

SIKIP701

ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TURUH  
EMBUNG NGLODYU, KABUPATEN NGAMPUR



Disusun Oleh :

REYNO BELAN HURAHMANTJAL

1211206

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL 01  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2017

**SKRIPSI**  
**ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG**  
**NGLUYU, KABUPATEN NGANJUK**



**Disusun oleh :**

**RETNO PRI ANGGRANINGTIYAS**

**( 13 21 256 )**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**2017**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**“ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG NGLUYU,  
KABUPATEN NGANJUK”**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar*

*Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S-1)*

*Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**

**RETNO PRI ANGGRANINGTIYAS**

**13.21.256**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Ir. Kustamar, MT**

**Ir. I Wayan Mundra, MT**

**Mengetahui :**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**

**Ir. A. Agus Santosa, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
M A L A N G**

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**“ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG NGLUYU,  
KABUPATEN NGANJUK”**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar*

*Sarjana Teknik Sipil Strata (S-1)*

*Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**

**RETNO PRI ANGGRANINGTIYAS**

**13.21.256**

**Disahkan Oleh :**

**Dosen Penguji I**

**Dosen Penguji II**

**Dr. Ir. Subandiyah Aziz, CES**

**Ir. Endro Yuwono, MT**

**Mengetahui :**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**

**Ir. A. Agus Santosa, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
M A L A N G  
2017**



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**Jln. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 51431 Malang**

---

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :S

**Nama** : **Retno Pri Anggraningtiyas**  
**NIM** : **13.21.256**  
**Program Studi** : **Teknik Sipil S-1 Konsentrasi Sumber Daya Air**  
**Fakultas** : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG NGLUYU, KABUPATEN NGANJUK”**, adalah benar - benar hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, September 2017

Yang membuat pernyataan

**(Retno Pri Anggraningtiyas)**

## ABSTRAK

Retno Pri Anggraningtiyas (13.21.256) **Alternatif Tipe Tubuh Embung Ngluyu, Kabupaten Nganjuk**. Skripsi. Konsentrasi Sumber Daya Air, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing I : Dr. Ir. Kustamar, MT. Pembimbing II : Ir. I Wayan Mundra, MT.

---

Tubuh Embung Ngluyu merupakan tubuh embung yang membendung aliran Sungai Jurang Dandang di Desa Lengkong Lor, Kecamatan Ngluyu, Kabupaten Nganjuk. Pada studi Alternatif Perencanaan Tipe Tubuh Embung Ngluyu, Kabupaten Nganjuk ini, tubuh embung direncanakan dengan tipe urugan homogen dan tipe urugan zonal dengan inti kedap air tegak.

Dalam alternatif perencanaan tersebut, akan dianalisa besarnya debit banjir rencana, kapasitas embung, perencanaan teknis tubuh embung dan perhitungan debit aliran filtrasinya (rembesan). 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  $0,4070 \text{ m}^3/\text{hari}$  untuk tipe urugan homogen, sedangkan untuk tipe urugan tanah zonal adalah sebesar  $0,0728 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Sehingga dari analisa tersebut dapat ditarik kesimpulan 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*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, taufik serta Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Tak lupa pula saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Lalu Mulyadi, MTA Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang,
2. Bapak Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang,
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang,
4. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT Selaku Dosen Pembimbing I,
5. Bapak Ir. I Wayan Mundra, MT Selaku Dosen Pembimbing II,
6. Ibu Dr. Ir. Subandiyah Aziz, CES Selaku Dosen Penguji I,
7. Bapak Ir. Endro Yuwono, MT Selaku Dosen Penguji II sekaligus Dosen Wali.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, September 2017

**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Gambaran Lokasi Studi .....	3

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Analisa Debit Banjir Rencana .....	7
2.2.1.1 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah .....	7
2.2.1.2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan .....	9
2.2.1.3 Uji Kesesuaian Distribusi .....	12
2.2.1.4 Koefisien Pengaliran .....	15
2.2.1.5 Analisa Distribusi Jam-Jaman .....	16
2.2.1.6 Analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	17
2.2.1.7 Perhitungan Debit Andalan .....	19
2.2.2 Analisa Kapasitas Embung .....	21
2.2.3 Perencanaan Tubuh Embung .....	22
2.2.3.1 Tipe Tubuh Embung .....	23
2.2.3.2 Perencanaan Teknis Tubuh Embung .....	24
2.2.3.3 Debit Rembesan di Dasar Embung .....	31
2.2.3.4 Stabilitas Lereng Tubuh Embung .....	34

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Data .....	38
3.2 Rencana Analisa Data .....	39
3.3 Rencana Operasional .....	40



## **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Analisa Debit Banjir Rencana .....	41
4.1.1	Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata .....	41
4.1.2	Curah Hujan Rancangan .....	43
4.1.2.1	Metode Log Person Tipe III .....	43
4.1.2.2	Metode Gumbel .....	45
4.1.3	Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi .....	50
4.1.3.1	Uji <i>Chi Square</i> .....	50
4.1.3.2	Uji Smirnov-Kolmogorof .....	53
4.1.4	Analisa Debit Andalan .....	56
4.1.5	Koefisien Pengaliran .....	59
4.1.6	Distribusi Hujan Jam-jaman .....	59
4.1.7	Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	60
4.2	Analisa Kapasitas Embung .....	71
4.2.1	Perhitungan Kapasitas Tampungan Embung .....	71
4.2.2	Analisa Tampungan Mati (Dead Storage) .....	73
4.2.3	Analisa Tampungan Efektif .....	73
4.3	Perencanaan Teknis Tubuh Embung .....	74
4.3.1	Tinggi Jagaan Embung .....	74
4.3.2	Tinggi Embung .....	77
4.3.3	Kemiringan Lereng Embung .....	77
4.3.4	Lebar Mercu Embung .....	77
4.4	Formasi Garis Depresi dan Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Embung .....	78
4.4.1	Formasi Garis Depresi dan Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Embung Tipe Urugan Homogen .....	78
4.4.2	Formasi Garis Depresi dan Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal dengan Inti Kedap Air Tegak (Vertikal) .....	79
4.5	Perhitungan Debit Aliran Filtrasi (Rembesan) pada Tubuh Embung .....	81
4.5.1	Perhitungan Debit Aliran Filtrasi (Rembesan) pada Tubuh Embung Tipe Urugan Homogen .....	81
4.5.2	Perhitungan Debit Aliran Filtrasi (Rembesan) pada Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal .....	82
4.6	Stabilitas Lereng Tubuh Embung .....	84

## **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan .....	86
5.2	Saran .....	86

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Perencanaan Embung Ngluyu, Berada di Kabupaten Nganjuk .....	3
Gambar 1.2	Lokasi Perencanaan Embung Ngluyu, Berada di Desa Lengkong Lor, Kecamatan Ngluyu .....	4
Gambar 2.1	Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	18
Gambar 2.2	Hubungan antara Elevasi, Luas dan Volume .....	22
Gambar 2.3	Perbedaan Bendungan Urugan Homogen dan Zonal .....	23
Gambar 2.4	Prototipe Bendungan Urugan Tanah .....	24
Gambar 2.5	Penentuan Tinggi Jagaan (free board) .....	25
Gambar 2.6	Grafik Perhitungan Metode SMB .....	26
Gambar 2.7	Peta Zonasi Gempa Indonesia Dengan Nilai Koefisien Gempa .....	28
Gambar 2.8	Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Dalam Tubuh Bendungan (dengan jumlah potensial = 9) .....	32
Gambar 2.9	Gradian rembesan .....	34
Gambar 2.10	Sebuah Contoh Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Dalam Tubuh Bendungan (dimana $k_x = 5k_z$ ) .....	34
Gambar 2.11	Cara menentukan harga-harga N dan T .....	36
Gambar 4.1	Grafik Pengujian Smirnov-Kolmogorof pada Log Pearson III ..	54
Gambar 4.2	Grafik Pengujian Smirnov-Kolmogorof pada Gumbel .....	55
Gambar 4.3	Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	63
Gambar 4.4	Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dengan Berbagai Tahun Periode Ulang .....	70
Gambar 4.5	Hubungan antara Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan pada Embung Ngluyu .....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Reduced Mean</i> ( $Y_n$ ) .....	10
Tabel 2.2	<i>Reduced Standar Deviation</i> ( $S_n$ ).....	10
Tabel 2.3	<i>Reduced Variate</i> ( $Y_t$ ) .....	10
Tabel 2.4	Faktor Frekuensi Distribusi Log Pearson Tipe III .....	12
Tabel 2.5	Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Square .....	14
Tabel 2.6	Nilai Delta Kritis Untuk Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof ....	15
Tabel 2.7	Koefisien Pengaliran Lahan .....	16
Tabel 2.8	Faktor Koreksi .....	27
Tabel 2.9	Percepatan Dasar Gempa .....	27
Tabel 2.10	Kemiringan Lereng yang Diajurkan .....	30
Tabel 2.11	Puncak Bendungan Kecil (Embung) yang Dianjurkan .....	31
Tabel 4.1	Data Curah Hujan Harian Maksimum Per Tahun .....	41
Tabel 4.2	Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Cara Rerata Aljabar .....	42
Tabel 4.3	Perhitungan Distribusi Metode Log Pearson III .....	43
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III .....	45
Tabel 4.5	Metode Distribusi Gumbel .....	45
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Metode Gumbel .....	49
Tabel 4.7	Pengujian Chi Kuadrat pada Log Pearson III .....	50
Tabel 4.8	Pengujian Chi Kuadrat pada Gumbel .....	52
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Smirnov-Kolmogorov pada Log Pearson III .....	53
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Smirnov-Kolmogorov pada Gumbel .....	54
Tabel 4.11	Kesimpulan Hasil Distribusi .....	55
Tabel 4.12	Perhitungan Debit Bulanan dengan Metode FJ Mock untuk DAS Jurang Dandan .....	56
Tabel 4.13	Perhitungan Evapotranspirasi (Eto) dengan Metode PenMan .....	57
Tabel 4.14	Curah Hujan Jam-jaman .....	59
Tabel 4.15	Curah Hujan Jam-jaman dengan Ratio .....	60
Tabel 4.16	Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	62
Tabel 4.17	Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 2th .....	64
Tabel 4.18	Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 5th .....	65
Tabel 4.19	Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 10th .....	66
Tabel 4.20	Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 25th .....	67

Tabel 4.21	Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 50th .....	68
Tabel 4.22	Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 100th .....	69
Tabel 4.23	Hubungan antara Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan Embung Ngluyu .....	71
Tabel 4.24	Analisa Tampungan Mati Embung Ngluyu .....	73
Tabel 4.25	Analisa Stabilitas Lereng pada Tubuh Embung Urugan Homogen	84
Tabel 4.26	Analisa Stabilitas Lereng pada Tubuh Embung Urugan Zonal .....	85

## DAFTAR NOTASI

R	= Curah Hujan Rerata tahunan (mm)
$R_n$	= Curah Hujan Rerata titik pengamatan (tahun) ke-n (mm)
n	= Jumlah Data
A	= Luas Daerah Pengamatan (km <sup>2</sup> )
$A_n$	= Luas Daerah Pengamatan Titik ke- n (km <sup>2</sup> )
$X_i$	= Curah Hujan Rerata setelah diurutkan dari terkecil ke terbesar (mm)
Sd	= Standart Deviasi
Cs	= Koefisien Kemencengan/ Kemiringan
G	= Faktor Frekuensi Log Pearson III
K	= Faktor Frekuensi Gumbel
$Y_t$	= <i>Reduced Variate</i>
$Y_n$	= <i>Reduced Mean</i>
$S_n$	= <i>Reduced Standart Deviasi</i>
$O_i$	= Jumlah Nilai Pengamatan Pada Sub Kelompok ke-i
$E_i$	= Jumlah Nilai Teoritis Pada Sub Kelompok ke-i
$X_{h^2}$	= Harga Chi Square Terhitung
M	= Nomor Urut Data
$P_e$	= Peluang Empiris
$P_t$	= Peluang Teoritis
D	= Selisih antara Peluang Empiris dan Teoritis
$D_{max}$	= Selisih Maksimum antara Peluang Empiris dan Teoritis
C	= Koefisien Pengaliran
$Q_p$	= Debit Puncak Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
$T_g$	= Waktu Konsentrasi (jam)
$T_r$	= Satuan Waktu Hujan (diambil 1 jam)
$T_p$	= Tenggang Waktu dari Permulaan Hujan sampai Puncak Banjir (jam)
L	= Panjang Sungai (km)
$T_{0,3}$	= waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak (jam)
$Q_p$	= Debit Debit Puncak Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
$Q_a$	= Limpasan Sebelum Mencapai Debit Puncak (m <sup>3</sup> /detik)
$Q_d$	= Limpasan Sesudah Mencapai Debit Puncak (m <sup>3</sup> /detik)
$Q_t$	= Debit Banjir Rancangan (m <sup>3</sup> /detik)
$R_n$	= Tinggi Hujan Jam ke-t
Hf	= Tinggi Jagaan (m)
$\Delta h$	= Tinggi Kemungkinan Kenaikan Permukaan Air Waduk Yang Terjadi Akibat Timbulnya Banjir Abnormal (m)
hw	= Tinggi Ombak Akibat Tiupan Angin (m)
he	= Tinggi Ombak Akibat Gempa (m)

ha	= Tinggi Kemungkinan Kenaikan Permukaan Air Waduk, Apabila Terjadi Kemacetan-Kemacetan pada Pintu Bangunan Pelimpah (m)
hi	= Tinggi Tambahan yang Didasarkan pada Tingkat Urgensi dari Waduk
b	= Lebar Puncak Tubuh Embung (m)
H	= Tinggi Tubuh Embung (m)
Nf	= Jumlah Garis Aliran
N <sub>e</sub>	= Jumlah Penurunan dari Garis Ekipotensial
F <sub>s</sub>	= faktor keamanan
N	= Beban Komponen Vertikal yang Timbul dari Berat Setiap Irisan Bidang Luncur ( $= \gamma \cdot A \cdot \cos \alpha$ )
T	= Beban Komponen Tangensial yang Timbul dari Berat Setiap Irisan Bidang Luncur ( $= \gamma \cdot A \cdot \sin \alpha$ )
U	= Tekanan Air Pori yang Bekerja pada Setiap Irisan Bidang Luncur
N <sub>e</sub>	= Komponen Vertikal Beban Seismic yang Bekerja pada Setiap Irisan Bidang Luncur ( $= e \cdot \gamma \cdot A \cdot \sin \alpha$ )
T <sub>e</sub>	= Komponen Tangensial Beban Seismic yang Bekerja pada Setiap Irisan Bidang Luncur ( $= e \cdot \gamma \cdot A \cdot \cos \alpha$ )
∅	= Sudut Gesekan Dalam Bahan yang Membentuk Dasar Setiap Irisan Bidang Luncur.
e	= Intensitas Seismis Horizontal
γ	= Berat Isi dari Setiap Bahan Pembentuk Irisan Bidang Luncur
A	= Luas dari Setiap Bahan Pembentuk Irisan Bidang Luncur
α	= Sudut Kemiringan Rata-Rata Dasar Setiap Irisan Bidang Luncur
V	= Tekanan Air Pori

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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 di lokasi 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

(*zone 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.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Berapa dimensi Tubuh Embung Ngluyu yang akan direncanakan?
2. Tipe tubuh embung manakah yang paling tepat untuk mereduksi debit rembesan?

## **1.3 Maksud dan Tujuan**

Maksud dari skripsi ini adalah untuk mendesain tubuh embung dan menganalisa debit rembesan yang paling sedikit dari kedua tipe tubuh embung urugan (urugan homogen dan urugan zona)

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk :

1. Memperoleh dimensi Tubuh Embung Ngluyu yang akan direncanakan.
2. Mendapatkan tipe tubuh embung yang paling tepat untuk mereduksi debit rembesan.

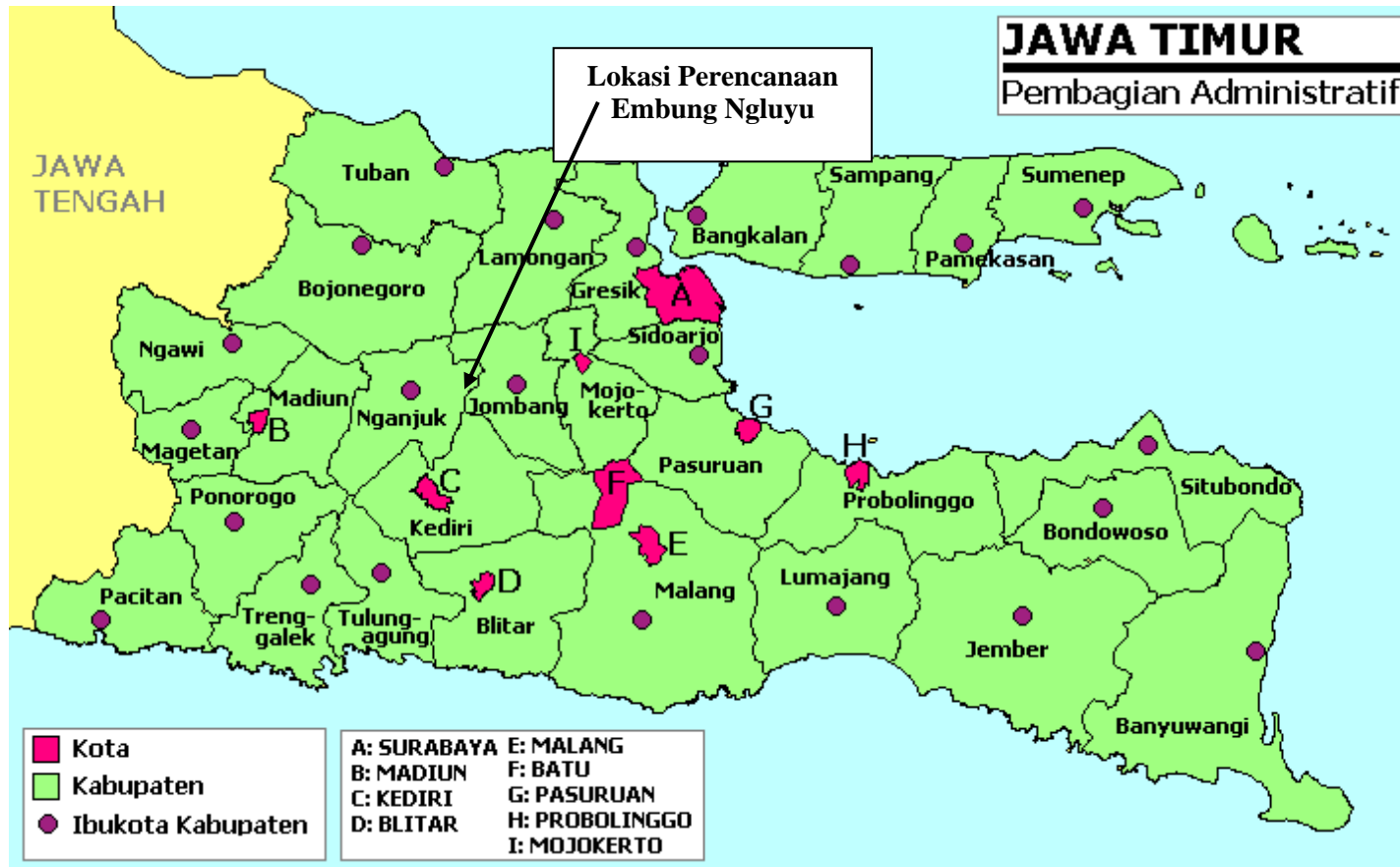
## **1.4 Batasan Masalah**

Mengingat luasnya masalah yang berkaitan dengan embung, maka batasan masalah dalam skripsi ini pembahasannya hanya difokuskan pada Tubuh Embung Ngluyu, Kab. Nganjuk.

