUAN PUSTAKA

Tahapan analisa dalam perencanaan ini antara lain, analisa debit banjir rencana, analisa kapasitas embung, perencanaan tubuh embung dan memilih tipe tubuh embung yang debit rembesannya kecil.

### Debit Banjir Rencana

Analisa debit banjir rencana ini meliputi :

#### a. Curah Hujan Rerata Daerah

Hasil pengukuran data hujan dari masing-masing alat pengukuran hujan merupakan data hujan suatu titik (point rainfall). Padahal untuk kepentingan analisis, yang diperlukan adalah data hujan suatu wilayah (areal rainfall). Semakin banyak penakar dipasang di lapangan diharapkan dapat diketahui besarnya rata-rata curah hujan yang menunjukkan besarnya curah hujan yang terjadi di daerah tersebut. Ada beberapa cara untuk mendapatkan data hujan wilayah, antara lain dengan menggunakan cara rerata aljabar. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

Dengan :

$R$  = curah hujan rerata aljabar (mm)  
 $n$  = jumlah stasiun yang digunakan  
 $R_1, R_2, R_3, R_n$  = curah hujan rerata tahunan di tiap titik pengamatan (mm)

#### b. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan akan dihitung dengan 2 metode, yaitu metode Gumbel dan Log pearson Tipe III. Rumus yang digunakan untuk metode gumbel adalah :

$$X_T = \bar{X} + S.K$$

Dengan :

$X_T$  = hujan Rencana (mm)  
 $\bar{X}$  = nilai rata-rata dari hujan  
 $S$  = standar deviasi sari data hujan  
 $K$  = faktor frekuensi gumbel

Sedangkan rumus-rumus yang digunakan untuk metode Log Pearson Tipe III adalah

$$\text{Log} \bar{X} = \frac{\sum \text{Log} X}{n}$$

$$S_{\text{Log} X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log} X - \text{Log} \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$CS = \frac{n \sum_1^n (\text{Log} X - \text{Log} \bar{X}_r)^3}{(n-1)(n-2)S_1^3}$$

$$\text{Log} X = \text{Log} \bar{X} + k.S_{\text{Log} X}$$

Dengan :

$\text{Log} X$  = logaritma rata-rata  
 $S_{\text{Log} X}$  = standart deviasi dari logaritma  
 $CS$  = koefisien kemencengan  
 $k$  = faktor frekuensi  
 $n$  = jumlah data

#### c. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji ini digunakan untuk menentukan curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Tipe III atau gumbel yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya, yang meliputi uji chi square dan uji smirnov kolmogorof.

#### d. Debit Andalan

Perhitungan ini menggunakan cara analisis water balance dari Dr. F.J. Mock berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dengan metode PenMan dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran

#### e. Distribusi Hujan Jam-jaman

Untuk perhitungan debit dengan menggunakan rumus hidrograf satuan sintesis diperlukan data hujan jam-jaman. Distribusi curah hujan jam-jaman dapat dihitung dengan rumus :

$$R_t = R_o. \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

Dengan :

$R_t$  = rata-rata hujan pada jam ke - i

$$R_o = \frac{R_{24}}{T}$$

$T$  = lama waktu hujan terpusat (jam)

$t$  = waktu hujan (jam)

Sedangkan untuk menghitung rata-rata curah hujan jam ke-t menggunakan rumus :

$$R_t = t.R_t' - (t-1).R_{(t-1)}$$

Dengan :

$R_t'$  = tinggi hujan pada jam ke-t (mm)

$R_t$  = rata-rata tinggi hujan sampai jam ke-t (mm)

$t$  = waktu hujan (jam)

$R_{(t-1)}$  = rata-rata tinggi hujan dari permulaan sampai jam ke-t (mm)

#### f. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Perhitungan debit rencana sangat diperlukan untuk memperkirakan besarnya debit hujan maksimum yang sangat mungkin pada periode tertentu. Metode yang digunakan adalah Metode perhitungan Debit Hidrograf Metode Nakayasu. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (C.D. Soemarto, 1999) :

$$Qp = \frac{A.R}{3,6(0,37p+T_{0,3})}$$

Dengan :

$Qp$  = debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/detik)

- R = hujan satuan (mm)
- A = luas DAS (km<sup>2</sup>)
- T<sub>p</sub> = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- T<sub>0,3</sub> = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak (jam)