## **1.5 Gambaran Lokasi Studi**

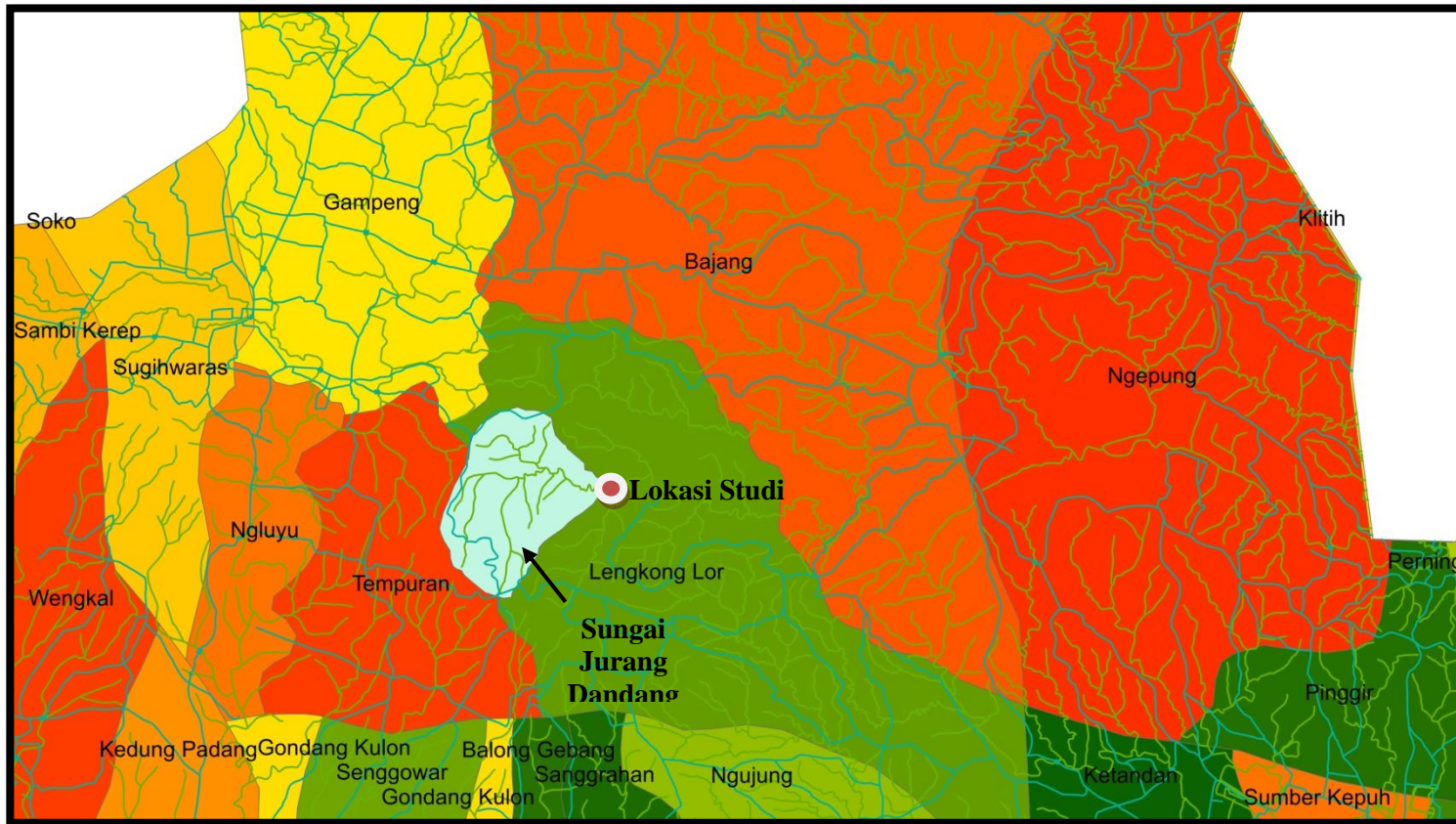
Embung Ngluyu merupakan embung yang membendung Sungai Jurang Dandang yang terletak pada posisi  $7^{\circ}27'55,446''$  LS dan  $111^{\circ}59'59,171''$  BT di Desa Lengkonglor, Kecamatan Ngluyu, Kabupaten Nganjuk.





Gambar 1.1 Lokasi Perencanaan Embung Ngluyu, Berada di Kabupaten Nganjuk

Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)



**Gambar 1.2 Lokasi Perencanaan Embung Ngluyu, Berada di Desa Lengkong Lor, Kecamatan Ngluyu**

Sumber : Bappeda Nganjuk

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.3 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu dapat menjadi referensi dalam penyusunan skripsi ini untuk memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan dan dapat digunakan untuk membuktikan keaslian dari suatu penelitian. Ada 3 penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti tentang alternatif perencanaan tubuh embung, yaitu sebagai berikut :

Alwafi Pujiraharjo, Suroso, Agus Suharyanto, Faris Afif Octavio (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Perencanaan Bangunan Utama Embung Guworejo dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Baku Di Kabupaten Kediri” yang memaparkan embung sebagai solusi pemanfaatan air permukaan dari daerah hulu yang dapat berfungsi sebagai tampungan air pada saat musim penghujan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis perencanaan bangunan utama (tubuh) embung, stabilitas rembesan, stabilitas lereng dan simulasi embung tersebut. Analisis perencanaan bangunan utama embung dilakukan guna mengetahui dimensi embung yang akan direncanakan tersebut. Perhitungan stabilitas rembesan dilakukan guna mengidentifikasi faktor kehilangan air melalui tubuh embung, sedangkan stabilitas lereng dilakukan guna mengidentifikasi faktor keamanan tubuh embung dari bidang longsor yang potensial pada bagian hulu dan hilir serta simulasi embung adalah untuk mengetahui apakah embung tersebut layak dibangun atau tidak. Berdasarkan hasil desain tubuh embung sesuai dengan data penunjang yang didapat, maka mendapatkan hasil bahwa tipe tubuh bangunan utama adalah tipe urugan tanah dengan pembagian zonal dan dari perhitungan stabilitas keamanan terhadap rembesan dan gempa terhadap stabilitas lereng, didapat bahwa tubuh bangunan utama embung aman terhadap bahaya tersebut.

Brigitta Mutiara Adhyaksa, Heri Suprijanto, Dian Sisinggih (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Perencanaan Konstruksi Tubuh Bendungan Pada Waduk Suplesi Konto Wiyu, Di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur” yang memaparkan bahwa dalam rangka pemenuhan kebutuhan air irigasi untuk Daerah Irigasi Siman, akan direncanakan Bendungan Konto Wiyu yang dapat dimanfaatkan untuk menampung pasokan air dari Sungai Konto Wiyu sebagai tambahan *supply* air kepada Daerah Irigasi Siman. Perencanaan tubuh bendungan berdasarkan pertimbangan topografi dan hidrologi, dengan tipe bendungan adalah bendungan urugan zonal inti tegak. Selanjutnya, akan dianalisis stabilitas tubuh bendungan dan pondasi terhadap rembesan dan stabilitas lereng bendungan dalam berbagai kondisi. Dari hasil penelitian didapatkan : 1. Analisis keamanan tubuh bendungan dan pondasi terhadap rembesan memberikan hasil berupa rembesan total sebagai berikut: Total rembesan tanpa grouting adalah sebesar 0,0111 m<sup>3</sup>/det (0,248% dari debit rerata tahunan), total rembesan dengan grouting adalah sebesar 4,447 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/det (0,099% dari debit rerata tahunan). Kedua hasil di atas dinyatakan aman terhadap bahaya piping dan boiling ; 2. Berdasarkan analisa stabilitas lereng tubuh didapatkan nilai SF atau angka keamanan yang tidak melebihi nilai minimumnya. Karena itu bendungan dinyatakan aman terhadap kelongsoran dalam berbagai kondisi.

Alexender, Syarifuddin Harahab (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Embung Tambakboyo Kabupaten Sleman D.I.Y (*Design Of Tambakboyo Small Dam Sleman D.I.Y Area*)” memaparkan bahwa akan direncanakan embung dengan tujuan konservasi sumber daya air dan konservasi lingkungan di DPS Tambakboyo, menaikkan tinggi muka air tanah, persediaan air baku untuk Kabupaten Sleman, mendukung potensi wisata di Daerah Istimewa Yogyakarta dan meningkatkan perekonomian masyarakat sekitarnya sehingga menambah Pendapatan Asli Daerah. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil yaitu 1. Debit banjir rencana didapat sebesar 123,00 m<sup>3</sup>/dtk dengan periode ulang 50 tahun, hasil flood routing dapat diketahui ketinggian limpasan maksimum (outflow) di atas mercu dan debit outflow sebesar 54,58 m<sup>3</sup>/dtk ; 2. Direncanakan pembangunan Embung Tambakboyo untuk kebutuhan pariwisata sehingga

volume air pada ketinggian + 144 m dipertahankan untuk memenuhi kebutuhan pariwisata, selebihnya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan air baku yang volumenya sebesar 82.000 m<sup>3</sup> ; 3. Urugan tanah untuk mendukung beban dari tubuh embung diambil dari tanah disekitar Embung Tambakboyo ; 4. Untuk melindungi agar tubuh embung terjaga terhadap naik turunnya permukaan air, maka pada lereng hulu bendungan dipasang batuan yang tahan terhadap pelapukan (rip-rap).

## **2.4 Landasan Teori**

### **2.2.4 Analisa Debit Banjir Rencana**

Dalam merencanakan Embung Ngluyu ini, sebagai langkah awal dilakukan pengumpulan data. Data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan perencanaan teknis maupun stabilitas. Dari data curah hujan yang diperoleh, dilakukan analisis hidrologi yang menghasilkan debit banjir rencana. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan dan debit air yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam pelaksanaan detail desain.

#### **2.2.1.8 Perhitungan 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*). Untuk dapat mewakili besarnya curah hujan di suatu wilayah/daerah diperlukan penakar curah hujan dalam jumlah yang cukup. Semakin banyak penakar dipasang di lapangan diharapkan dapat diketahui besarnya rata-rata curah hujan yang menunjukkan besarnya curah hujan yang terjadi di daerah tersebut. Disamping itu juga diketahui variasi curah hujan di suatu titik pengamatan. Ada beberapa cara untuk mendapatkan data hujan wilayah, antara lain dengan menggunakan cara rerata aljabar dan cara poligon thiessen.

##### **A. Cara Rerata Aljabar**

Cara yang paling sederhana adalah dengan melakukan perhitungan rata-rata arimatik (aljabar) dari rerata presipitasi yang diperoleh dari

seluruh alat penakar hujan yang digunakan. Cara ini dianggap cukup memadai sepanjang digunakan di daerah yang relatif landai dengan variasi curah hujan yang tidak terlalu besar serta penyebaran alat penakar hujan diusahakan seragam. Keadaan seperti ini sering tidak dapat dijumpai sehingga perlu cara lain yang lebih memadai.

Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan rerata dengan cara rerata aljabar adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2.1)$$

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. Cara Poligon Thiessen

Metode ini lebih sering digunakan karena dapat memberikan data presipitasi yang lebih akurat, karena setiap bagian wilayah tangkapan hujan diwakili secara proposional oleh suatu alat penakar hujan. Dengan cara ini, pembuatan gambar poligon dilakukan sekali saja, sementara perubahan data hujan per titik dapat diproses secara cepat tanpa menghitung lagi luas per bagian poligon.

Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan rerata dengan cara polygon thiessen adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1R_1+A_2R_2+\dots+A_nR_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} = \frac{A_1R_1+A_2R_2+\dots+A_nR_n}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$R = W_1R_1 + W_2R_2 + \dots + W_nR_n \dots\dots\dots(2.3)$$

$$W_1, W_2 = \frac{A_1}{A} + \frac{A_2}{A} + \frac{A_2}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

- $R$  = curah hujan rerata tahunan (mm)
- $R_1, R_2, R_3, R_n$  = curah hujan rerata tahunan di tiap titik pengamatan (mm)
- $A_1, A_2, A_3, A_n$  = luas wilayah yang dibatasi polygon
- $A$  = luas daerah penelitian

Cara membuat polygon thiessen adalah sebagai berikut :

- a. Mengambil peta lokasi stasiun hujan di suatu DAS,
- b. Menghubungkan garis antar stasiun 1 dan lainnya hingga membentuk segitiga,
- c. Mencari garis berat kedua garis, yaitu garis yang membagi dua sama persis dan tegak lurus garis,
- d. Menghubungkan ketiga garis berat dari segi tiga sehingga membuat titik berat yang akan membentuk polygon.

### 2.2.1.2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan akan dihitung dengan 2 metode, yaitu metode Gumbel dan Log pearson Tipe III. Rumus-rumus yang digunakan untuk kedua metode tersebut antara lain :

#### A. Metode Gumbel

Perhitungan curah hujan rancangan menurut Metode Gumbel, mempunyai perumusan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + S.K \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

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

Nilai  $S$  dan  $K$  dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

- $Y_t$  = *reduced variate*, parameter gumbel untuk periode T tahun
- $Y_n$  = *reduced mean*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n)
- $S_n$  = *reduced standart deviasi*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n)

**Tabel 2.1 Reduced Mean (Yn)**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5280	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Sumber : C.D. Soemarto, 1999

**Tabel 2.2 Reduced Standar Deviation (Sn)**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,2260	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1638	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1770	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1873	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber : C.D. Soemarto, 1999

**Tabel 2.3 Reduced Variate (Yt)**

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Sumber : C.D. Soemarto, 1999



## B. Metode Log Person Tipe III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log Pearson Tipe III adalah dengan mengkorvesikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis menggunakan rumus-rumus dibawah ini :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X}{n} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$S_{\text{Log } X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$C_s = \frac{n \sum_1^n (\text{Log } X - \text{Log } X_r)^3}{(n-1)(n-2)S_1^3} \dots\dots\dots(2.10)$$

Nilai X bagi setiap probabilitas dihitung dari persamaan:

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{X} + k \cdot S_{\text{Log } X} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan:

$\text{Log } X$  = logaritma rata-rata

$S_{\text{Log } X}$  = standart deviasi dari logaritma

$C_s$  = koefisien kemencengan

$k$  = faktor frekuensi

$n$  = jumlah data

**Tabel 2.4 Faktor Frekuensi Distribusi Log Pearson Tipe III**

Koef, G	Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

### 2.2.1.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kebenaran sebaran dilakukan untuk mengetahui jenis sebaran yang paling sesuai dengan data hujan. Uji sebaran dilakukan dengan uji keselarasan distribusi yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, dapat mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisis (C.D Soemarto,1999).

Ada dua jenis uji keselarasan (*Goodness of fit test*), yaitu uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*.

### A. Uji Keselarasan *Chi-Square*

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut atau dengan membandingkan nilai *chi-square* ( $X^2$ ). Dengan nilai *chi-square* kritis ( $X^2_{cr}$ ). Uji keselarasan *chi-square* menggunakan rumus (Soewarno,1995):

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan :

- $X^2$  = harga *chi-square* terhitung
- $O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
- $E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i
- $n$  = jumlah data

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai  $X^2$  hitung  $< X^2$  kritis. Nilai  $X^2$  kritis dapat dilihat di Tabel 2.4. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan *chi-square* kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soewarno,1995) :

$$Dk = n - 3 \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan :

- $Dk$  = derajat kebebasan
- $n$  = banyaknya data

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- a. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan dirtibusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- b. Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- c. Apabila peluang lebih kecil dari 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

Tabel 2.5 Nilai Kritis Untuk Distribusi *Chi-Square*

Degrees of Freedom	Probability of a larger value of $\chi^2$								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

Sumber : Soewarno, 1995

**B. Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof**

Uji keselarasan *Smirnov-Kolmogorof* sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995)

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x_i)}{\Delta_{cr}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- a. Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya) :

- $X_1 \rightarrow P'(X_1)$
- $X_2 \rightarrow P'(X_2)$
- $X_m \rightarrow P'(X_m)$
- $X_n \rightarrow P'(X_n)$

- b. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov – Kolmogorof Test*) tentukan harga  $D_0$  (Tabel 2.6) menggunakan grafis.

**Tabel 2.6 Nilai Delta Kritis Untuk Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof**

N	a			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$1,07/(N^{0,5})$	$1,22/(N^{0,5})$	$1,36/(N^{0,5})$	$1,63/(N^{0,5})$

Sumber : Soewarno, 1995

#### 2.2.1.4 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang jatuh, maka koefisien pengaliran (*Run Off*) bergantung pada jenis permukaan tanah dan tata guna lahan daerah aliran. Untuk daerah aliran dengan penggunaannya bervariasi, maka koefisiennya merupakan gabungan antara beberapa nilai koefisien pengaliran. Dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$C_{gabungan} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan :

$C_{gabungan}$  = koefisien pengaliran gabungan

$C_1, C_2, C_n$  = koefisien pengaliran di tiap titik pengamatan (mm)

$A_1, A_2, A_n$  = luas wilayah pada titik pengamatan

**Tabel 2.7 Koefisien Pengaliran Lahan (C)**

<b>Daerah</b>	<b>Koefisien Pengaliran</b>
Pegunungan berlereng terjal	0,75 - 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 - 0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45 – 0,60
Sungai didaerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 - 0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah alirannya terdiri atas dataran	0,50 – 0,75

Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989

### 2.2.1.5 Analisa Distribusi 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 :

$$Rt = Ro. \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan :

$Rt$  = rata-rata hujan pada jam ke – i

$$Ro = \frac{R24}{T}$$

T = lama waktu hujan terpusat (jam)

t = waktu hujan (jam)

Untuk menghitung rata-rata curah hujan pada jam ke–t menggunakan rumus :

$$Rt = t. Rt' - (t - 1). R_{(t-1)} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan :

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

$Rt$  = 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)

Dalam perhitungan distribusi hujan efektif, perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R = C \cdot Rt \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan :

- $R$  = tinggi hujan efektif (mm)
- $C$  = koefisien pengaliran
- $Rt$  = tinggi hujan rencana (mm)

### 2.2.1.6 Analisa 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. Pemilihan hidrograf ini disesuaikan dengan karakteristik daerah pengalirannya, di samping itu hidrograf satuan ini banyak digunakan dalam perhitungan banjir rencana di Indonesia.

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (C.D. Soemarto, 1999) :

$$Qp = \frac{A \cdot R}{3,6(0,3Tp + T_{0,3})} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan :

- $Qp$  = debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/detik)
- $R$  = hujan satuan (mm)
- $A$  = luas DAS (km<sup>2</sup>)
- $Tp$  = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- $T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak (jam)

Untuk mendapatkan  $Tp$  dan  $T_{0,3}$  digunakan rumus empiris (C.D. Soemarto, 1999) :

$$tg = 0,4 + 0,058L \text{ bila } L > 15 \text{ km} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$tg = 0,21 \times L^{0,70} \text{ bila } L < 15 \text{ km} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Tp = tg + 0,80 \text{ tr} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot tg \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan :

$L$  = panjang alur sungai (km)

$t_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$t_r$  = satuan waktu hujan (diambil 1 jam)

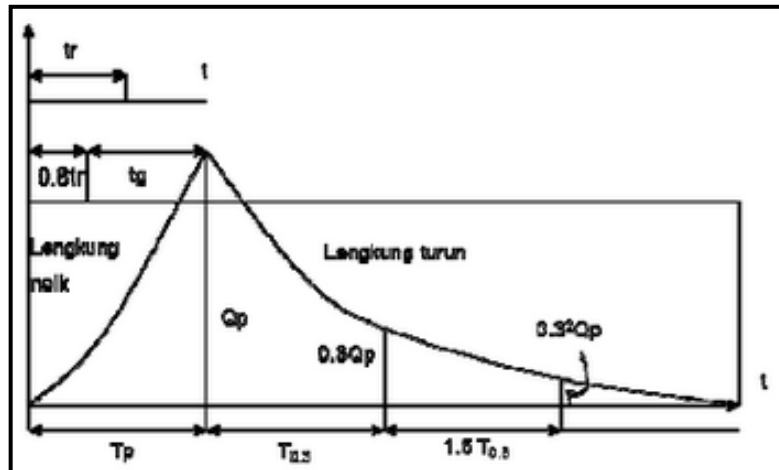
$\alpha$  = koefisien pembanding

Untuk mencari besarnya koefisien pembanding dapat digunakan :

$\alpha = 1,5$  untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat

$\alpha = 2,0$  untuk daerah pengaliran biasa

$\alpha = 3,0$  untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat



Gambar 2.1 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

(Sumber : Triatmojo, 2006)

Rumus perhitungan untuk grafik tersebut adalah sebagai berikut :

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

$$Q = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \cdot Q_p \dots\dots\dots (2.24)$$

Pada kurva turun ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )

$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right) \cdot Q_p \dots\dots\dots (2.25)$$

2. Pada kurva turun ( $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )

$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_p+0,5T_p}{1,5T_{0,3}}\right) \cdot Q_p \dots\dots\dots (2.26)$$



3. Pada kurva turun ( $t > Tp + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )

$$Q = 0,3 \left( \frac{t - Tp + 0,5Tp}{1,5T_{0,3}} \right) \cdot Qp \dots\dots\dots (2.27)$$

Sumber : C.D. Soemarto, 1999

**2.2.1.7 Debit Andalan**

Debit andalan merupakan debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air. Perhitungan ini menggunakan cara analisis *water balance* dari Dr. F.J. Mock berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran.

Prinsip perhitungan ini adalah bahwa hujan yang jatuh di atas tanah (presipitasi) sebagian akan hilang karena penguapan (evaporasi), sebagian akan hilang menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian akan masuk tanah (infiltrasi). Infiltrasi mula-mula menjenuhkan permukaan (*top soil*) yang kemudian menjadi perkolasi dan akhirnya keluar ke sungai sebagai *base flow*.

Perhitungan debit andalan meliputi :

a. Data Curah Hujan

Perhitungan debit andalan menggunakan data curah hujan 20 % tak terpenuhi pada data ke-m dengan :

$$m = (0,20 * n) + 1 \dots\dots\dots (2.28)$$

Dengan :

$n$  = jumlah data

b. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas dihitung dari evapotranspirasi potensial metode Penman.

$$\frac{dE}{E_{to}} = \left( \frac{m}{20} \right) x (18 - n) \dots\dots\dots (2.29)$$

$$dE = \left( \frac{m}{20} \right) x (18 - n) x E_{to} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$E_{tl} = E_{to} - dE \dots\dots\dots (2.31)$$

Dengan :

$dE$  = selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi terbatas.

$E_{to}$  = evapotranspirasi potensial.

- $E_{tl}$  = evapotranspirasi terbatas
- $m$  = prosentase lahan yang tidak tertutup vegetasi.  
= 10 – 40 % untuk lahan yang tererosi  
= 30 – 50 % untuk lahan pertanian yang diolah

c. Keseimbangan air pada permukaan tanah

Rumus mengenai air hujan yang mencapai permukaan tanah, yaitu :

$$S = Rs - E_{tl} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$SMC_{(n)} = SMC_{(n-1)} + IS_{(n)} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$WS = S - IS \dots\dots\dots (2.34)$$

Dengan :

- $S$  = kandungan air tanah
- $Rs$  = curah hujan bulanan
- $E_{tl}$  = evapotranspirasi terbatas
- $IS$  = tampungan awal / Soil Storage (mm)
- $IS_{(n)}$  = tampungan awal / Soil Storage bulan ke-n (mm)
- $SMC$  = kelembaban tanah/ Soil Storage Moisture (mm) diambil antara 50 -250 mm
- $SMC_{(n)}$  = kelembaban tanah bulan ke – n
- $SMC_{(n-1)}$  = kelembaban tanah bulan ke – (n-1)
- $WS$  = water surplus / volume air berlebih

d. Limpasan (*run off*) dan tampungan air tanah (*ground water storage*)

$$V_{(n)} = k \cdot V_{(n-1)} + 0,5(1 - k) \cdot i (n) \dots\dots\dots (2.35)$$

$$dV_n = V_{(n)} - V_{(n-1)} \dots\dots\dots (2.36)$$

Dengan :

- $V_{(n)}$  = volume air tanah bulan ke-n
- $V_{(n-1)}$  = volume air tanah bulan ke-(n-1)
- $k$  = faktor resesi aliran air tanah diambil antara 0-1,0
- $I$  = koefisien infiltrasi diambil antara 0-1,0

Harga  $k$  yang tinggi akan memberikan resesi yang lambat seperti pada kondisi geologi lapisan bawah yang sangat lulus air. Koefisien infiltrasi ditaksir berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang porus mempunyai infiltrasi lebih tinggi dibanding tanah lempung berat. Lahan yang terjal menyebabkan air tidak sempat berinfiltrasi ke dalam tanah sehingga koefisien infiltrasi akan kecil.

e. Aliran Sungai

Aliran dasar = infiltrasi – perubahan volume air dalam tanah  
 $B(n) = I - dV(n) \dots\dots\dots (2.37)$

Aliran permukaan = volume air lebih – infiltrasi  
 $D(ro) = WS - I \dots\dots\dots (2.38)$

Aliran sungai = aliran permukaan + aliran dasar  
 $Run\ off = D(ro) + B(n) \dots\dots\dots (2.39)$

Debit =  $\frac{aliran\ sungai \times luas\ DAS}{satu\ bulan\ (dtk)} \dots\dots\dots (2.40)$

**2.2.2 Analisa Kapasitas Embung**

Lengkung kapasitas embung merupakan grafik yang menghubungkan luas daerah genangan dengan volume tampungan terhadap elevasinya. Berhubung fungsi utama embung adalah untuk menyediakan tampungan, maka ciri fisik utama yang terpenting adalah kapasitas tampungan.

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) :

$$V_n = \frac{1}{3} \times \Delta h \times (F_{n-1} + F_n + \sqrt{F_n \times F_{n-1}}) \dots\dots\dots (2.41)$$

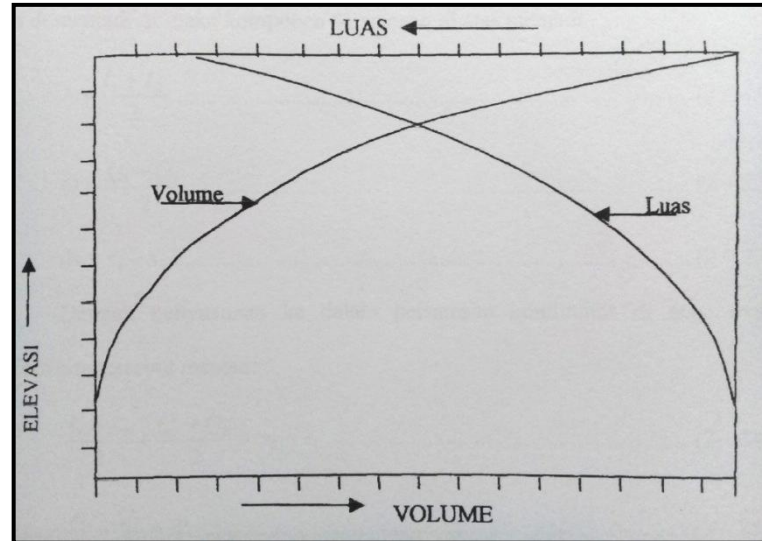
Dengan :

$V_n$  = Volume genangan pada elevasi ke -n (m<sup>3</sup>)

$\Delta h$  = Beda tinggi antara dua kontur / elevasi (m)

$F_{n-1}$  = Luas genangan sebelum elevasi ke-n (m<sup>2</sup>)

$F_n$  = Luas genangan pada elevasi ke-n (m<sup>2</sup>)



**Gambar 2.2 Hubungan antara Elevasi, Luas dan Volume**

(Sumber : [www.google.com](http://www.google.com))

### 2.2.3 Perencanaan Tubuh Embung

#### 2.2.3.5 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 :

##### A. 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. Tubuh bendungan secara keseluruhannya berfungsi ganda, yaitu sebagai bangunan penyangga dan sekaligus sebagai penahan rembesan air.

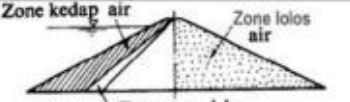

##### B. Bendungan Urugan Zonal

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. Pada

bendungan ini sebagai penyangga terutama dibebankan pada timbunan yang lulus air (zona lulus air), sedang penahan rembesan dibebankan pada timbunan yang kedap air (zona kedap air).

Berdasarkan letak dan kedudukan dari zone kedap airnya, maka tipe bendungan urugan zonal ini masih dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Bendungan urugan zonal dengan tirai kedap air atau embung tirai (*front core fill type dam*), ialah bendungan zonal dengan zona kedap air yang membentuk lereng udik embung tersebut.
2. Bendungan urugan zonal dengan inti kedap air miring atau bendungan inti miring (*inclined-core fill type dam*), bendungan zonal yang zona kedap airnya terletak di dalam tubuh bendungan dan berkedudukan miring ke arah hilir.
3. Bendungan urugan zonal dengan inti kedap air tegak atau bendungan inti tegak (*central-core fill type dam*), ialah bendungan zonal yang zona kedap airnya terletak di dalam tubuh bendungan dengan kedudukan vertikal. Biasanya inti tersebut terletak di bidang tengah dari tubuh bendungan.

Tipe		Skema umum	Keterangan
Bendungan urugan homogen			Apabila 80% dari seluruh bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang bergradasi sama dan bersifat kedap air.
Bendungan urugan Zonal	Tirai		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lolos air, tetapi dilengkapi dengan tirai kedap air di udiknya.
	Inti miring		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lolos air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan miring ke hilir.
	Inti vertikal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lolos air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan vertikal.

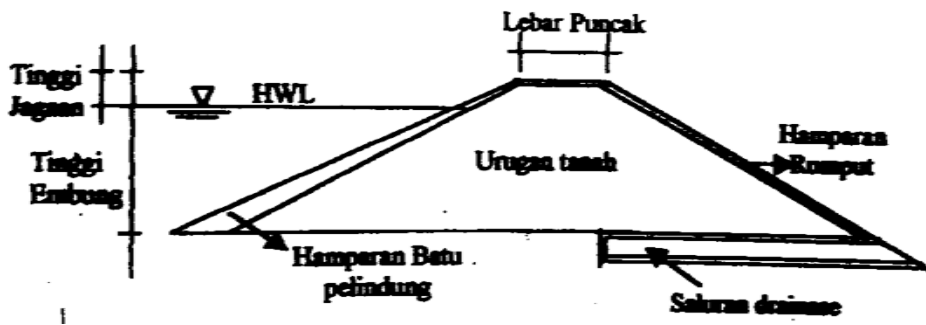
**Gambar 2.3 Perbedaan Bendungan Urugan Homogen dan Zonal**

(Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989)

### 2.2.3.6 Perencanaan Teknis Tubuh Embung

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

- A. Tinggi jagaan tubuh embung,
- B. Tinggi tubuh embung,
- C. Kemiringan lereng embung,
- D. Lebar puncak embung.



Gambar 2.4 Prototipe Bendungan Urugan Tanah

(Sumber : [www.google.com](http://www.google.com))

#### A. Tinggi Jagaan Tubuh Embung

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal antara muka air banjir dan puncak tubuh embung. Tinggi jagaan pada embung dimaksudkan untuk memberikan keamanan tubuh embung terhadap perluapan karena banjir dan menjaga limpasan air dari kemungkinan terjadinya gelombang air atau naiknya permukaan air yang timbul akibat angin dan gempa. Tinggi jagaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

- 1. Alternatif I

$$H_{f1} \geq \Delta h + (h_w \text{ atau } \frac{h_e}{2}) + h_a + h_i \dots\dots\dots (2.42)$$

- 2. Alternatif II

$$H_{f2} \geq h_w + \frac{h_e}{2} + h_a + h_i \dots\dots\dots (2.43)$$

dengan :

$H_f$  = tinggi jagaan

$\Delta h$  = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk yang terjadi akibat timbulnya banjir abnormal

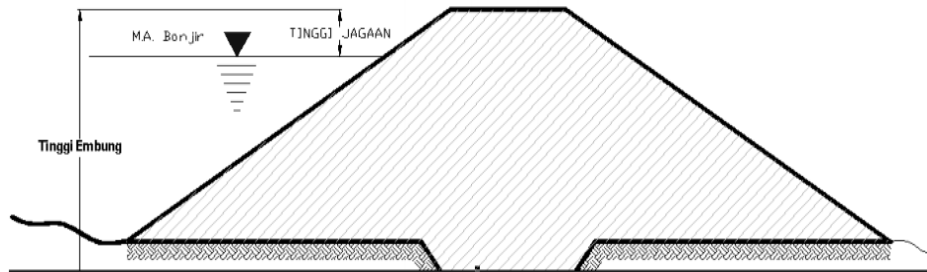
$h_w$  = tinggi ombak akibat tiupan angin

$h_e$  = tinggi ombak akibat gempa

$h_a$  = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk, apabila terjadi kemacetan-kemacetan pada pintu bangunan pelimpah.

$h_i$  = tinggi tambahan yang didasarkan pada tingkat urgensi dari waduk

Dari persamaan-persamaan diatas dapat dipilih besarnya tinggi jagaan yang sesuai dengan embung.



**Gambar 2.5 Penentuan Tinggi Jagaan (*free board*)**

(Sumber : [www.google.com](http://www.google.com))

Untuk mendapatkan tinggi jagaan sesuai dengan rumus diatas, maka perlu dicari nilai-nilai berikut ini :

- a. Tinggi kenaikan permukaan air yang disebabkan oleh banjir abnormal ( $\Delta h$ ) dihitung berdasarkan persamaan berikut ini :

$$\Delta h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha Q_0}{Q} \cdot \frac{h}{1 + \frac{A \times h}{Q \times T}} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dengan :

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

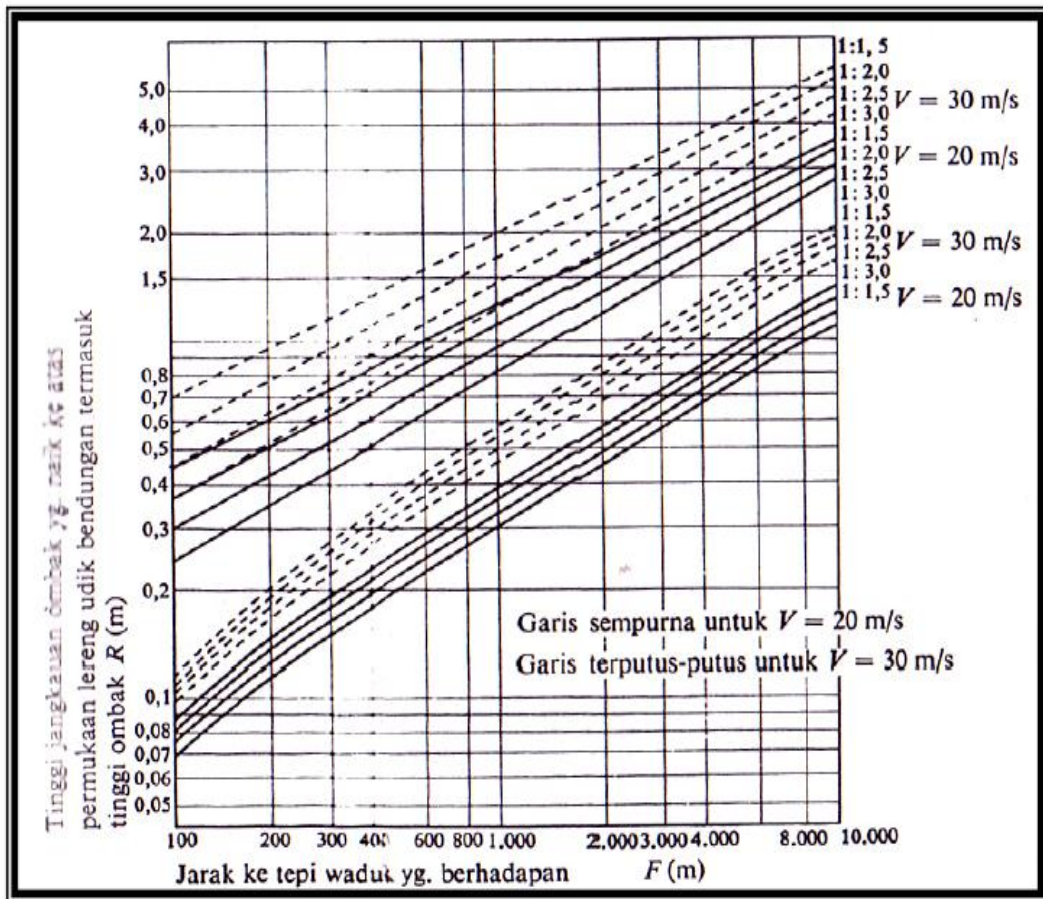
$Q$  = kapasitas rencana ( $m^3/det$ )

$\alpha = 0,2$  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)

b. 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.