Untuk mendapatkan T<sub>p</sub> dan T<sub>0,3</sub> digunakan rumus empiris (C.D. Soemarto, 1999) :

$$tg = 0,4 + 0,058L \text{ bila } L > 15 \text{ km}$$

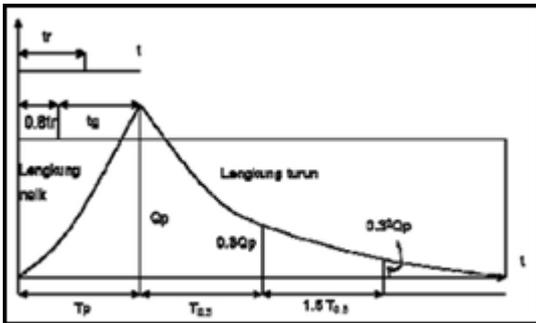
$$tg = 0,21 \times L0,70 \text{ bila } L < 15 \text{ km}$$

$$T_p = tg + 0,80 \text{ tr}$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot tg$$

Dengan :

- L = panjang alur sungai (km)
- tg = waktu konsentrasi (jam)
- tr = satuan waktu hujan (diambil 1 jam)
- α = koefisien pembanding



**Gambar 1 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu**

Rumus perhitungan untuk grafik tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pada kurva turun ( $0 < t < T_p$ )  

$$Q = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \cdot Q_p$$
2. Pada kurva turun ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )  

$$Q = 0,3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$$
3. Pada kurva turun ( $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )  

$$Q = 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$$
4. Pada kurva turun ( $t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )  

$$Q = 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$$

**Kapasitas Embung**

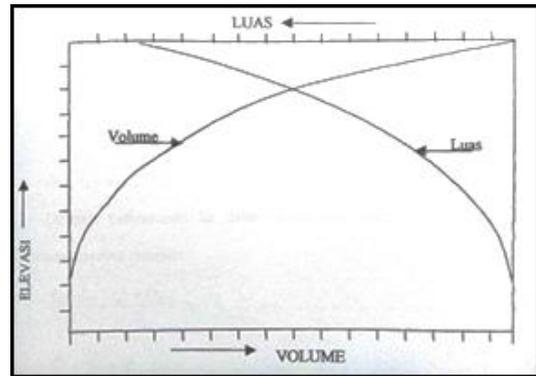
Perhitungan kapasitas tampungan didasarkan pada peta topografi dan beda tinggi konturnya. Kemudian dicari luas permukaan genangan embung yang dibatasi garis kontur, lalu dicari volume yang

dibatasi oleh dua garis kontur yang berurutan dengan menggunakan persamaan pendekatan volume sebagai berikut (Soedibyo, 1993) :

$$V_n = \frac{1}{3} \times \Delta h \times (F_{n-1} + F_n + \sqrt{F_n \times F_{n-1}})$$

Dengan :

- V<sub>n</sub> = Volume genangan pada elevasi ke -n (m<sup>3</sup>)
- Δh = Beda tinggi antara dua kontur / elevasi (m)
- F<sub>n-1</sub> = Luas genangan sebelum elevasi ke-n (m<sup>2</sup>)
- F<sub>n</sub> = Luas genangan pada elevasi ke-n (m<sup>2</sup>)



**Gambar 2. Hubungan antara Elevasi, Luas dan Volume**

**Perencanaan Tubuh Embung**

a. Tipe Tubuh Embung

Teori yang digunakan dalam perencanaan tubuh embung sama dengan teori yang digunakan untuk perencanaan bendungan. Ditinjau dari penempatan serta susunan bahan yang membentuk tubuh bendungan, maka bendungan urugan dapat digolongkan dalam beberapa tipe, antara lain

1. Bendungan Urugan Homogen  
 Bendungan urugan digolongkan tipe homogen, apabila bahan yang membentuk tubuh bendungan terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan gradasinya (susunan ukuran butirannya) hampir seragam.
2. Bendungan Urugan Zonal  
 Bendungan urugan digolongkan tipe zonal, apabila timbunan yang membentuk tubuh bendungan terdiri dari batuan dengan gradasi (susunan ukuran butiran) yang berbeda-beda dalam urutan-urutan pelapisan tertentu. Berdasarkan letak dan kedudukan dari zone kedap airnya, maka tipe bendungan urugan zonal ini masih dapat dibedakan menjadi 3 yaitu bendungan urugan zonal dengan tirai kedap air atau embung tirai, bendungan urugan zonal dengan inti kedap air miring atau bendungan inti miring dan bendungan urugan zonal dengan inti kedap air tegak atau bendungan inti tegak

b. Perencanaan Teknis Tubuh Embung

Perencanaan teknis tubuh embung adalah perencanaan dimensi tubuh embung yang meliputi perencanaan :

1. Tinggi Jagaan Tubuh Embung

Untuk mendapatkan tinggi jagaan, perlu dicari nilai-nilai berikut :

- Tinggi kenaikan permukaan air yang disebabkan oleh banjir abnormal ( $\Delta h$ )

$$\Delta h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha Q_0}{Q} \cdot \frac{h}{1 + \frac{A \times h}{Q \times T}}$$

$$\Delta h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha Q_0}{Q} \cdot \frac{h}{1 + \frac{A \times h}{Q \times T}}$$