**Gambar 2.6 Grafik Perhitungan Metode SMB**

(Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989)



- c. Tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa ( $h_e$ ), perhitungannya menggunakan tabel-tabel berikut ini :

**Tabel 2.8 Faktor Koreksi**

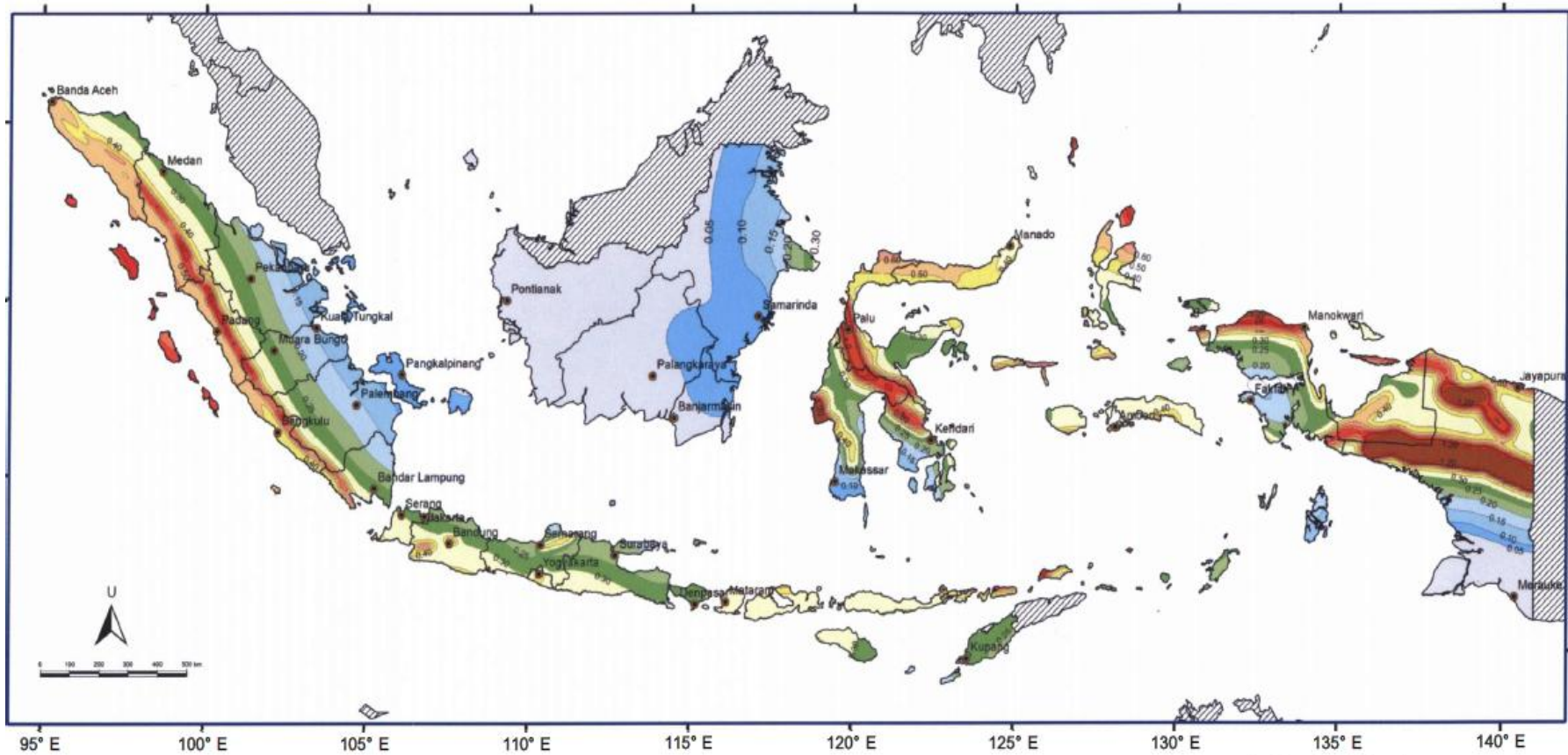
Tipe Batuan	Faktor (V)
Rock Foundation	0,9
Divilium (Rock Fill Dam)	1,0
Aluvium	1,1
Soft Aluvium	1,2

Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989

**Tabel 2.9 Percepatan Dasar Gempa**

Periode Ulang (tahun)	Percepatan Dasar Gempa ( $A_c$ ) ( $\text{cm}/\text{dt}^2$ )
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

Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989



**Gambar 2.7 Peta Zonasi Gempa Indonesia Dengan Nilai Koefisien Gempa**

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum)

d. 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)

e. 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)

## **B. 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).

$$H = H_{mercu\ spillway} + H_{banjir} + H_{jagaan} \dots\dots\dots (2.45)$$

## **C. 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 2.10 Kemiringan Lereng yang Diajurkan**

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

Sumber: Suyono Sosrodarsono, 1989

### C. Lebar Mercu Embung

Lebar mercu dari embung tipe urugan ditentukan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut ini :

- Bahan timbunan asli (alam) dan jarak minimum garis rembesan melalui timbunan pada elevasi muka air normal.
- Pengaruh tekanan gelombang di bagian permukaan lereng hulu.
- Tinggi dan tingkat kepentingan dari konstruksi bendungan.
- Kemungkinan puncak bendungan untuk jalan penghubung.
- Pertimbangan praktis dalam pelaksanaan konstruksi.

Rumus yang digunakan untuk menentukan lebar puncak pada bendungan urugan persamaan berikut ini (Suyono Sosrodarsono, 1989):

$$b = 3,6H^{1/3} - 3,0 \dots\dots\dots (2.46)$$

Dengan :

$b$  = lebar puncak (meter)

$H$  = tinggi bendungan (meter)

Untuk bendungan-bendungan kecil (Embung), yang di atasnya akan dimanfaatkan untuk jalan raya, lebar minimumnya adalah 4 meter, sementara untuk jalan biasa cukup 2,5 meter. Lebar bendungan kecil dapat digunakan pedoman dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.11 Lebar Puncak Bendungan Kecil (Embung) yang Dianjurkan**

Tinggi Embung (m)	Lebar Puncak (m)
2,0 – 4,5	2,50
4,5 – 6,0	2,75
6,0 – 7,5	3,00
7,5 – 9,0	4,00

Sumber: Suyono Sosrodarsono, 1989

### 2.2.3.7 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 :

$$Q = \frac{N_f}{N_e} \times k \times H \dots \dots \dots (2.47)$$

dengan :

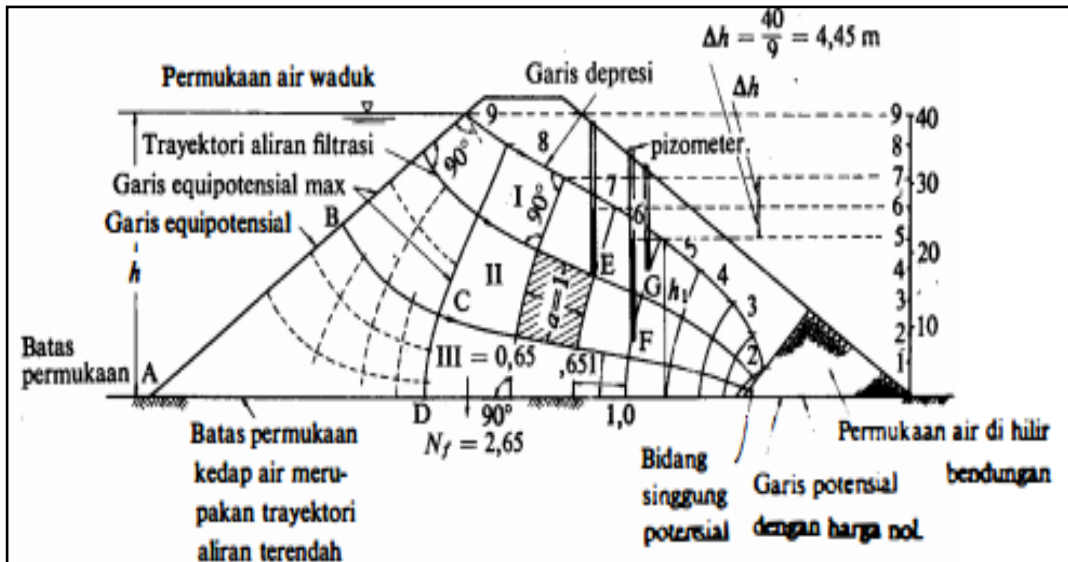
$Q$  = debit rembesan persatuan lebar

$k$  = koefisien permeabilitas

$H$  = kedalaman air

$N_f$  = jumlah garis aliran

$N_d$  = jumlah penurunan dari garis ekipotensial

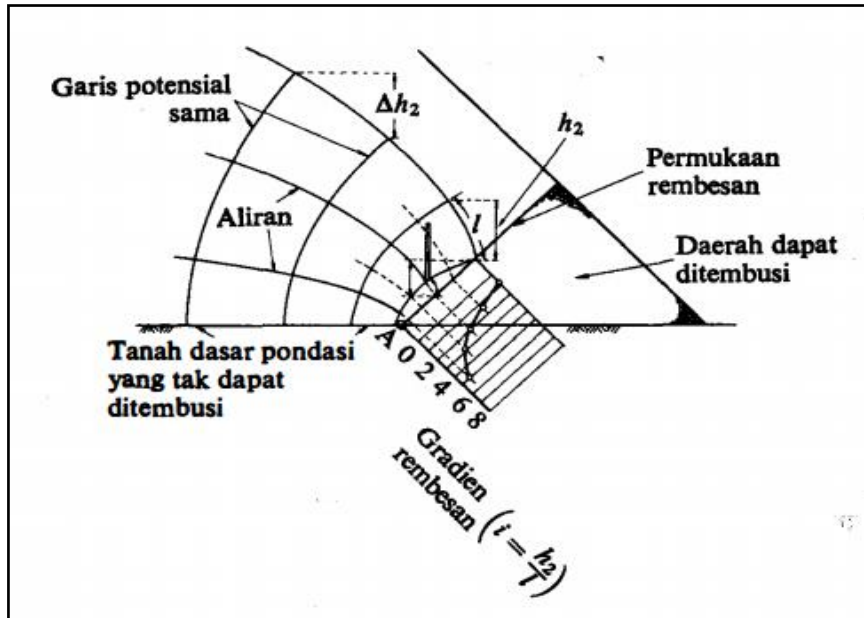


**Gambar 2.8 Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Dalam Tubuh Bendungan  
(dengan jumlah potensial = 9)**

(Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989)

Untuk menggambar jaringan trayektori aliran filtrasi melalui sebuah bendungan supaya diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

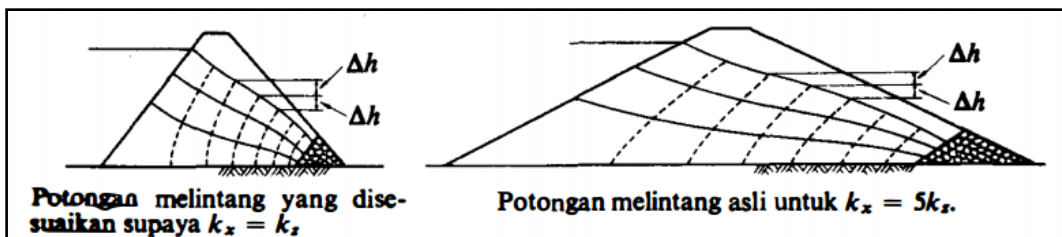
- a. Trayektori aliran filtrasi dengan garis equi-potensial berpotongan secara tegak lurus, sehingga akan membentuk bidang-bidang yang mendekati bentuk-bentuk bujur sangkar atau persegi panjang.
- b. Jadi apabila diperhatikan bentuk bidang ABCD (gambar 2.5) hanya mendekati bentuk bujur sangkar, akan tetapi apabila dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil, maka bentuk bujur sangkarnya akan semakin nyata.
- c. Biasanya bidang-bidang yang terbentuk oleh pertolongan trayektori aliran filtrasi dengan garis-garis equi-potensial tersebut di atas lebih mendekati bentuk-bentuk persegi panjang dan pada semua persegi panjang yang terjadi, perbandingan antara sisi pendek dan sisi panjangnya mendekati harga yang sama.
- d. Pada bidang di bawah tekanan atmosfer, dengan aliran filtrasi tersembul keluar, bukan merupakan trayektori aliran filtrasi dan bukan pula merupakan garis equi-potensial, karenanya tidak akan terbentuk bidang-bidang berbentuk persegi panjang dan trayektori aliran filtrasi dengan permukaan tersebut tidak akan berpotongan secara vertikal.
- e. Garis depresi yang berpotongan dengan bidang di bawah tekanan atmosfer (titik tertinggi tersembulnya aliran filtrasi), tertera pada gambar 2.6
- f. Titik perpotongan antara garis-garis equi-potensial dengan garis depresi adalah dengan interval (llh) yang diperoleh dengan membagi tinggi tekanan air (perbedaan antara elevasi permukaan air dalam waduk dan permukaan air di bagian hilir bendungan) dengan suatu bilangan integer (bilangan bulat).



**Gambar 2.9 Gradien rembesan**

(Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989)

Jaringan trayektori aliran filtrasi digambar sebagai bidang-bidang persegi panjang yang sisi horizontalnya diperpendek sebesar  $\sqrt{k_v/k_h}$  kali.



**Gambar 2.10 Sebuah Contoh Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Dalam Tubuh Bendungan (dimana  $k_x = 5k_z$ )**

(Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989)

### 2.2.3.8 Stabilitas Lereng Tubuh Embung

Stabilitas lereng embung urugan dapat dihitung menggunakan metode irisan bidang luncur bundar yang didasarkan pada bidang longsor bentuk lingkaran. Faktor keamanan dari kemungkinan terjadinya longsor dapat



diperoleh dengan menggunakan rumus keseimbangan sebagai berikut (Soedibyo, 1993) :

$$F_s = \frac{\sum\{C.l+(N-U-Ne)\tan \emptyset\}}{\sum(T+Te)}$$

$$= \frac{\sum C.l+\sum\{\gamma.A(\cos \alpha-e.\sin \alpha)-V\}\tan \emptyset}{\sum \gamma.A(\sin \alpha+e.\cos \alpha)} \dots\dots\dots(2.48)$$

Dengan :

$F_s$  = faktor keamanan

$N$  = beban komponen vertikal yang timbul dari berat setiap irisan bidang luncur  
(=  $\gamma . A . \cos \alpha$ )

$T$  = beban komponen tangensial yang timbul dari berat setiap irisan bidang luncur (=  $\gamma . A . \sin \alpha$ )

$U$  = tekanan air pori yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur

$Ne$  = komponen vertikal beban seismic yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur (=  $e . \gamma . A . \sin \alpha$ )

$Te$  = komponen tangensial beban seismic yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur (=  $e . \gamma . A . \cos \alpha$ )

$\emptyset$  = sudut gesekan dalam bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur.

$C$  = Angka kohesi bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur

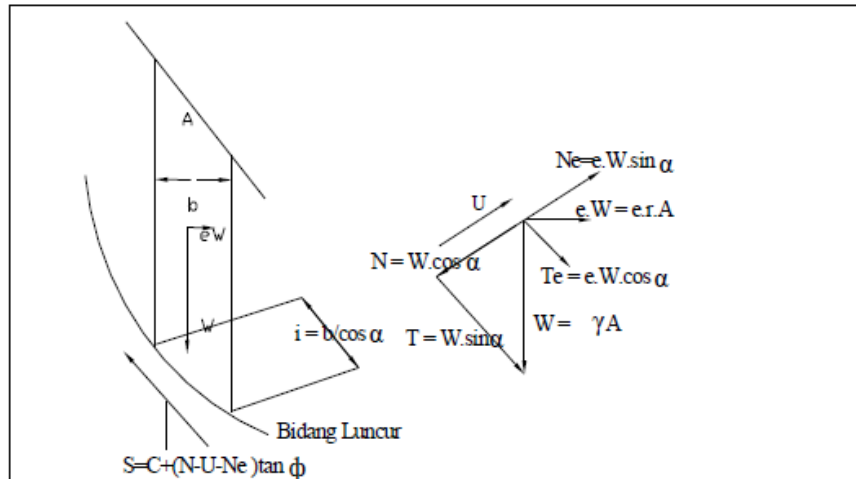
$e$  = intensitas seismis horizontal

$\gamma$  = berat isi dari setiap bahan pembentuk irisan bidang luncur

$A$  = luas dari setiap bahan pembentuk irisan bidang luncur

$\alpha$  = sudut kemiringan rata-rata dasar setiap irisan bidang luncur

$V$  = tekanan air pori



**Gambar 2.11 Cara menentukan harga-harga N dan T**

(Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1989)

Prosedur perhitungan metode irisan bidang luncur bundar (Soedibyo, 1993):

1. Andaikan bidang luncur bundar dibagi menjadi beberapa irisan vertikal dan walaupun bukan merupakan persyaratan yang mutlak, biasanya setiap irisan lebarnya dibuat sama. Disarankan agar irisan bidang luncur tersebut dapat melintasi perbatasan dari dua buah zone penimbunan atau supaya memotong garis depresi aliran filtrasi.
2. Gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan adalah sebagai berikut :
  - a. Berat irisan ( $W$ ), dihitung berdasarkan hasil perkalian antara luas irisan ( $A$ ) dengan berat isi bahan pembentuk irisan ( $\gamma$ ), jadi  $W = A \cdot \gamma$ .
  - b. Beban berat komponen vertikal yang pada dasar irisan ( $N$ ) dapat diperoleh dari hasil perkalian antara berat irisan ( $W$ ) dengan cosinus sudut rata-rata tumpuan ( $\alpha$ ) pada dasar irisan yang bersangkutan jadi  $N = W \cdot \cos \alpha$
  - c. Beban dari tekanan hidrostatis yang bekerja pada dasar irisan ( $U$ ) dapat diperoleh dari hasil perkalian antara panjang dasar irisan ( $b$ ) dengan tekanan air rata-rata ( $U/\cos \alpha$ ) pada dasar irisan tersebut, jadi  $U = \frac{U \cdot b}{\cos \alpha}$
  - d. Berat beban komponen tangensial ( $T$ ) diperoleh dari hasil perkalian antara berat irisan ( $W$ ) dengan sinus sudut rata-rata tumpuan dasar irisan tersebut jadi  $T = W \sin \alpha$

e. Kekuatan tahanan kohesi terhadap gejala peluncuran (C) diperoleh dari hasil perkalian antara angka kohesi bahan ( $c'$ ) dengan panjang dasar irisan

(b) dibagi lagi dengan  $\cos \alpha$ , jadi  $C = \frac{c'.b}{\cos \alpha}$

3. Kekuatan tahanan geseran terhadap gejala peluncuran irisan adalah kekuatan tahanan geser yang terjadi pada saat irisan akan meluncur meninggalkan tumpuannya.
4. Kemudian jumlahkan semua kekuatan-kekuatan yang menahan (T) dan gaya-gaya yang mendorong (S) dari setiap irisan bidang luncur, dengan T dan S dari masing-masing irisan dinyatakan sebagai  $T = W \sin \alpha$  dan  $S = C + (N - U) \tan \phi$
5. Faktor keamanan dari bidang luncur tersebut adalah perbandingan antara jumlah gaya pendorong dan jumlah gaya penahan yang dirumuskan :

$$F_s = \frac{\sum S}{\sum T} \dots\dots\dots (2.49)$$

Dengan :

$F_s$  = faktor aman

$\sum S$  = jumlah gaya pendorong

$\sum T$  = jumlah gaya penahan

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 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 :

###### **a. Peta Topografi DAS**

Peta topografi DAS adalah peta yang berisi kontur pada satu wilayah kawasan perencanaan embung yang digunakan untuk menghitung luas DAS dan panjang sungai.

###### **b. Peta Topografi Sungai**

Peta topografi sungai adalah topografi pada titik detail perencanaan embung yang disertai konturnya, digunakan dalam analisa kapasitas embung.

##### **2. Data Curah Hujan**

Data curah hujan digunakan untuk perhitungan debit banjir rancangan dengan rentang waktu 15 tahun, dari tahun 2001 sampai tahun 2015. Data curah hujan pada perencanaan embung ini didapatkan dari Dinas Pengairan Kab. Nganjuk.

##### **3. Data Klimatologi**

Data Klimatologi digunakan untuk menghitung evapotranspirasi metode Penman. Data klimatologi dalam perencanaan ini didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kab. Nganjuk. Data ini meliputi :

- a. Data temperatur bulanan rata-rata (°C)
- b. Kecepatan angin rata-rata (m/det)
- c. Kelembapan udara relatif rata-rata (%)

d. Lama penyinaran matahari rata-rata (%)

#### 4. Data Tanah

Data yang dihasilkan dari penyelidikan tanah di sekitar wilayah embung. 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.

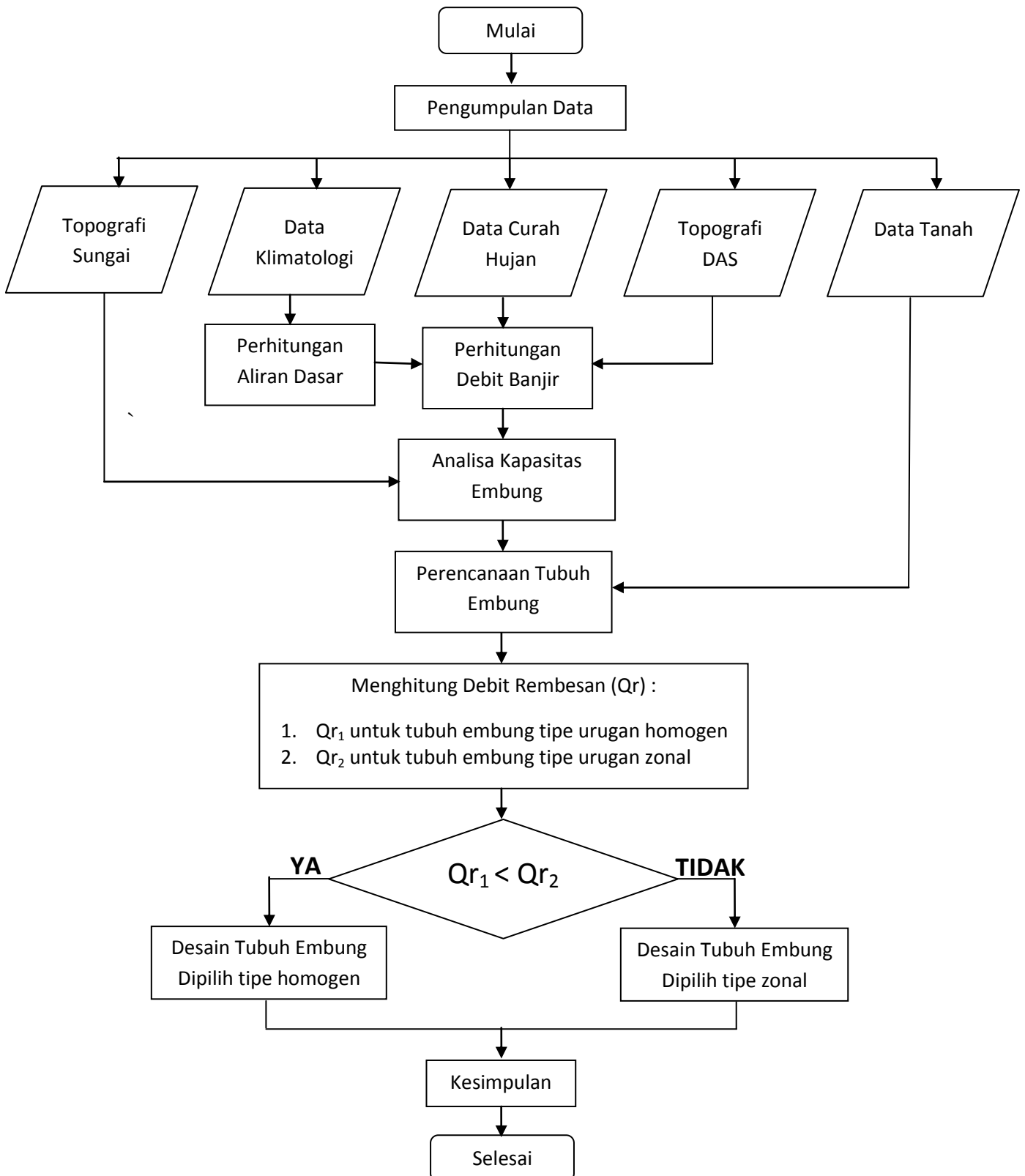
### 3.2 Rencana Analisa Data

Adapun rencana analisa data dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa Debit Banjir Rencana. Langkah-langkahnya meliputi :
  - ✓ 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. Perencanakan Tubuh Embung. Langkah-langkahnya meliputi :
  - ✓ Merencanakan Dimensi Tubuh Embung
  - ✓ Analisa Stabilitas Lereng Tubuh Embung
  - ✓ Menghitung Debit Rembesan 2 Tipe Tubuh Embung (Tipe Tubuh Embung Urugan Homogen dan Zonal)
4. Memilih Tipe Tubuh Embung yang Debit Rembesannya Kecil

### 3.3 Rencana Operasional

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



**BAB IV**  
**ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

**4.7 Analisa Debit Banjir Rencana**

**4.1.8 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata**

Perhitungan curah hujan rata-rata digunakan untuk mengetahui besarnya hujan harian maksimum yang terjadi pada suatu daerah. Dalam penelitian ini, perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode Rerata Aljabar. Ada empat stasiun yang berpengaruh pada DAS di rencana pembangunan embung yaitu Stasiun Tempuran, Stasiun Matokan, Stasiun Bangle dan Stasiun Gondang. Tinggi curah hujan harian maksimum selama 15 tahun dari 4 stasiun tersebut dicantumkan dalam tabel 4.1 dibawah ini.

**Tabel 4.1 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>

Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk

Perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode rerata aljabar, pada tahun 2001 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1}{n} \times (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \\
 &= \frac{1}{4} \times (86 + 80 + 80 + 73) \\
 &= 79,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan curah hujan rata-rata selengkapnya, ada pada tabel 4.2 berikut ini :

**Tabel 4.2 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>

Sumber : Hasil Perhitungan



#### 4.1.9 Curah Hujan Rancangan

Dalam penelitian ini, untuk curah hujan rancangan akan dihitung dengan 2 metode yaitu metode Log Pearson Tipe III dan metode Gumbel, yang kemudian akan diuji kesesuaian distribusi untuk menentukan curah hujan rancangan dengan metode apa yang akan digunakan.

#### 4.1.2.3 Metode Log Person Tipe III

Hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode log pearson III adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.3 Perhitungan Distribusi Metode Log Pearson III**

No.	Tahun	R (mm)	Xi (mm)	Log Xi	(Log Xi-LogX) <sup>2</sup>	(Log Xi-LogX) <sup>3</sup>
1	2001	79.75	79.75	1.90	0.006352	-0.000506
2	2002	130.00	80.50	1.91	0.005721	-0.000433
3	2003	89.00	85.75	1.93	0.002323	-0.000112
4	2004	87.00	86.00	1.93	0.002203	-0.000103
5	2005	117.25	87.00	1.94	0.001757	-0.000074
6	2006	96.50	89.00	1.95	0.001027	-0.000033
7	2007	93.50	90.50	1.96	0.000614	-0.000015
8	2008	106.50	93.50	1.97	0.000113	-0.000001
9	2009	99.50	95.75	1.98	0.000000	0.000000
10	2010	95.75	96.50	1.98	0.000010	0.000000
11	2011	90.50	99.50	2.00	0.000269	0.000004
12	2012	86.00	106.50	2.03	0.002108	0.000097
13	2013	85.75	113.75	2.06	0.005553	0.000414
14	2014	80.50	117.25	2.07	0.007688	0.000674
15	2015	113.75	130.00	2.11	0.017559	0.002327
<b>Jumlah</b>			<b>1451.25</b>	<b>29.72</b>	0.053296	0.002239
<b>Rata – rata</b>			<b>96.75</b>	<b>1.98</b>		

Sumber : Hasil Perhitungan

Penjabaran dari tabel diatas adalah sebagai berikut :

1. Hujan rata-rata :

$$\bar{Xi} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{1451,25}{15} = 96,75 \text{ mm}$$

2. Standard deviasi :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \log \bar{X})(\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} = 0,06$$

3. Koefisien kemencengan / kemiringan

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(sd)^3} = 0,79$$

Perhitungan Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III adalah sebagai berikut :

a. Hujan Rancangan 2 tahunan ( $Q_2$ )

Faktor Frekuensi (Nilai G) dari distribusi Log Pearson tipe III dapat dilihat pada tabel 2.4 Faktor Frekuensi Distribusi Log Pearson III. Untuk koefisien kemencengan (CS) = 0,79, karena tidak ada dalam tabel maka dicari dengan cara interpolasi nilai CS yang sebelumnya (CS = 0,70 didapatkan nilai  $G_{2th} = (-0,116)$ ) dengan nilai CS yang sesudahnya (CS= 0,80 didapatkan nilai  $G_{2th} = (-0,132)$ ), perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} G &= (-0,116) + \left( \frac{0,70-0,79}{0,70-0,80} \right) x (-0,132 - (-0,116)) \\ &= -0,1304 \end{aligned}$$

$$\log x_t = \log X_i + G \cdot sd$$

$$\log x_t = 1,98 + (-0,1304 \times 0,06)$$

$$= 1,974 \text{ ( anti log )}$$

$$R_{2th} = 94,12 \text{ mm}$$

Curah Hujan Rancangan dengan kala ulang selanjutnya, yaitu kala ulang 5th, 10th, 25th, 50th dan 100th dilampirkan dalam tabel 4.4 berikut ini :

**Tabel 4.4 Hasil Perhitungan 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

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.2.4 Metode Gumbel

Hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode gumbel adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.5 Metode Distribusi Gumbel**

No.	Tahun	R (mm)	Xi (mm)	P (%)	(Xi-X)	(Xi-X) <sup>2</sup>	(Xi-X) <sup>3</sup>
1	2001	79.75	79.75	6.25	-17.000	289.000	4913.000
2	2002	130.00	80.50	12.50	-16.250	264.063	4291.016
3	2003	89.00	85.75	18.75	-11.000	121.000	1331.000
4	2004	87.00	86.00	25.00	-10.750	115.563	1242.297
5	2005	117.25	87.00	31.25	-9.750	95.063	926.859
6	2006	96.50	89.00	37.50	-7.750	60.063	465.484
7	2007	93.50	90.50	43.75	-6.250	39.063	244.141
8	2008	106.50	93.50	50.00	-3.250	10.563	34.328
9	2009	99.50	95.75	56.25	-1.000	1.000	1.000
10	2010	95.75	96.50	62.50	-0.250	0.063	0.016
11	2011	90.50	99.50	68.75	2.750	7.563	20.797
12	2012	86.00	106.50	75.00	9.750	95.063	926.859
13	2013	85.75	113.75	81.25	17.000	289.000	4913.000
14	2014	80.50	117.25	87.50	20.500	420.250	8615.125
15	2015	113.75	130.00	93.75	33.250	1105.563	36759.953
<b>Jumlah</b>			<b>1451.25</b>				
<b>Rerata</b>			<b>96.75</b>				

Sumber : Hasil Perhitungan

Penjabaran dari perhitungan diatas adalah sebagai berikut :

- 1 Hujan rata – rata :

$$\bar{X}_i = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1451,25}{15} = 96,75 \text{ mm}$$

- 2 Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 14,42$$

**A. Menghitung hujan rancangan untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.**

Dalam perhitungan hujan rancangan dengan sampel (n)=15, maka didapatkan :

Untuk n = 15       $Y_n = 0,5128$

$$S_n = 1,0206$$

$$\frac{1}{a} = \frac{S}{S_n}$$

$$\frac{1}{a} = \frac{16,270}{1,0206}$$

$$= 15,942$$

$$B = \left[ x \times \left( \frac{1}{a} \times Y_n \right) \right]$$

$$= [114,058 \times (15,924 \times 0,5128)]$$

$$= 932,431$$

Untuk perhitungan *Reduced Variate* sebagai Fungsi Balik (Yt) pada setiap kala ulang adalah sebagai berikut :

1. Untuk kala ulang 2 tahun :

$$Y_{t_2} = -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \right]$$

$$\begin{aligned}
&= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{2-1}{2} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \{0,50\} \right] \\
&= 0,366
\end{aligned}$$

2. Untuk kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned}
Yt_5 &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{Tr-1}{Tr} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{5-1}{5} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \{0,80\} \right] \\
&= 1,499
\end{aligned}$$

3. Untuk kala ulang 10 tahun

$$\begin{aligned}
Yt_{10} &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{Tr-1}{Tr} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{10-1}{10} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \{0,90\} \right] \\
&= 2,250
\end{aligned}$$

4. Untuk kala ulang 25 tahun

$$\begin{aligned}
Yt_{25} &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{Tr-1}{Tr} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{25-1}{25} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \{0,96\} \right] \\
&= 3,199
\end{aligned}$$

5. Untuk kala ulang 50 tahun

$$\begin{aligned}
Yt_{50} &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{Tr-1}{Tr} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{50-1}{50} \right\} \right] \\
&= -\ln \left[ -\ln \{0,98\} \right] \\
&= 3,902
\end{aligned}$$

6. Untuk kala ulang 100 tahun

$$\begin{aligned} Yt_{100} &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{Tr - 1}{Tr} \right\} \right] \\ &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{100 - 1}{100} \right\} \right] \\ &= -\ln \left[ -\ln \{0,99\} \right] \\ &= 4,600 \end{aligned}$$

7. Perhitungan Frekuensi K untuk harga-harga ekstrim Metode E. J. Gumbel untuk masing-masing kala ulang adalah sebagai berikut :

a. Untuk kala ulang 2 tahun :

$$\begin{aligned} K_2 &= \frac{0,366 - 0,5128}{1,0206} \\ &= (-0,144) \end{aligned}$$

b. Untuk kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned} K_5 &= \frac{1,499 - 0,5128}{1,0206} \\ &= 0,966 \end{aligned}$$

c. Untuk kala ulang 10 tahun :

$$\begin{aligned} K_{10} &= \frac{2,250 - 0,5128}{1,0206} \\ &= 1,702 \end{aligned}$$

d. Untuk kala ulang 25 tahun :

$$\begin{aligned} K_{25} &= \frac{3,199 - 0,5128}{1,0206} \\ &= 2,623 \end{aligned}$$

e. Untuk kala ulang 50 tahun :

$$\begin{aligned} K_{50} &= \frac{3,902 - 0,5128}{1,0206} \\ &= 3,321 \end{aligned}$$

f. Untuk kala ulang 100 tahun :

$$\begin{aligned} K_{100} &= \frac{4,600 - 0,5128}{1,0206} \\ &= 4,4005 \end{aligned}$$

8. Perhitungan Curah Hujan Rancangan ( $R_t$ ) Metode E. J. Gumbel untuk masing-masing kala ulang adalah sebagai berikut :

$$R_{t_2} = 96,750 + (-0,144 \times 14,424) \\ = 94,682 \text{ mm}$$

$$R_{t_5} = 96,750 + (0,966 \times 14,424) \\ = 110,701 \text{ mm}$$

$$R_{t_{10}} = 96,750 + (1,702 \times 14,424) \\ = 121,307 \text{ mm}$$

$$R_{t_{25}} = 96,750 + (2,632 \times 14,424) \\ = 134,708 \text{ mm}$$

$$R_{t_{50}} = 96,750 + (3,321 \times 14,424) \\ = 144,649 \text{ mm}$$

$$R_{t_{100}} = 96,750 + (4,005 \times 14,424) \\ = 154,517 \text{ mm}$$

**Tabel 4.6 Hasil Perhitungan 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

Sumber : Hasil Perhitungan

### 3 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi digunakan untuk menentukan curah hujan rancangan dengan metode log pearson tipe III atau gumbel yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

#### 4.1.3.3 Uji Chi Square

##### A. Uji Chi Kuadrat Pada Log Pearson III

Uji kesesuaian distribusi memakai Chi Kuadrat dengan  $\alpha = 5\%$

- a. Pembagian Kelas Data

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kelas} &= 1 + (3,322 \times \log n) \\ &= 1 + (3,322 \times \log 15) \\ &= 4,907 \approx 5 \end{aligned}$$

- b. Menghitung interval kelas

$$\begin{aligned} I &= \frac{130,00 - 79,75}{5} \\ &= 10,05 \end{aligned}$$

- c. Menghitung jumlah nilai teoritis dengan membagi banyaknya data dengan jumlah kelas yang ada.

$$\begin{aligned} EI &= \frac{15}{5} \\ &= 3,00 \end{aligned}$$

Sehingga dapat ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 4.7 Pengujian Chi Kuadrat pada Log Pearson III**

Kelas	Interval	O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	Xh <sup>2</sup>
1	79,75 - 89,80	6	3	3,00
2	89,80 - 99,85	5	3	1,33
3	99,85 - 109,90	1	3	1,33
4	109,90 - 119,95	2	3	0,33
5	119,95 - 130,00	1	3	1,33
		Jumlah	15	7,33

Sumber : Hasil Perhitungan



Maka :

$$X^2 = \frac{\sum(QJ - EJ)^2}{EJ} = 7,33$$

Banyak data ( $n$ ) = 15

Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5%

$$\begin{aligned}\delta &= K - m - 1 \\ &= 5 - 2 - 1 \\ &= 2\end{aligned}$$

Untuk  $\delta = 2$  dan  $\alpha = 5\%$  maka harga  $X^2$  standart = 5,991

Sehingga ;

$$X^2_{hitung} > X^2_{standart}$$

$$7,33 > 5,991$$

Dapat ditarik kesimpulan bahwa hipotesa..... **Memenuhi**

## B. Uji Chi Kuadrat Pada Gumbel

Uji kesesuaian distribusi memakai Chi Kuadrat dengan  $\alpha = 5\%$

a. Pembagian Kelas Data

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kelas} &= 1 + (3,322 \times \log n) \\ &= 1 + (3,322 \times \log 15) \\ &= 4,907 \approx 5\end{aligned}$$

b. Menghitung interval kelas

$$\begin{aligned}I &= \frac{130,00 - 79,75}{5} \\ &= 10,05\end{aligned}$$

c. Menghitung jumlah nilai teoritis dengan membagi banyaknya data dengan jumlah kelas yang ada.

$$\begin{aligned}EI &= \frac{15}{5} \\ &= 3,00\end{aligned}$$

Sehingga dapat ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 4.8 Pengujian Chi Kuadrat pada Gumbel**

Kelas	Interval	O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	X <sub>h</sub> <sup>2</sup>
1	79,75 - 89,80	6	3	3,00
2	89,80 - 99,85	5	3	1,33
3	99,85 - 109,90	1	3	1,33
4	109,90 - 119,95	2	3	0,33
5	119,95 - 130,00	1	3	1,33
		Jumlah	15	7,33