Dengan :

$Q_0$  = debit banjir rencana ( $m^3/det$ )

$Q$  = kapasitas rencana ( $m^3/det$ )

$\alpha$  = 0,2 untuk bangunan pelimpah terbuka

$\alpha$  = 1,0 untuk bangunan pelimpah tertutup

$h$  = kedalaman pelimpah rencana (m)

$A$  = luas permukaan air waduk pada elevasi banjir rencana ( $km^2$ )

$T$  = durasi terjadinya banjir abnormal (1 s/d 3 jam)

- Tinggi ombak yang disebabkan oleh angin ( $h_w$ )

Tinggi ombak yang disebabkan oleh angin ini perhitungannya dipengaruhi oleh panjangnya lintasan ombak ( $F$ ) dan kecepatan angin diatas permukaan air waduk. Perhitungan panjang lintasan ombak ( $h_w$ ) ini menggunakan grafik metode SMB yang dikombinasikan dengan metode Saville.

- Tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa ( $h_e$ )

Perhitungannya menggunakan tabel-tabel berikut ini :

**Tabel 1. Faktor Koreksi**

Tipe Batuan	Faktor (V)
Rock Foundation	0,9
Divilium (Rock Fill Dam)	1,0
Aluvium	1,1
Soft Aluvium	1,2

**Tabel 2. Percepatan Dasar Gempa**

Periode Ulang (tahun)	Percepatan Dasar Gempa ( $Ac$ ) ( $cm/dt^2$ )
10	98,42
20	119,63
50	151,72
100	181,21
200	215,81
500	271,35
1000	322,35
5000	482,80
10000	564,54

- Kenaikan permukaan air waduk yang disebabkan oleh ketidak normalan operasi pintu bangunan ( $h_a$ )

Nilai ( $h_a$ ) ditentukan sebesar = 0,5 m (Suyono Sosrodarsono, 1989)

- Angka tambahan tinggi jagaan yang didasarkan pada tipe embung ( $h_i$ )

Mengingat limpasan melalui mercu embung sangat riskan, maka untuk embung tip urugan tanah, tipe ini angka tambahan tinggi jagaan ( $h_i$ ) ditentukan sebesar 1,0 m (Suyono Sosrodarsono, 1989)

2. Tinggi Tubuh Embung

Tinggi tubuh embung harus ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan tampungan air dan keamanan tubuh embung terhadap perluapan air banjir. Dengan demikian tinggi tubuh embung sebesar tinggi tampungan banjir dan tinggi jagaan ( $H_f$ ) ditambah penambahan tinggi timbunan akibat penurunan. (Suyono Sosrodarsono, 1989).

$$H = H_{mercu\ spillway} + H_{banjir} + H_{jagaan}$$

3. Kemiringan Lereng Embung

Kemiringan lereng harus ditentukan sedemikian rupa agar stabil terhadap longsoran. Hal ini sangat tergantung pada jenis material urugan yang dipakai. Kestabilan urugan harus diperhitungkan terhadap surut cepatnya muka air kolam rembesan dan harus tahan terhadap gempa.

**Tabel 3. Kemiringan Lereng yang Dianjurkan**

Material Urugan	Material Utama	Vertikal : Horizontal	
		Hulu	Hilir
a. Urugan Homogen	CH CL SC GC GM SM	1 : 3	1 : 3
b. Urugan Majemuk	Pecahan Batu	1 : 1,50	1 : 1,25
1. Urugan batu dengan inti lempung atau dinding diafragma	Kerikil-kerakal	1 : 2,50	1 : 1,75
2. Kerikil-kerikil dengan inti lempung atau dinding diafragma			

4. Lebar Mercu Embung

Rumus yang digunakan untuk menentukan lebar puncak pada bendungan urugan persamaan berikut ini

$$b = 3,6H^{1/3} - 3,0$$

Dengan :

$b$  = lebar puncak (m)

$H$  = tinggi bendungan (m)

c. Debit Rembesan di Dasar Embung  
 Air di dalam kolam embung akan meresap masuk kedalam pori atau rongga di dasar dan dinding kolam embung. Besarnya resapan ini tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam. Sedangkan sifat ini tergantung pada jenis butiran tanah atau struktur batu pembentuk dasar dan dinding kolam. Besarnya rembesan dapat diperkirakan dengan menggunakan sekelompok garis aliran dan garis ekipotensial disebut jaringan trayektori aliran filtrasi (seepage flow-net).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk membuat jaringan trayektori aliran filtrasi pada bendungan urugan dan metode yang paling sesuai dan sederhana adalah metode grafis yang diperkenalkan oleh Forchheimer (Forchheimer's diagrammatical solution).