Sumber : Hasil Perhitungan

Maka :

$$X^2 = \frac{\sum(QJ - EJ)^2}{EJ} = 7,33$$

Banyak data ( $n$ ) = 15

Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5%

$$\begin{aligned}\delta &= K - m - 1 \\ &= 5 - 2 - 1 \\ &= 2\end{aligned}$$

Untuk  $\delta = 2$  dan  $\alpha = 5\%$  maka harga  $X^2$  standart = 5,991

Sehingga ;

$$X^2_{hitung} > X^2_{standart}$$

$$7,33 > 5,991$$

Dapat ditarik kesimpulan bahwa hipotesa..... **Memenuhi**

#### 4.1.3.4 Uji Smirnov-Kolmogorof

##### A. Uji Smirnov-Kolmogorof Pada Log Pearson III

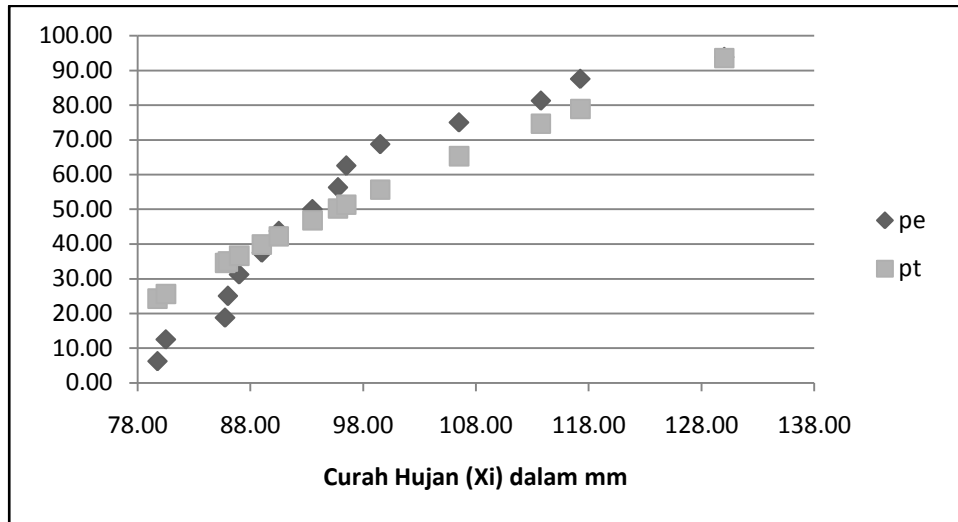
Harga kritis Smirnov-Kolmogorof dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 0,05 adalah 0,338 (nilai ada pada tabel 2.6). Hasil uji Smirnov- Kolmogorof pada log pearson III dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini:

**Tabel 4.9 Hasil Pengujian Smirnov-Kolmogorof pada Log Pearson III**

R	Xi	Log Xi	M	Pe	G	Pr	Pt	D
(mm)	(mm)			(%)		(%)	(%)	(%)
79.75	79.75	1.90	1	6.25	-1.34	75.73	24.27	18.02
130.00	80.50	1.91	2	12.50	-1.27	74.40	25.60	13.10
89.00	85.75	1.93	3	18.75	-0.81	65.45	34.55	15.80
87.00	86.00	1.93	4	25.00	-0.79	65.04	34.96	9.96
117.25	87.00	1.94	5	31.25	-0.70	63.40	36.60	5.35
96.50	89.00	1.95	6	37.50	-0.54	60.18	39.82	2.32
93.50	90.50	1.96	7	43.75	-0.42	57.81	42.19	1.56
106.50	93.50	1.97	8	50.00	-0.18	53.19	46.81	3.19
99.50	95.75	1.98	9	56.25	0.00	49.82	50.18	6.07
95.75	96.50	1.98	10	62.50	0.05	48.71	51.29	11.21
90.50	99.50	2.00	11	68.75	0.27	44.37	55.63	13.12
86.00	106.50	2.03	12	75.00	0.77	34.73	65.27	9.73
85.75	113.75	2.06	13	81.25	1.25	25.40	74.60	6.65
80.50	117.25	2.07	14	87.50	1.47	21.10	78.90	8.60
113.75	130.00	2.11	15	93.75	2.22	6.47	93.53	0.22
	<b>Jumlah</b>	<b>29.72</b>					<b>D max =</b>	<b>18.02</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.9 diatas dapat diketahui bahwa nilai D max = 18,02% atau 0,1802. Apabila dibandingkan dengan nilai kritis pada Smirnov-Kolmogorof dengan nilai Dcr (0,05) = 0,338, maka dapat disimpulkan bahwa **Dmax < Dcr**, yang berarti bahwa uji smirnov-kolmogorof pada log pearson tipe III **memenuhi**.



**Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Pe dan Pt dalam Pengujian Smirnov Kolmogorof pada Log Pearson III**

Sumber : Hasil Perhitungan

### B. Uji Smirnov-Kolmogorov Pada Gumbel

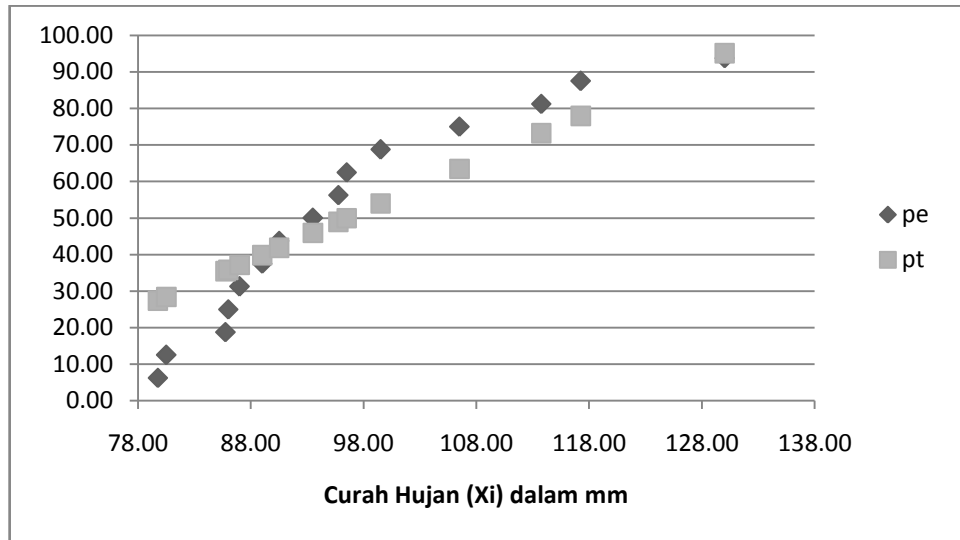
Harga kritis Smirnov-Kolmogorof dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 0,05 adalah 0,338 (nilai ada pada tabel 2.6). Hasil uji Smirnov- Kolmogorof dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini :

**Tabel 4.10 Hasil Pengujian Smirnov-Kolmogorov pada Gumbel**

R	Xi	Log Xi	M	Pe	K	Pr	Pt	D
(mm)	(mm)			(%)		(%)	(%)	(%)
79.75	79.75	1.90	1	6.25	-1.18	72.65	27.35	21.10
130.00	80.50	1.91	2	12.50	-1.13	71.64	28.36	15.86
89.00	85.75	1.93	3	18.75	-0.76	64.56	35.44	16.69
87.00	86.00	1.93	4	25.00	-0.75	64.22	35.78	10.78
117.25	87.00	1.94	5	31.25	-0.68	62.87	37.13	5.88
96.50	89.00	1.95	6	37.50	-0.54	60.17	39.83	2.33
93.50	90.50	1.96	7	43.75	-0.43	58.15	41.85	1.90
106.50	93.50	1.97	8	50.00	-0.23	54.10	45.90	4.10
99.50	95.75	1.98	9	56.25	-0.07	51.07	48.93	7.32
95.75	96.50	1.98	10	62.50	-0.02	50.06	49.94	12.56
90.50	99.50	2.00	11	68.75	0.19	46.01	53.99	14.76
86.00	106.50	2.03	12	75.00	0.68	36.57	63.43	11.57
85.75	113.75	2.06	13	81.25	1.18	26.79	73.21	8.04
80.50	117.25	2.07	14	87.50	1.42	22.07	77.93	9.57
113.75	130.00	2.11	15	93.75	2.31	4.88	95.12	1.37

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.10 diatas dapat diketahui bahwa nilai  $D_{max} = 21,10\%$  atau 0,2110. Apabila dibandingkan dengan nilai kritis pada Smirnov-Kolmogorov dengan nilai  $D_{cr}(0,05) = 0,338$ , maka dapat disimpulkan bahwa  $D_{max} < D_{cr}$ , yang berarti bahwa uji smirnov-kolmogorof pada gumbel **memenuhi**.



**Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Pe dan Pt dalam Pengujian Smirnov Kolmogorof pada Gumbel**

Sumber : Hasil Perhitungan

### Kesimpulan Uji Kesesuaian Distribusi

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 Tipe III** karena nilai penyimpangannya lebih kecil.

**Tabel 4.11 Kesimpulan Hasil 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
<b>Memenuhi</b>	<b>Memenuhi</b>	<b>Memenuhi</b>	<b>Memenuhi</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4 Analisa Debit Andalan

Secara umum, analisa debit andalan berdasarkan data curah hujan yang sering digunakan di Indonesia adalah dengan menggunakan FJ. Mock yaitu analisis keseimbangan air untuk menghitung harga debit bulanan berdasarkan transformasi data curah hujan bulanan dan evapotranspirasi. Untuk debit bulanan pada DAS Jurang Dandang selama 15 tahun ada pada tabel 4.13 berikut ini :

**Tabel 4.12 Perhitungan Debit Bulanan dengan Metode FJ Mock untuk DAS Jurang Dandang (2001-2015)**

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /dt)														
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Jan	0.251	0.269	0.108	0.326	0.209	0.224	0.136	0.110	0.240	0.476	0.056	0.239	0.282	0.158	0.169
Feb	0.125	0.136	0.121	0.365	0.303	0.244	0.237	0.056	0.247	0.165	0.030	0.226	0.197	0.224	0.304
Maret	0.053	0.147	0.097	0.395	0.251	0.179	0.264	0.208	0.145	0.077	0.014	0.129	0.320	0.159	0.273
April	0.027	0.112	0.039	0.213	0.267	0.226	0.252	0.113	0.175	0.040	0.007	0.090	0.249	0.190	0.245
Mei	0.013	0.044	0.019	0.114	0.096	0.210	0.179	0.046	0.223	0.019	0.004	0.047	0.163	0.121	0.106
Juni	0.007	0.023	0.010	0.069	0.067	0.087	0.075	0.024	0.088	0.010	0.002	0.022	0.124	0.052	0.052
Juli	0.003	0.011	0.005	0.031	0.029	0.041	0.036	0.012	0.042	0.005	0.001	0.011	0.066	0.025	0.025
Agsts	0.002	0.005	0.002	0.015	0.015	0.021	0.018	0.021	0.021	0.002	0.000	0.005	0.030	0.012	0.013
Sept	0.001	0.003	0.001	0.008	0.008	0.011	0.009	0.008	0.011	0.001	0.000	0.003	0.015	0.006	0.006
Okt	0.000	0.001	0.001	0.004	0.063	0.005	0.005	0.037	0.005	0.001	0.000	0.033	0.007	0.035	0.003
Nop	0.000	0.049	0.091	0.114	0.045	0.021	0.052	0.160	0.119	0.000	0.219	0.091	0.112	0.042	0.062
Des	0.129	0.272	0.199	0.288	0.240	0.245	0.231	0.210	0.165	0.000	0.205	0.208	0.262	0.161	0.185
<b>Rerata Tahunan</b>	0.051	0.089	0.058	0.162	0.133	0.126	0.726	0.084	0.123	0.066	0.045	0.092	0.152	0.099	0.120

Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk

**Tabel 4.13 Perhitungan Evapotranspirasi (Eto) dengan Metode PenMan**

No	Uraian	Satuan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
<b>A</b>	<b>Data Hujan</b>													
1	Hujan bulanan rata-rata ( P )	mm	224.00	355.00	356.25	291.25	69.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	147.25	259.25
2	Hari hujan rata-rata ( n )		31.00	30.00	31.00	30.50	31.00	30.50	31.00	31.00	30.50	31.00	30.50	31.00
<b>B</b>	<b>Evapotranspirasi Potensial (Eto)</b>	mm/hari	43.23	38.96	39.71	40.00	39.97	23.30	39.07	34.23	36.56	34.91	30.30	30.44
<b>C</b>	<b>Limited Evapotranspirasi (EI)</b>													
3	Expose Surface ( m )	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	$E/Eto=(m/20) \times (18-n)$	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	$E = (4) \times Eto$	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	$EI = Eto - E$	mm	43.23	38.96	39.71	40.00	39.97	23.30	39.07	34.23	36.56	34.91	30.30	30.44
<b>D</b>	<b>Water Balance</b>													
7	Water Surplus ( P - EI )	mm	180.77	316.04	316.54	251.25	29.53	-23.30	-39.07	-32.73	-36.56	-34.91	116.95	228.81
<b>E</b>	<b>Ground Water Storage</b>													
8	Infiltrasi ( I ) = ( 1 - C ) x ( 7 )	mm	126.54	221.23	221.57	175.87	20.67	-16.31	-27.35	-22.91	-25.59	-24.44	81.87	160.16
9	$0,5 \times ( 1 + K ) \times I$ K = 0.7	mm	107.56	188.04	188.34	149.49	17.57	-13.87	-23.25	-19.48	-21.75	-20.77	69.59	136.14
10	$K \times Vn-1$	mm	75.29	131.63	131.84	104.65	12.30	-9.71	-16.27	-13.63	-15.23	-14.54	48.71	95.30
11	$Vn(\text{lanjutan})=(9) + (10)$	mm	182.85	319.67	320.18	254.14	29.87	-23.57	-39.52	-33.11	-36.98	-35.32	118.30	231.44

<b>Lanjutan Tabel 4.14 Perhitungan Evapotranspirasi (Eto) dengan Metode PenMan</b>														
12	K x Vn-1	mm	109.71	175.54	297.12	370.38	374.71	242.75	131.51	55.19	13.25	-14.24	-29.73	53.14
13	Vn(lanjutan) =(9) + (12)	mm	217.27	363.58	485.46	519.87	392.28	228.88	108.26	35.71	-8.50	-35.01	39.86	189.28
14	K x Vn-1	mm	113.57	130.36	218.15	291.28	311.92	235.37	137.33	64.95	21.43	-5.10	-21.01	23.91
15	Vn(lanjutan) =(9) + (14)	mm	221.13	318.40	406.49	440.77	329.50	221.50	114.08	45.48	-0.32	-25.88	48.58	160.05
16	K x Vn-1	mm	96.03	132.68	191.04	243.89	264.46	197.70	132.90	68.45	27.29	-0.19	-15.53	29.15
17	Vn(lanjutan) =(9) + (16)	mm	203.59	320.72	379.38	393.38	282.03	183.83	109.65	48.97	5.54	-20.97	54.06	165.29
18	K x Vn-1	mm	99.17	122.15	192.43	227.63	236.03	169.22	110.30	65.79	29.38	3.32	-12.58	32.44
19	Vn(lanjutan) =(9) + (18)	mm	206.73	310.20	380.77	377.12	253.60	155.35	87.05	46.32	7.63	-17.45	57.01	168.58
20	K x Vn-1	mm	101.15	124.04	186.12	228.46	226.27	152.16	93.21	52.23	27.79	4.58	-10.47	34.20
21	Vn(lanjutan) =(9) + (20)	mm	208.71	312.08	374.46	377.95	243.84	138.29	69.96	32.75	6.04	-16.19	59.12	170.34
22	Vn' = Vn-Vn-1	mm	107.56	188.04	188.34	149.49	17.57	-13.87	-23.25	-19.48	-21.75	-20.77	69.59	136.14
23	Base Flow = i - Vn'	mm	18.98	33.18	33.24	26.38	3.10	-2.45	-4.10	-3.44	-3.84	-3.67	12.28	24.02
<b>F</b>	<b>Run- Off</b>													
24	Direct Run Off= C x (P-EI)	mm	54.23	94.81	94.96	75.37	8.86	-6.99	-11.72	-9.82	-10.97	-10.47	35.09	68.64
25	Run-Off = ( 23) + (24 )	mm	73.21	127.99	128.20	101.76	11.96	-9.44	-15.82	-13.26	-14.80	-14.14	47.37	92.67
26	Debit Run-Off	m <sup>3</sup> /det	0.066	0.129	0.116	0.095	0.011	-0.009	-0.014	-0.012	-0.014	-0.013	0.044	0.084
27	Debit Infiltrasi	m <sup>3</sup> /det	0.115	0.222	0.201	0.165	0.019	-0.015	-0.025	-0.021	-0.024	-0.022	0.077	0.145

Sumber : BMKG Kab. Nganjuk

**Q base flow yang dipakai adalah yang nilainya terbesar yaitu : 0.222 m<sup>3</sup>/dt**



#### 4.1.5 Koefisien Pengaliran

Dari hasil data yang diperoleh di lapangan, DAS Jurang Dandang mempunyai Luas DAS (A) sebesar 2,43 km<sup>2</sup>, untuk panjang sungainya (L) sepanjang 2,10 km . Koefisien Pengaliran (c) untuk DAS tersebut sebesar 0,5. Nilai koefisien pengaliran menggunakan c = 0,5 karena sebagai antisipasi apabila hutan menjadi rusak, meskipun saat ini hutan dalam keadaan baik (terjaga). Daerah rencana pembangunan embung semua berada di kawasan hutan, jadi nilai koefisien pengalirannya cuma ada satu, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien pengaliran} &= \frac{\sum \text{Luas} \times C}{\sum \text{Luas}} \\ &= \frac{2,43 \times 0,50}{2,43} \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

#### 4.1.6 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 4.14 Curah Hujan Jam-jaman**

<b>Periode Ulang</b>	<b>Curah Hujan Rancangan</b>	<b>Koefisien Pengaliran</b>	<b>Rn</b>
<b>(Tahun)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(C)</b>	<b>(mm)</b>
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

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.15 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

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.7 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.

Dari data yang sudah diketahui tersebut, selanjutnya akan dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- a. Mencari tegang waktu antara debit puncak  $Tg$  karena  $L < 15 \text{ km}$

$$Tg = 0,21 \times L^{0,7}$$

$$= 0,21 \times 2,1^{0,7} = 0,6$$

- b. Mencari tegangan waktu permulaan hujan sampai puncak banjir ( $Tr$ )

$$Tr = 0,9 \times Tg = 0,51 \text{ jam}$$

$$Tp = Tg + 0,8 Tr$$

$$= 1,0 \text{ jam}$$

- c. Parameter  $\alpha$  antara 0.5 sampai dengan 3 dengan interval 0.5

$$\alpha = \frac{0,47 \times (A \times L)^{0,25}}{Tg} = 1,25$$

- d. Mencari penurunan debit dan puncak sungai 30% ( $T_{0,3}$ )

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= \alpha \times Tg \\ &= 0,71 \text{ jam} \end{aligned}$$

- e. Mencari puncak debit ( $Qp$ )

$$\begin{aligned} Qp &= \frac{A \times R_0}{3,6 (0,3 \times (Tp + T_{0,3}))} \\ &= 0,34 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Untuk menentukan banjir rancangan perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a. Untuk menentukan lengkung naik  $0 \leq t \leq Tp$  atau  $0 \leq t \leq 1$

$$\begin{aligned} Qa &= Qp \left[ \frac{t}{Tp} \right]^{2,4} \\ &= 0,34 \left[ \frac{1}{1} \right]^{2,4} \\ &= 0,34 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- b. Untuk menentukan lengkung turun dengan  $Tp \leq t \leq (Tp + T_{0,3})$  atau  $1 \leq t \leq 1,71$

$$\begin{aligned} Qd_1 &= Qp \times 0,3^{\left[ \frac{t-Tp}{T_{0,3}} \right]} \\ &= 0,34 \times 0,3^{\left[ \frac{1,71-1}{0,71} \right]} = 0,102 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- c. Untuk menentukan lengkung turun dengan  $(Tp + T_{0,3}) \leq t \leq (Tp + T_{0,3} + (1,5 \times T_{0,3}))$  atau  $1,71 \leq t \leq 2,775$

$$\begin{aligned} Qd_2 &= Qp \times 0,3^{\left[ \frac{t-Tp+0,5 \cdot T_{0,3}}{1,5 \cdot T_{0,3}} \right]} \\ &= 0,34 \times 0,3^{\left[ \frac{2-1+0,5}{1,5 \cdot 0,71} \right]} = 0,0623 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

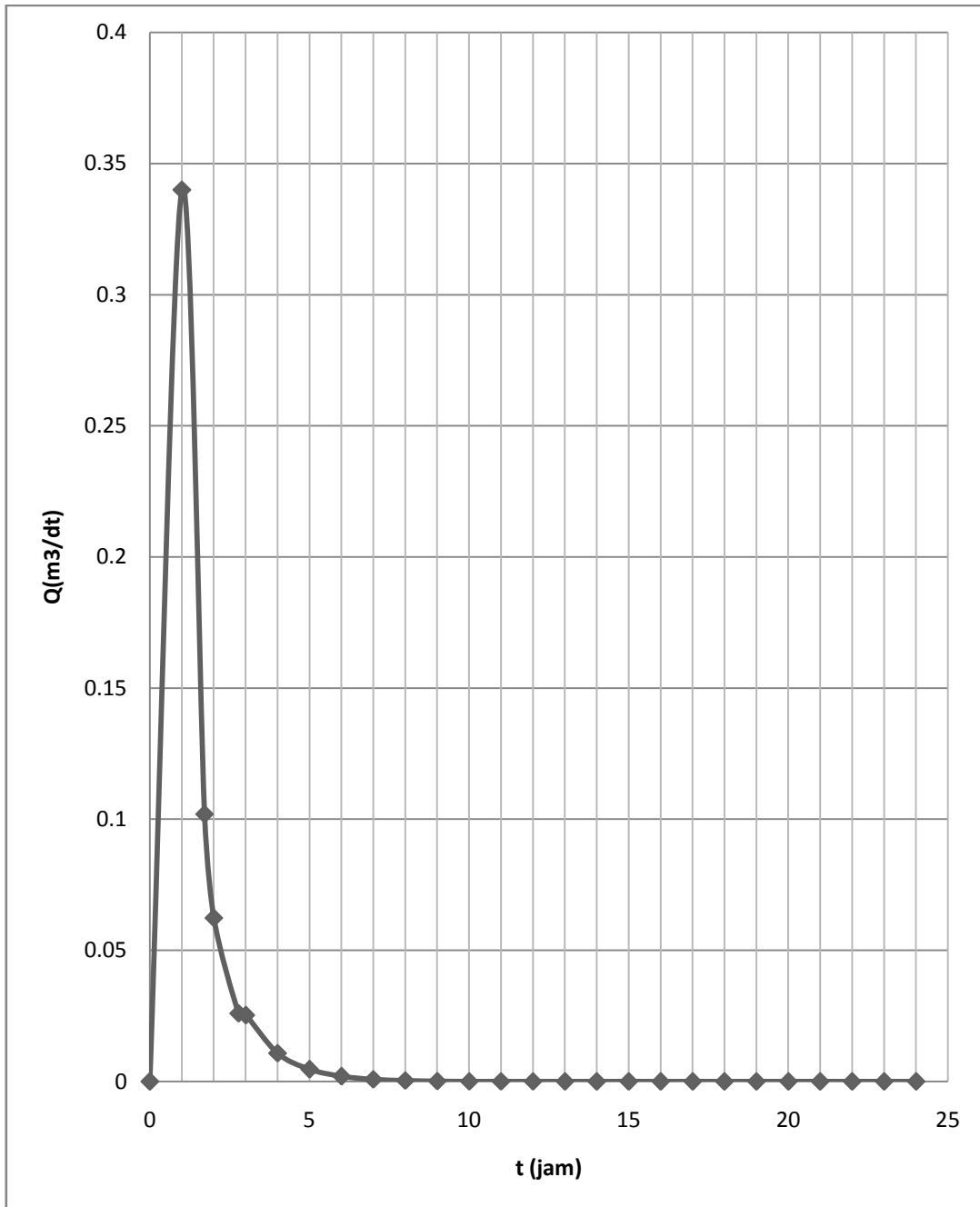
- d. Untuk menentukan lengkung turun dengan  $t \leq (Tp + T_{0,3} + (1,5 \times T_{0,3}))$  atau  $t \geq 2,775$

$$\begin{aligned} Qd_3 &= Qp \times 0,3^{\left[ \frac{t-Tp+1,5 \cdot T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}} \right]} \\ &= 0,34 \times 0,3^{\left[ \frac{3-1+1,5 \cdot 0,71}{2 \cdot 0,71} \right]} = 0,0253 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

**Tabel 4.16 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu**

<b>T (jam)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/ detik)</b>	<b>Keterangan</b>
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	

Sumber : Hasil Perhitungan



**Gambar 4.3 Grafik Hidrograf Satuan Sintentik Nakayasu**

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan diatas maka akan dilanjutkan dengan analisa ordinat banjir rancangan dengan periode 2th, 5th, 10th, 25th, 50th dan 100th serta pembuatan grafik hubungan antara debit dan waktu pengaliran sebagai berikut :

**Tabel 4.17 Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu**  
**Kala Ulang 2th**

t	Qt	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	Base Flow	Q
(jam)	(m <sup>3</sup> /dt)/mm	(mm)							(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)
		24.613	6.400	4.471	3.577	3.012	2.635	2.353		
0	0.00000	0.00000							0.22200	0.22200
1	0.34000	8.36858	0.00000						0.22200	8.93058
2	0.10200	2.51058	2.17615	0.00000					0.22200	5.01073
3	0.06238	1.53533	0.65285	1.52011	0.00000				0.22200	3.99266
4	0.02597	0.63930	0.39925	0.45603	1.21608	0.00000			0.22200	2.95864
5	0.02529	0.62236	0.16624	0.27888	0.36483	1.02407	0.00000		0.22200	2.70367
6	0.01083	0.26658	0.16184	0.11613	0.22311	0.30722	0.89606	0.00000	0.22200	2.20376
7	0.00464	0.11418	0.06932	0.11305	0.09290	0.18788	0.26882	0.80006	0.22200	1.87284
8	0.00199	0.04891	0.02969	0.04842	0.09044	0.07823	0.16440	0.24002	0.22200	0.92409
9	0.00085	0.02095	0.01272	0.02074	0.03874	0.07616	0.06845	0.14678	0.22200	0.60739
10	0.00036	0.00897	0.00545	0.00888	0.01659	0.03262	0.06664	0.06112	0.22200	0.42264
11	0.00016	0.00384	0.00233	0.00381	0.00711	0.01397	0.02854	0.05950	0.22200	0.34126
12	0.00007	0.00165	0.00100	0.00163	0.00304	0.00598	0.01223	0.02549	0.22200	0.27308
13	0.00003	0.00071	0.00043	0.00070	0.00130	0.00256	0.00524	0.01092	0.22200	0.24388
14	0.00001	0.00030	0.00018	0.00030	0.00056	0.00110	0.00224	0.00468	0.22200	0.23137
15	0.00001	0.00013	0.00008	0.00013	0.00024	0.00047	0.00096	0.00200	0.22200	0.22601
16	0.00000	0.00006	0.00003	0.00005	0.00010	0.00020	0.00041	0.00086	0.22200	0.22372
17	0.00000	0.00002	0.00001	0.00002	0.00004	0.00009	0.00018	0.00037	0.22200	0.22274
18	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00004	0.00008	0.00016	0.22200	0.22232
19	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00002	0.00003	0.00007	0.22200	0.22214
20	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00003	0.22200	0.22206
21	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.22200	0.22202
22	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.22200	0.22201
23	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.22200	0.22200
24	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.22200	0.22200

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.18 Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu**  
**Kala Ulang 5 Th**

t	Qt	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	Base Flow	Q
(jam)	(m <sup>3</sup> /dt)/mm	(mm)							(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)
		<b>27.8923</b>	<b>7.2531</b>	<b>5.0665</b>	<b>4.0532</b>	<b>3.4132</b>	<b>2.9866</b>	<b>2.6666</b>		
0	0.000	0.000							0.222	0.222
1	0.340	9.483	0.000						0.222	10.045
2	0.102	2.845	2.466	0.000					0.222	5.635
3	0.062	1.740	0.740	1.723	0.000				0.222	4.487
4	0.026	0.724	0.452	0.517	1.378	0.000			0.222	3.320
5	0.025	0.705	0.188	0.316	0.413	1.160	0.000		0.222	3.031
6	0.011	0.302	0.183	0.132	0.253	0.348	1.015	0.000	0.222	2.466
7	0.005	0.129	0.079	0.128	0.105	0.213	0.305	0.907	0.222	2.092
8	0.002	0.055	0.034	0.055	0.102	0.089	0.186	0.272	0.222	1.017
9	0.001	0.024	0.014	0.024	0.044	0.086	0.078	0.166	0.222	0.659
10	0.000	0.010	0.006	0.010	0.019	0.037	0.076	0.069	0.222	0.449
11	0.000	0.004	0.003	0.004	0.008	0.016	0.032	0.067	0.222	0.357
12	0.000	0.002	0.001	0.002	0.003	0.007	0.014	0.029	0.222	0.280
13	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.006	0.012	0.222	0.247
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.005	0.222	0.233
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.222	0.227
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.222	0.224
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.223
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.19 Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu**  
**Kala Ulang 10 Th**

<b>t</b>	<b>Qt</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>5</sub></b>	<b>R<sub>6</sub></b>	<b>R<sub>7</sub></b>	<b>Base Flow</b>	<b>Q</b>
<b>(jam)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/dt)/mm</b>	<b>(mm)</b>							<b>(m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/dt)</b>
		<b>30.0963</b>	<b>7.8262</b>	<b>5.4668</b>	<b>4.3735</b>	<b>3.6829</b>	<b>3.2226</b>	<b>2.8773</b>		
0	0.000	0.000							0.222	0.222
1	0.340	10.233	0.000						0.222	10.795
2	0.102	3.070	2.661	0.000					0.222	6.055
3	0.062	1.877	0.798	1.859	0.000				0.222	4.819
4	0.026	0.782	0.488	0.558	1.487	0.000			0.222	3.562
5	0.025	0.761	0.203	0.341	0.446	1.252	0.000		0.222	3.251
6	0.011	0.326	0.198	0.142	0.273	0.376	1.096	0.000	0.222	2.643
7	0.005	0.140	0.085	0.138	0.114	0.230	0.329	0.978	0.222	2.240
8	0.002	0.060	0.036	0.059	0.111	0.096	0.201	0.293	0.222	1.080
9	0.001	0.026	0.016	0.025	0.047	0.093	0.084	0.179	0.222	0.693
10	0.000	0.011	0.007	0.011	0.020	0.040	0.081	0.075	0.222	0.467
11	0.000	0.005	0.003	0.005	0.009	0.017	0.035	0.073	0.222	0.368
12	0.000	0.002	0.001	0.002	0.004	0.007	0.015	0.031	0.222	0.284
13	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.006	0.013	0.222	0.249
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.006	0.222	0.233
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.222	0.227
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.222	0.224
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.223
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222

Sumber : Hasil Perhitungan



**Tabel 4.20 Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu**  
**Kala Ulang 25 Th**

t	Qt	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	Base Flow	Q
(jam)	(m <sup>3</sup> /dt)/mm	(mm)							(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)
		<b>32.9213</b>	<b>8.5608</b>	<b>5.9800</b>	<b>4.7840</b>	<b>4.0286</b>	<b>3.5250</b>	<b>3.1474</b>		
0	0.000	0.000							0.222	0.222
1	0.340	11.193	0.000						0.222	11.755
2	0.102	3.358	2.911	0.000					0.222	6.593
3	0.062	2.054	0.873	2.033	0.000				0.222	5.244
4	0.026	0.855	0.534	0.610	1.627	0.000			0.222	3.874
5	0.025	0.832	0.222	0.373	0.488	1.370	0.000		0.222	3.533
6	0.011	0.357	0.216	0.155	0.298	0.411	1.199	0.000	0.222	2.869
7	0.005	0.153	0.093	0.151	0.124	0.251	0.360	1.070	0.222	2.428
8	0.002	0.065	0.040	0.065	0.121	0.105	0.220	0.321	0.222	1.160
9	0.001	0.028	0.017	0.028	0.052	0.102	0.092	0.196	0.222	0.737
10	0.000	0.012	0.007	0.012	0.022	0.044	0.089	0.082	0.222	0.490
11	0.000	0.005	0.003	0.005	0.010	0.019	0.038	0.080	0.222	0.381
12	0.000	0.002	0.001	0.002	0.004	0.008	0.016	0.034	0.222	0.290
13	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.007	0.015	0.222	0.251
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.006	0.222	0.235
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.222	0.227
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.222	0.224
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.223
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.21 Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu**  
**Kala Ulang 50 Th**

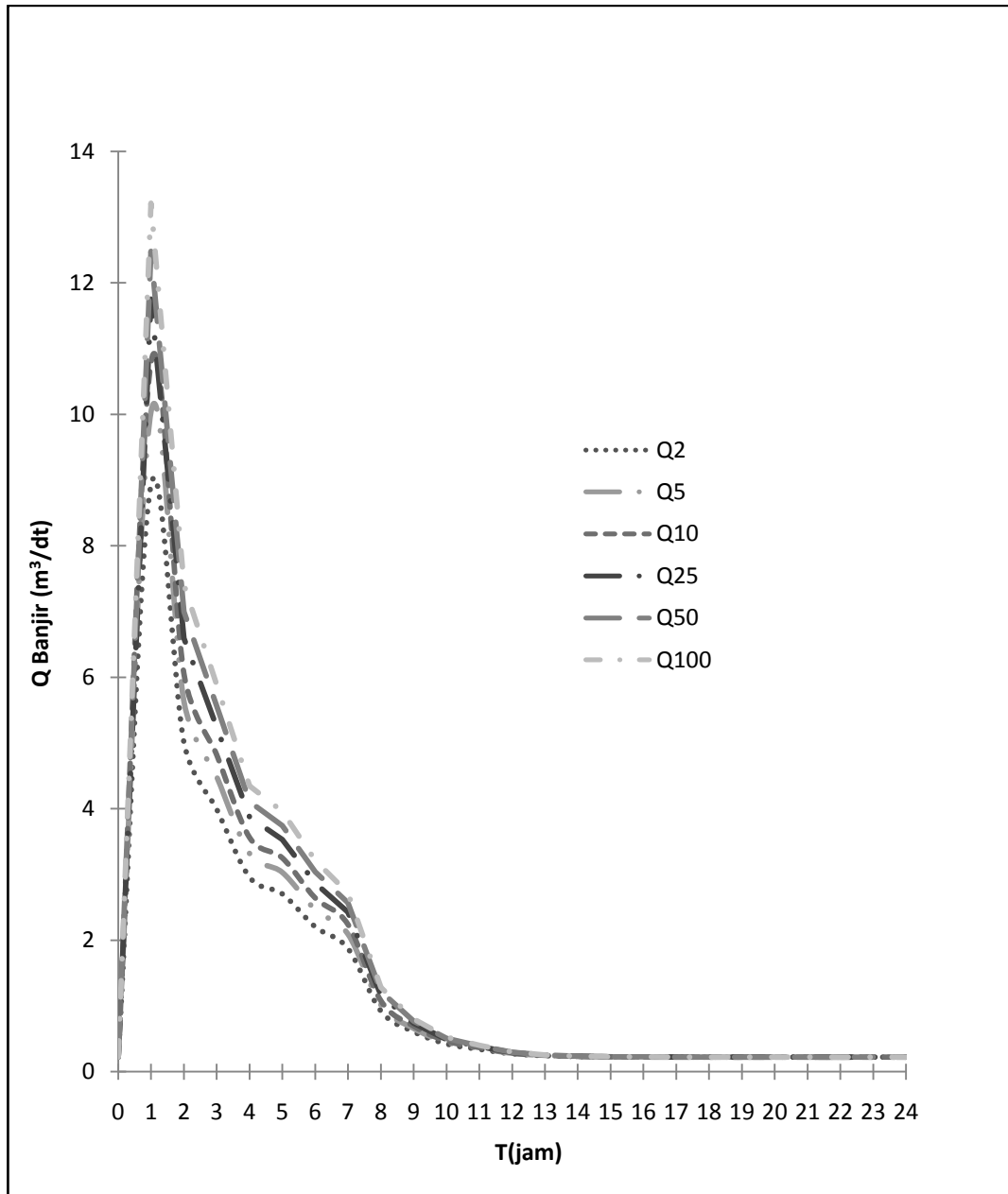
<b>T</b>	<b>Qt</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>5</sub></b>	<b>R<sub>6</sub></b>	<b>R<sub>7</sub></b>	<b>Base Flow</b>	<b>Q</b>
<b>(jam)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/dt)/mm</b>	<b>(mm)</b>							<b>(m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/dt)</b>
		<b>35.0530</b>	<b>9.1151</b>	<b>6.3672</b>	<b>5.0937</b>	<b>4.2895</b>	<b>3.7533</b>	<b>3.3511</b>		
0	0.000	0.000							0.222	0.222
1	0.340	11.918	0.000						0.222	12.480
2	0.102	3.575	3.099	0.000					0.222	6.999
3	0.062	2.187	0.930	2.165	0.000				0.222	5.565
4	0.026	0.910	0.569	0.649	1.732	0.000			0.222	4.108
5	0.025	0.886	0.237	0.397	0.520	1.458	0.000		0.222	3.746
6	0.011	0.380	0.230	0.165	0.318	0.438	1.276	0.000	0.222	3.040
7	0.005	0.163	0.099	0.161	0.132	0.268	0.383	1.139	0.222	2.571
8	0.002	0.070	0.042	0.069	0.129	0.111	0.234	0.342	0.222	1.221
9	0.001	0.030	0.018	0.030	0.055	0.108	0.097	0.209	0.222	0.770
10	0.000	0.013	0.008	0.013	0.024	0.046	0.095	0.087	0.222	0.508
11	0.000	0.005	0.003	0.005	0.010	0.020	0.041	0.085	0.222	0.392
12	0.000	0.002	0.001	0.002	0.004	0.009	0.017	0.036	0.222	0.295
13	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.007	0.016	0.222	0.253
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.007	0.222	0.235
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.222	0.228
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.222	0.224
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.222	0.223
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.22 Ordinat Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu**  
**Kala Ulang 100 Th**

<b>t</b>	<b>Qt</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>5</sub></b>	<b>R<sub>6</sub></b>	<b>R<sub>7</sub></b>	<b>Base Flow</b>	<b>Q</b>
<b>(jam)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/dt)/mm</b>	<b>(mm)</b>							<b>(m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/dt)</b>
		<b>37.2093</b>	<b>9.6758</b>	<b>6.7589</b>	<b>5.4071</b>	<b>4.5533</b>	<b>3.9842</b>	<b>3.5573</b>		
0	0.000	0.000							0.222	0.222
1	0.340	12.651	0.000						0.222	13.213
2	0.102	3.795	3.290	0.000					0.222	7.409
3	0.062	2.321	0.987	2.298	0.000				0.222	5.890
4	0.026	0.966	0.604	0.689	1.838	0.000			0.222	4.346
5	0.025	0.941	0.251	0.422	0.552	1.548	0.000		0.222	3.961
6	0.011	0.403	0.245	0.176	0.337	0.464	1.355	0.000	0.222	3.212
7	0.005	0.173	0.105	0.171	0.140	0.284	0.406	1.209	0.222	2.715
8	0.002	0.074	0.045	0.073	0.137	0.118	0.249	0.363	0.222	1.282
9	0.001	0.032	0.019	0.031	0.059	0.115	0.103	0.222	0.222	0.804
10	0.000	0.014	0.008	0.013	0.025	0.049	0.101	0.092	0.222	0.525
11	0.000	0.006	0.004	0.006	0.011	0.021	0.043	0.090	0.222	0.402
12	0.000	0.002	0.002	0.002	0.005	0.009	0.018	0.039	0.222	0.299
13	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.008	0.017	0.222	0.255
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.007	0.222	0.236
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.222	0.228
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.222	0.225
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.222	0.223
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.222