Garis ekipotensial adalah garis-garis yang mempunyai tinggi energi potensial yang sama (h konstan). Permeabilitas lapisan lolos air dianggap isotropis ( $k_x = k_z = k$ ). Dalam penggambaran jaring arus, garis aliran dan garis ekipotensial di gambarkan secara coba-coba (trial and error).

Flow net mempunyai sifat sebagai berikut :

- Semua garis aliran dan semua garis ekipotensial saling berpotongan tegak lurus membentuk kotak-kotak bujur sangkar.
- Selisih potensial antara 2 garis ekipotensial yang berurutan selalu sama ( $\Delta h$ ).

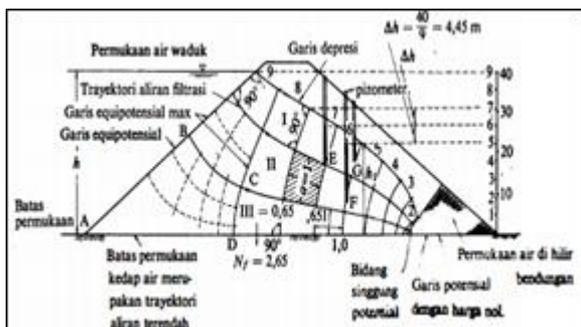
Debit yang lewat setiap alur satuan meter lebar menjadi :

Debit yang lewat setiap alur satuan meter lebar menjadi :

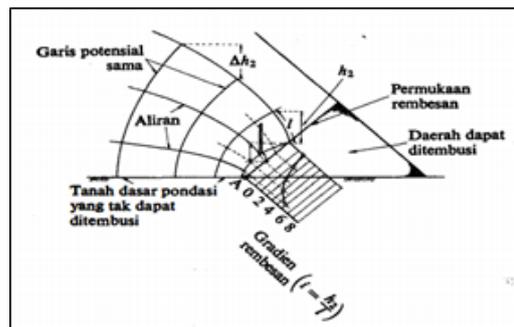
$$Q = \frac{N_f}{N_d} \times k \times H$$

dengan :

- Q = debit rembesan persatuan lebar
- k = koefisien permeabilitas
- H = kedalaman air
- Nf = jumlah garis aliran
- Nd = jumlah penurunan dari garis ekipotensial



Gambar 3. Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi dalam Tubuh Bendungan



Gambar 4. Gradian Rembesan

## METODOLOGI

### Data

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan embung di Kecamatan Ngluyu, Kabupaten Nganjuk adalah :

1. Peta Topografi  
 Peta topografi dalam perencanaan ini ada 2 macam, yaitu peta topografi DAS dan peta topografi sungai.
2. Data Curah Hujan  
 Data curah hujan digunakan untuk perhitungan debit banjir rancangan dengan rentang waktu 15 tahun, dari tahun 2001 sampai tahun 2015..
3. Data Klimatologi, meliputi :
  - Data temperatur bulanan rata-rata ( $^{\circ}C$ )
  - Kecepatan angin rata-rata (m/det)
  - Kelembapan udara relatif rata-rata (%)
  - Lama penyinaran matahari rata-rata (%)
4. Data Tanah  
 Data ini digunakan untuk mengetahui struktur dan tipe dari tanah maupun batuan yang ada, permeabilitas tanah, sifat-sifat fisik tanah, serta daya dukung tanah terhadap konstruksi tubuh embung. Data ini didapatkan dari pengujian tanah di Laboratorium Mekanika Tanah ITN Malang.

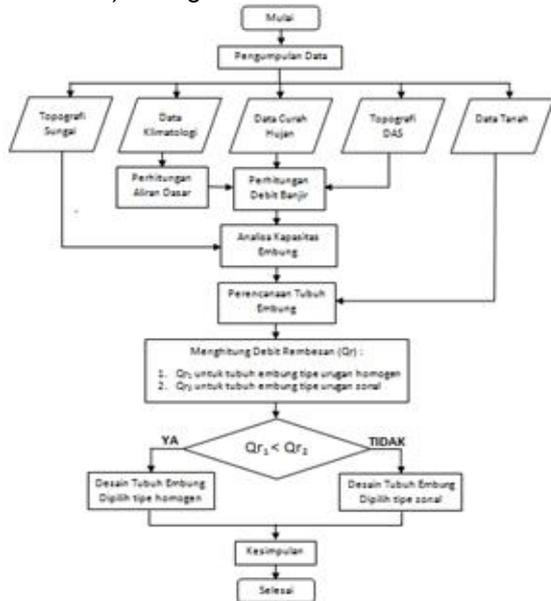
### Rencana Analisa Data

1. Adapun rencana analisa data dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:
  - Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah (Metode Rerata Aljabar)
  - Perhitungan Curah Hujan Rancangan (Metode Gumbel dan Log Pearson Type III)
  - Uji Kesesuaian Distribusi (Metode Chi Square dan Smirnov Kolmogorof)
  - Analisa Distribusi Hujan Jam-jam an
  - Perhitungan Aliran Dasar
  - Analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu
  - Perhitungan Debit Banjir Rancangan
2. Analisa Kapasitas Embung. Langkah-langkahnya meliputi :
  - Menentukan Lengkung Kapasitas Embung
  - Analisa Tampunguan Efektif Embung
3. Perencanaan Tubuh Embung. Langkah-langkahnya meliputi :
  - Merencanakan Dimensi Tubuh Embung

- Menghitung Debit Rembesan 2 Tipe Tubuh Embung (Tipe Homogen dan Zonal)
4. Memilih Tipe Tubuh Embung yang Debit Rembesannya Kecil

**Rencana Operasional**

Rencana operasional dalam penyusunan penelitian ini dapat dituliskan dalam diagram alir (Flow Chart) sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

**HASIL ANALISA PERENCANAAN**

**Analisa Debit Banjir Rencana**

1. Curah Hujan Rata-rata

Ada empat stasiun yang berpengaruh pada DAS di rencana pembangunan embung yaitu Stasiun Tempuran, Stasiun Matokan, Stasiun Bangle dan Stasiun Gondang.

Tabel 4. Data Curah Hujan Harian Maksimum Per Tahun

Tahun	Tinggi Curah Hujan (mm)			
	ST. Tempuran	ST. Matokan	ST. Bangle	ST. Gondang
2001	86	80	80	73
2002	130	85	105	200
2003	80	75	116	85
2004	88	85	90	85
2005	92	96	189	92
2006	90	90	112	94
2007	81	97	98	98
2008	99	90	145	92
2009	87	93	143	75
2010	95	87	115	86
2011	88	75	79	120
2012	79	85	80	100
2013	105	80	78	80
2014	87	85	80	70
2015	150	87	98	120
<b>Jumlah</b>	<b>1437</b>	<b>1290</b>	<b>1608</b>	<b>1470</b>

Tabel 5. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Cara Rerata Aljabar

Tahun	Tinggi Curah Hujan (mm)				Rerata Daerah
	Sta. Tempuran	Sta. Matokan	Sta. Bangle	Sta. Gondang	
2001	86	80	80	73	79,75
2002	130	85	105	200	130,00
2003	80	75	116	85	89,00
2004	88	85	90	85	87,00
2005	92	96	189	92	117,25
2006	90	90	112	94	96,50
2007	81	97	98	98	93,50
2008	99	90	145	92	106,50
2009	87	93	143	75	99,50
2010	95	87	115	86	95,75
2011	88	75	79	120	90,50
2012	79	85	80	100	86,00
2013	105	80	78	80	85,75
2014	87	85	80	70	80,50
2015	150	87	98	120	113,75
<b>Jumlah</b>	<b>1437</b>	<b>1290</b>	<b>1608</b>	<b>1470</b>	<b>1451,25</b>

2. Curah Hujan Rancangan

Tabel 6. Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III

No.	Kala Ulang (tahun)	Probabilitas (%)	Faktor Frekuensi (G)	Log $\bar{R}$	Curah Hujan Rancangan (mm)
1	2	50	-0,130	1,974	94,12
2	5	20	0,781	2,082	106,66
3	10	10	1,336	2,061	115,09
4	25	4	1,898	2,100	125,89
5	50	2	2,446	2,127	134,05
6	100	1	2,881	2,153	142,29

Tabel 7. Curah Hujan Rancangan dengan Metode Gumbel

No.	Kala Ulang (tahun)	Fungsi Balik (Yt)	Faktor Frekuensi (K)	Curah Hujan Rancangan (mm)
1	2	0,367	-0,144	94,682
2	5	1,500	0,966	110,701
3	10	2,250	1,702	121,307
4	25	3,199	2,632	134,708
5	50	3,902	3,321	144,649
6	100	4,600	4,005	154,517

3. Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi

Tabel 8. Kesimpulan Hasil Uji Kesesuaian Distribusi

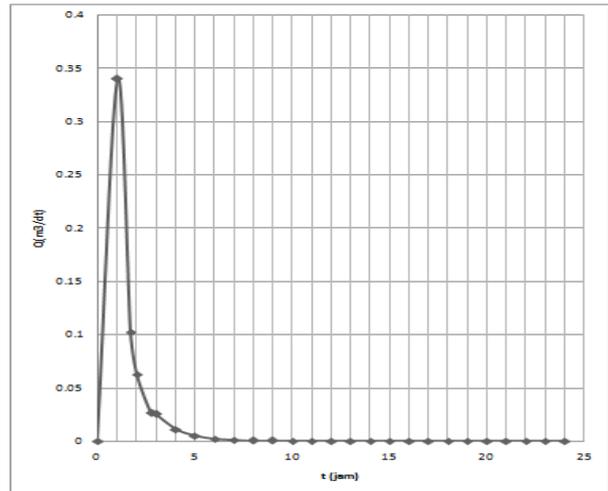
Log Pearson Tipe III		Gumbel	
Uji Chi Kuadrat	Uji Smirnov Kolmogorof	Uji Chi Kuadrat	Uji Smirnov Kolmogorof
7,33	0,1802	7,33	0,2110
Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil Uji Kecocokan Chi Square dan Smirnov Kolmogorov untuk menentukan persamaan distribusi yang dipakai dalam perhitungan selanjutnya (debit banjir rencana) adalah menggunakan Log Pearson karena nilai penyimpangannya lebih kecil.

4. Analisa Debit Andalan  
 Q base flow yang dipakai adalah sebesar: 0.222 m<sup>3</sup>/dt.
5. Distribusi Hujan Jam-jaman  
 Untuk perhitungan debit dengan menggunakan rumus hidrograf satuan sintesis diperlukan data hujan jam-jaman. Distribusi curah hujan jam-jaman ada pada tabel berikut ini :

**Tabel 9. Curah Hujan Jam-jaman**

Periode Ulang	Curah Hujan Rancangan	Koefisien Pengaliran	Rn
(Tahun)	(mm)	(C)	(mm)
2	94,12	0,50	47,06
5	106,66	0,50	53,33
10	115,09	0,50	57,55
25	125,89	0,50	62,95
50	134,05	0,50	67,02
100	142,29	0,50	71,15



**Gambar 5. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu**

**Tabel 10. Curah Hujan Jam-jaman dengan Ratio**

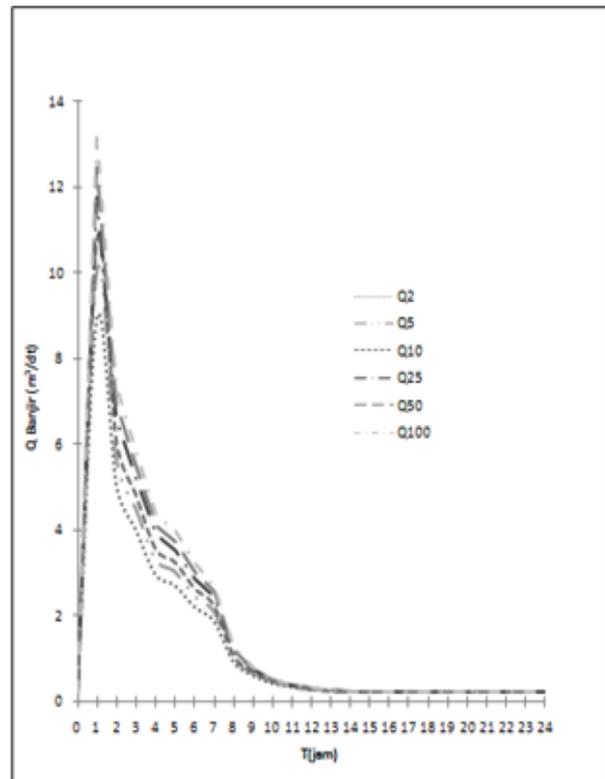
Periode Ulang	Ratio						
	0.523	0.136	0.095	0.076	0.064	0.056	0.05
	t (Jam)						
(Tahun)	1	2	3	4	5	6	7
2	24,61	6,40	4,47	3,58	3,01	2,64	2,35
5	27,89	7,25	5,07	4,05	3,41	2,99	2,67
10	30,10	7,83	5,47	4,37	3,68	3,22	2,88
25	32,92	8,56	5,98	4,78	4,03	3,53	3,15
50	35,05	9,12	6,37	5,09	4,29	3,75	3,35
100	37,21	9,68	6,76	5,41	4,55	3,98	3,56

Selanjutnya adalah pembuatan grafik hubungan antara debit dan waktu pengaliran periode 2th, 5th, 10th, 25th, 50th dan 100th sebagai berikut :

6. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu  
 Data-data yang telah diketahui untuk membuat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu antara lain luas DAS (A) sebesar 2,43 km<sup>2</sup> dengan panjang alur sungai (L) sepanjang 2,1 km, koefisien pengaliran sebesar 0,50 dan base flow (Qf) sebesar 0,222 m<sup>3</sup>/det.

**Tabel 11. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu**

T (jam)	Q (m <sup>3</sup> / detik)	Keterangan
0	0	Qa
1	0,34000000	
1,71	0,10200000	Qd <sub>1</sub>
2	0,06237779	Qd <sub>2</sub>
2,775	0,02597355	
3	0,02528546	Qd <sub>3</sub>
4	0,01083045	
5	0,00463897	
6	0,00198700	
7	0,00085109	
8	0,00036454	
9	0,00015614	
10	0,00006688	
11	0,00002865	
12	0,00001227	
13	0,00000526	
14	0,00000225	
15	0,00000096	
16	0,00000041	
17	0,00000018	
18	0,00000008	
19	0,00000003	
20	0,00000001	
21	0,00000001	
22	0,00000000	
23	0,00000000	
24	0,00000000	



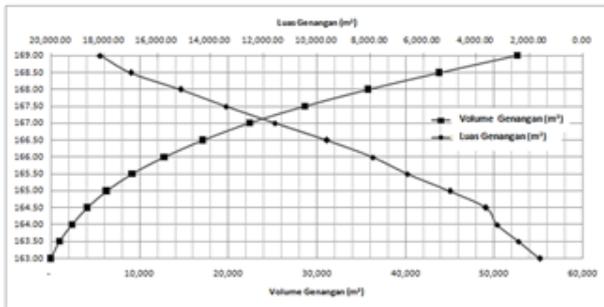
**Gambar 6. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dengan Berbagai Tahun Periode Ulang**

**Analisa Kapasitas Embung**

Dari analisa ini didapatkan grafik hubungan antara elevasi dengan luas dan volume suatu embung, seperti tabel dan grafik dibawah ini :

**Tabel 12. Hubungan antara Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan Embung Ngluyu**

Elevasi (m)	Luas Genangan (m <sup>2</sup> )	Volume Genangan (m <sup>3</sup> )	Kom. Volume Genangan (m <sup>3</sup> )
163.00	1,617.638	-	-
163.50	2,409.237	1,007	1,007
164.00	3,207.617	1,404	2,411
164.50	3,634.751	1,711	4,122
165.00	4,992.453	2,157	6,278
165.50	6,587.980	2,895	9,173
166.00	7,887.742	3,619	12,792
166.50	9,607.415	4,374	17,166
167.00	11,564.415	5,293	22,459
167.50	13,416.088	6,245	28,704
168.00	15,116.420	7,133	35,837
168.50	16,989.679	8,027	43,864
169.00	18,132.344	8,781	52,644



**Gambar 7. Grafik Hubungan antara Elevasi, Luas dan Volume Genangan pada Embung Ngluyu**

**C. Perencanaan Teknis Tubuh Embung**

**1. Tinggi Jagaan Tubuh Embung**

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai-nilai :

$$\Delta h = 0,453 \text{ m}$$

$$h_w = 0,025 \text{ m}$$

$$\frac{h_g}{2} = 0,175 \text{ m}$$

$$h_a = 0,5 \text{ m}$$

$$h_i = 1,0 \text{ m}$$

Maka tinggi jagaan dapat ditentukan dengan hasil sebagai berikut :

$$H_f = 0,453 + 0,025 + 0,5 + 1,0 = 1,978 \text{ m}$$

$$H_f = 0,453 + 0,175 + 0,5 + 1,0 = 2,128 \text{ m}$$

$$H_f = 0,025 + 0,175 + 0,5 = 0,7 \text{ m}$$

Dari ketiga alternatif tinggi jagaan tersebut, diambil tinggi jagaan dengan angka tertinggi yaitu 2,218 m.

**2. Tinggi Tubuh Embung**

$$H = H_{\text{mercu spillway}} + H_{\text{banjir}} + H_{\text{jagaan}}$$

$$= 2,5 + 1,2 + 2,218$$

$$= 5,918 \text{ m}$$

**3. Kemiringan Lereng Embung**

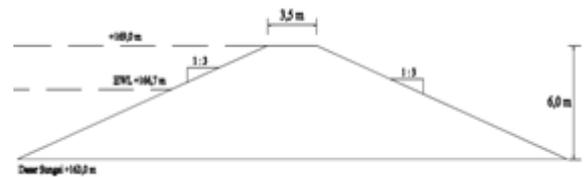
Kemiringan Lereng yang Dianjurkan, untuk tipe urugan tanah homogen yaitu bagian hulu 1 : 3 dan bagian hilir 1 : 3, sedangkan untuk tipe urugan tanah zonal yaitu bagian hulu 1 : 1,25 dan bagian hilir 1 : 1,75

**4. Lebar Mercu Embung**

$$b = 3,6(H^{1/3}) - 3,0$$

$$= 3,6 \times 5,918^{1/3} - 3,0$$

$$= 3,512 \text{ m}$$



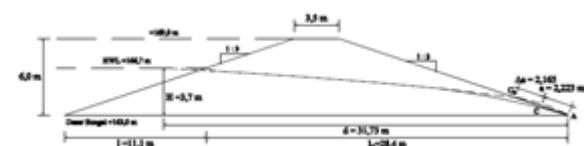
**Gambar 8. Tubuh Embung Tipe Urugan Homogen**



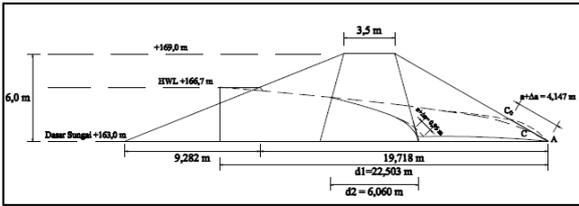
**Gambar 9. Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal dengan Inti Kedap Air Vertikal**

**D. Debit Rembesan**

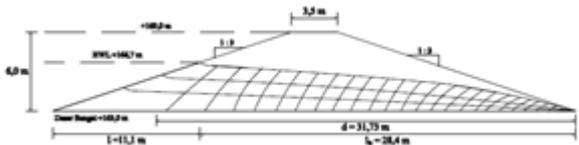
Sebelum menghitung debit rembesan, terlebih dahulu ditentukan formasi garis depresi dan jaringan trayektori aliran filtrasinya, seperti pada gambar berikut ini :



**Gambar 10. Skema Garis Depresi Tubuh Embung Tipe Urugan Homogen**



**Gambar 11. Skema Garis Depresi Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal dengan Inti Kedap Air Vertikal**



**Gambar 13. Skema Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal**

Dari gambar jaringan trayektori aliran filtrasi tersebut kemudian dapat diketahui debit aliran filtrasinya. Untuk tipe urugan homogen sebesar :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{N_f}{N_g} \times k \times H \times L \\
 &= \frac{3}{24} \times (2,582 \cdot 10^{-7}) \times 3,700 \times 39,50 \\
 &= 4,716 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{det} \\
 &= 4,716 \times 10^{-6} \times (24 \times 60 \times 60) \\
 &= 0,407 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk tipe urugan zonal sebesar :

a. Bagian zona lulus air (agregat kasar)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{N_f}{N_g} \times k \times H \times L \\
 &= \frac{3}{9} \times (1,068 \cdot 10^{-7}) \times 3,700 \times 13,527 \\
 &= 4,009 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{det} \\
 &= 4,009 \times 10^{-6} \times (24 \times 60 \times 60) \\
 &= 0,346 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

b. Bagian zona kedap air (agregat halus)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{N_f}{N_g} \times k \times H \times L \\
 &= \frac{3}{7} \times (9,685 \cdot 10^{-7}) \times 3,004 \times 6,755 \\
 &= 8,421 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{det} \\
 &= 8,421 \times 10^{-7} \times (24 \times 60 \times 60) \\
 &= 0,0728 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Dari hasil analisa Alternatif Perencanaan Tipe Tubuh Embung Ngluyu didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi Tubuh Embung Ngluyu direncanakan dengan tinggi tubuh embung 6,0 m dan lebar mercu embung 3,5 m. Kemiringan lereng tubuh embung pada tipe urugan homogen bagian hulu 1:3 dan bagian hilir 1:3, sedangkan untuk tipe urugan zonal dengan inti kedap air vertikal, kemiringan bagian hulu 1:1,25 dan bagian hilir 1:1,75.
2. Tipe yang paling tepat untuk mereduksi debit rembesan adalah tipe zonal dengan inti kedap air vertikal, dengan debit rembesan sebesar .

## DAFTAR PUSTAKA

Adhyaksa, Brigitta Mutiara, Heri Suprijanto dan Dian Sisinggih. 2013. Studi Perencanaan Konstruksi Tubuh Bendungan Pada Waduk Suplesi Konto Wiyu, Di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. <http://pengairan.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Studi-Perencanaan-Konstruksi-Tubuh-Bendungan-Pada-Waduk-Suplesi-Konto-Wiyu-di-Kecamatan-Pujon-Kabupaten-Malang-Provinsi-Jawa-Timur-Brigitta-Mutiara-A.-105060401111002.pdf>, November 2016

Alexander dan Syarifuddin Harahab. 2009. Perencanaan Embung Tambaboyo Kabupaten Sleman D.I.Y (Design Of Tambakboyo Small Dam Sleman D.I.Y Area). <http://eprints.undip.ac.id/34327/1/1966.pdf>, November 2016.

Pujiraharjo, Alwafi, Suroso, Agus Suharyanto dan Faris Afif Octavio. 2016. Studi Perencanaan Bangunan Utama Embung Guworejo dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Baku Di Kabupaten Kediri. <http://rekayasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/332>, November 2016.

Soemarto, C.D. 1999. Hidrologi Teknik. Jakarta : Erlangga.

Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Bandung : Nova.

Sosrodarsono, Suyono. 1989. Bendungan Tipe Urugan. Jakarta: Pradnya Paramita