Sumber : Hasil Perhitungan



**Gambar 4.4 Grafik Hidrogaf Satuan Sintentik Nakayasu dengan Berbagai Tahun Periode Ulang**

Sumber : Hasil Perhitungan

## 4.8 Analisa Kapasitas Embung

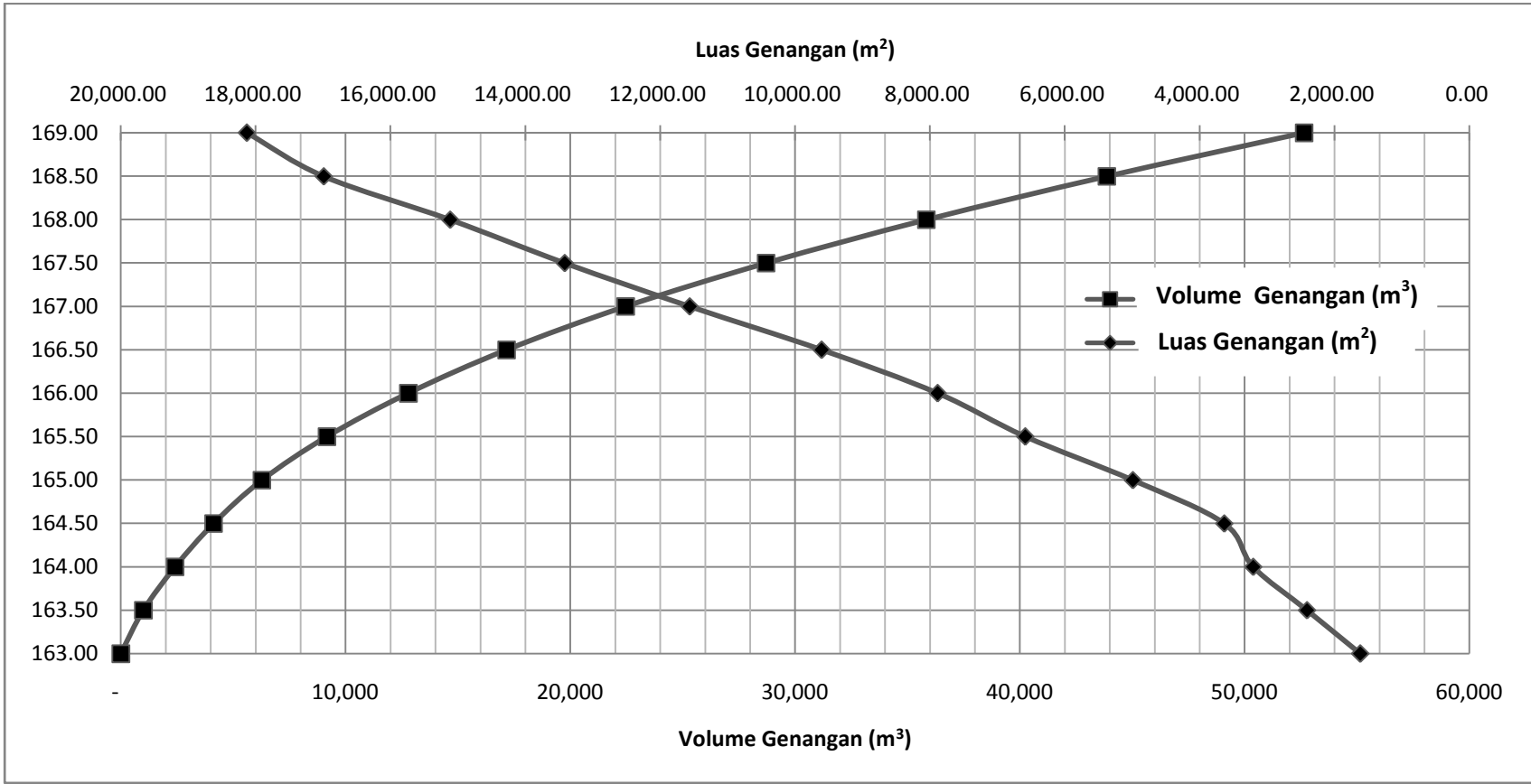
### 4.2.4 Perhitungan Kapasitas Tampungan Embung

Analisa kapasitas tampungan didapatkan dari analisa peta topografi sungai. Dari analisa ini didapatkan grafik hubungan antara elevasi dengan luas dan volume suatu embung. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil seperti pada tabel 4.23 dan grafik pada gambar 4.5 dibawah ini.

**Tabel 4.23 Hubungan antara Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan Embung Ngluyu**

<b>Elevasi</b>	<b>Luas Genangan</b>	<b>Volume Genangan</b>	<b>Kom. Volume Genangan</b>
<b>(m)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>(m<sup>3</sup>)</b>
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

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.5 Hubungan antara Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan pada Embung Ngluyu

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.5 Analisa Tampungannya Mati (*Dead Storage*)

Tampungannya mati (*dead storage*) adalah volume air yang terletak di bawah permukaan genangan minimum. Air pada tampungannya mati tidak dapat dimanfaatkan untuk pengoperasian embung. Dari hasil perhitungan didapatkan debit sedimen rerata/tahun sebesar 2,9465 m<sup>3</sup>/tahun, dengan umur rencana efektif embung 10 tahun, sehingga didapatkan volume *dead storage* sebesar 29,465 m<sup>3</sup>. Dari hasil interpolasi volume *dead storage* didapatkan elevasi *dead storage* ±163,01 m. Perhitungan tampungannya mati selengkapnya ada pada tabel 4.25 berikut ini.

**Tabel 4.24 Analisa Tampungannya Mati Embung Ngluyu**

Elevasi (m)	Luas Genangan (m <sup>2</sup> )	Luas Genangan Rata-rata (m <sup>2</sup> )	Vol. Tampungannya (m <sup>3</sup> )	Total Vol Tampungannya (m <sup>3</sup> )	El. Dead Storage (m)	El. Mercuri Spillway (m)
163.00	1617.64					
163.50	2409.24	2013.44	1007	1006.72		
164.00	3207.62	2808.43	1404	2410.93		
164.50	3634.75	3421.18	1711	4121.52	<b>163,01</b>	<b>165,50</b>
165.00	4992.45	4313.60	2157	6278.33		
165.50	6587.98	5790.22	2895	9173.43		
166.00	7887.74	7237.86	3619	12792.36		
166.50	9607.42	8747.58	4374	17166.15		
167.00	11564.42	10585.92	5293	22459.11		
167.50	13416.09	12490.25	6245	28704.24		
168.00	15116.42	14266.25	7133	35837.36		
168.50	16989.68	16053.05	8027	43863.89		
169.00	18132.34	17561.01	8781	52644.39		

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.6 Analisa Tampungannya Efektif

Tampungannya air pada embung bekerja secara efektif pada musim penghujan dan kemudian dioperasikan selama musim kemarau untuk melayani kebutuhan air baku. Total tampungannya efektif Embung Ngluyu didapatkan dari potensi topografi embung tersebut. Dari gambar 4.5 Hubungan antara Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan pada Embung Ngluyu, dapat diketahui bahwa elevasi muka air normal ± 165,50 m, sehingga dari hasil interpolasi didapatkan volumenya sebesar 9173,43 m<sup>3</sup>. Sehingga volume tampungannya efektifnya = 9173,43 – 29,465 (volume tampungannya mati) = 9143,969 m<sup>3</sup>.

## 4.9 Perencanaan Teknis Tubuh Embung

Embung urugan terdiri dari beberapa tipe antara lain adalah urugan homogen dan urugan zonal. Apabila di sekitar lokasi perencanaan embung tidak terdapat bahan-bahan material yang bermacam-macam, yang bisa digunakan sebagai material kedap air dan material lulus air maka tubuh embung yang sesuai adalah tipe urugan homogen. Sebaliknya, apabila terdapat bahan-bahan material tersebut, maka dapat direncanakan tipe urugan zonal. Berdasarkan material yang tersedia di lokasi sekitar perencanaan, Tubuh Embung Ngluyu dapat direncanakan dalam kedua alternatif tipe tubuh embung tersebut, yaitu tubuh embung urugan homogen dan tubuh embung urugan zonal.

Salah satu kelemahan dari kedua alternatif tipe tersebut, yang sama-sama tubuh embung urugan tanah adalah tidak terkendalinya rembesan pada embung. Maka dalam tugas akhir ini yang akan dibandingkan adalah debit rembesan dari 2 alternatif tipe tubuh embung yang direncanakan. Debit rembesan yang lebih kecil antara kedua alternatif tersebutlah yang akan dipilih sebagai alternatif tipe tubuh embung yang sesuai. Debit rembesan juga dapat digunakan dalam perhitungan stabilitas untuk menentukan apakah tubuh embung tersebut aman terhadap aliran filtrasi atau tidak aman, selain stabilitas lereng tubuh embung.

### 4.3.5 Tinggi Jagaan Embung

Sebelum menghitung tinggi jagaan ( $H_f$ ) Embung Ngluyu, harus diketahui nilai-nilai berikut ini terlebih dahulu :

- a. Tinggi Kenaikan Permukaan Air yang Disebabkan oleh Banjir Abnormal ( $\Delta h$ )

$$\Delta h = \frac{2}{3} \times \frac{\alpha Q_0}{Q} \times \frac{h}{1 + \frac{Ah}{QT}}$$

$$\Delta h = \frac{2}{3} \times \frac{0,2 \times 13,213}{9,693} \times \frac{2,49}{1 + \frac{0,007887 \times 2,49}{9,693 \times 3}}$$

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



b. Tinggi Ombak yang Disebabkan oleh Angin ( $h_w$ )

Tinggi ombak yang disebabkan oleh angin pada bangunan embung, pengaruhnya kecil, sehingga diasumsikan nilai  $h_w = 0,025$  m.

c. Tinggi Ombak yang Disebabkan oleh Gempa ( $h_e$ )

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa antara lain : koefisien gempa ( $z$ ) = 0,8 ; percepatan dasar gempa ( $A_c$ ) = 151,72 cm/dt<sup>2</sup> ; faktor koreksi ( $V$ ) = 1,1 ; percepatan gravitasi ( $g$ ) = 980 cm/ dt<sup>2</sup>. Perhitungan intensitas seismis *horizontal* dihitung adalah sebagai berikut :

$$e = z \cdot A_c \cdot \frac{V}{g}$$

$$e = 0,8 \times 151,72 \times \left( \frac{1}{980} \right)$$

$$e = 0,124$$

Sedangkan tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa adalah sebagai berikut :

$$h_0 = \frac{e \cdot \pi}{\pi} \sqrt{g \cdot h_0}$$

$h_0$  = kedalaman air di dalam embung

= elevasi HWL – elevasi dasar kolam

$$= +166 - (+163)$$

$$= + 3 \text{ m}$$

$$= \frac{0,124 \times 1}{3,14} \sqrt{9,8 \times 7,99} = 0,349 \text{ m}$$

Sehingga, tinggi puncak ombak di atas permukaan air rata-rata  $\left( \frac{h_e}{2} \right) = 0,175$  m

- d. Kenaikan Permukaan Air Embung yang Disebabkan oleh Ketidaknormalan Operasi Pintu Bangunan ( $h_a$ )

Kenaikan permukaan air embung yang disebabkan oleh ketidaknormalan operasi pintu bangunan sebagai standar biasanya diambil  $h_a = 0,5 \text{ m}$  (Suyono Sosrodarsono, 1981).

- e. Angka Tambahan Tinggi Jagaan yang Didasarkan pada Tipe Bendungan ( $h_i$ )

Limpasan melalui mercu embung embung urugan akan sangat berbahaya, maka untuk bendungan type ini angka tambahan tinggi jagaan ( $h_i$ ) diambil sebesar 1,0 m (Suyono Sosrodarsono, 1981).

Berdasarkan data-data perhitungan diatas, yaitu :

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

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

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

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

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

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.

#### **4.3.6 Tinggi Embung**

Dari hasil perhitungan tinggi jagaan diatas, selanjutnya dapat diketahui besarnya tinggi embung yaitu sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned} H &= H_{mercu\ spillway} + H_{banjir} + H_{jagaan} \\ &= 2,5 + 1,2 + 2,218 \\ &= 5,918\ m \end{aligned}$$

#### **4.3.7 Kemiringan Lereng Embung**

Kemiringan lereng Embung Ngluyu ditentukan berdasarkan tabel 2.10 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.

#### **4.3.8 Lebar Mercu Embung**

Lebar mercu Embung Ngluyu dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= 3,6(H^{1/3}) - 3,0 \\ &= 3,6 \times 5,918^{1/3} - 3,0 \\ &= 3,512\ m \end{aligned}$$

#### 4.10 Formasi Garis Depresi dan Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Embung

##### 4.4.3 Formasi Garis Depresi dan Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Embung Tipe Urugan Homogen

Dari elevasi muka air banjir pada tubuh embung urugan homogen dapat ditentukan nilai  $h = 3,7$  m ;  $l_1 = 11,1$  m ;  $l_2 = 28,4$  m,  $\alpha = 18^\circ$ . Sehingga didapatkan:

$$d = 0,31 l_1 + l_2 = (0,3 \times 11,1) + 28,4 = 31,73 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Y_0 &= \sqrt{h^2 + d^2} - d \\ &= \sqrt{(3,7)^2 + (31,73)^2} - (31,73) \\ &= 0,215 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk parabola bentuk dasarnya adalah sebagai berikut :

$$y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2} = \sqrt{2 \times 0,215 x + 0,215^2}$$

x (m)	0	5	10	15	20	25	30	31,73
y (m)	0,215	1,482	2,085	2,549	2,940	3,286	3,598	3,700

Untuk  $\alpha = 18^\circ$ , harga  $a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2}$  maka dapat ditentukan nilai :

$$a + \Delta_\alpha = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = \frac{0,215}{0,049} = 4,388 \text{ m}$$

$$a = \frac{31,73}{\cos 18} - \sqrt{\left(\frac{31,73}{\cos 18}\right)^2 - \left(\frac{3,7}{\sin 18}\right)^2} = 2,223 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan nilai :

$$a = 2,223 \text{ m}, \text{ jarak A - C}$$

$$\Delta_\alpha = 4,388 - 2,223 = 2,165 \text{ m}, \text{ jarak C - C}_0$$

#### 4.4.4 Formasi Garis Depresi dan Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal dengan Inti Kedap Air Vertikal

##### A. Garis Depresi pada Zona Lulus Air (Agregat Kasar)

Dari elevasi muka air banjir pada tubuh embung urugan zonal bagian zona lulus air, dapat ditentukan nilai  $h = 3,7$  m ;  $l_1 = 9,282$  m ;  $l_2 = 19,718$ m,  $\alpha = 22^\circ$ . Sehingga didapatkan :

$$d = 0,31 l_1 + l_2 = (0,3 \times 9,282) + 19,718 = 22,503 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Y_0 &= \sqrt{h^2 + d^2} - d \\ &= \sqrt{(3,7)^2 + (22,503)^2} - (22,503) \\ &= 0,302 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk parabola bentuk dasarnya adalah sebagai berikut :

$$y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2} = \sqrt{2 \times 0,302 x + 0,302^2}$$

Sehingga dapat diperoleh koordinat parabola sebagai berikut ini :

x (m)	0	5	10	15	20	22,503
y (m)	0,302	1,764	2,476	3,025	3,489	3,699

Untuk  $\alpha = 22^\circ$ , harga  $a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2}$  maka dapat ditentukan nilai :

$$a + \Delta_\alpha = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = \frac{0,302}{0,073} = 4,147 \text{ m}$$

$$a = \frac{22,503}{\cos 22} - \sqrt{\left(\frac{22,503}{\cos 22}\right)^2 - \left(\frac{3,7}{\sin 22}\right)^2} = 2,096 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan nilai :

$$a = 2,096 \text{ m}, \text{ jarak A - C}$$

$$\Delta_\alpha = 4,147 - 2,096 = 2,051 \text{ m}, \text{ jarak C - C}_0$$

B. Garis Depresi pada Zona Kedap Air (Agregat Halus)

Dari elevasi muka air banjir pada tubuh embung urugan zonal bagian zona kedap air, dapat ditentukan nilai  $h = 3,004$  m;  $l_1 = 0,9925$  m ;  $l_2 = 5,762$ m,  $\alpha = 75^\circ$ . Sehingga didapatkan :

$$d = 0,31 l_1 + l_2 = (0,3 \times 0,9925) + 5,762 = 6,060 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Y_0 &= \sqrt{h^2 + d^2} - d \\ &= \sqrt{(3,004)^2 + (6,060)^2} - (6,060) \\ &= 0,704 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk parabola bentuk dasarnya adalah sebagai berikut :

$$y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2} = \sqrt{2 \times 0,704 x + 0,704^2}$$

Sehingga dapat diperoleh koordinat parabola sebagai berikut ini :

x (m)	0	1	2	3	4	5	6	6,060
y (m)	0,704	1,380	1,820	2,172	2,475	2,745	2,991	3,004

Untuk  $\alpha = 75^\circ$ ,  $c = \frac{a}{a+\Delta a} = 0,28$ , maka dapat ditentukan nilai :

$$a + \Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = \frac{0,704}{0,741} = 0,950 \text{ m}$$

$$0,28 = \frac{\Delta a}{0,950}$$

Sehingga didapatkan nilai :

$$a = 0,28 \times 0,950 = 0,266 \text{ m} , \text{ jarak A - C}$$

$$\Delta a = 0,950 - 0,266 = 0,684 \text{ m}, \text{ jarak C - C}_0$$

#### 4.5 Perhitungan Debit Aliran Filtrasi (Rembesan) pada Tubuh Embung

##### 4.5.3 Perhitungan Debit Aliran Filtrasi (Rembesan) pada Tubuh Embung Tipe Urugan Homogen

Dari gambar Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi (*Seepage Flownet*) Tubuh Embung Tipe Urugan Homogen, dapat diketahui bahwa nilai  $N_f = 3$  ;  $N_e = 24$  ;  $H = 3,7$  m ;  $L = 39,5$  m dan dari uji mekanika tanah didapatkan nilai  $k = 2,582 \times 10^{-5}$  cm/det atau  $2,582 \times 10^{-7}$  m/det. Maka debit aliran filtrasi (rembesan) pada tubuh embung tipe urugan homogen adalah sebesar :

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

Kapasitas aliran filtrasi yang diijinkan adalah 2% - 5% dari volume tampungan waduk (Soedibyo, 1993) :

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= 5\% \times \text{volume tampungan efektif} \\ &= 0,05 \times 9143,969 \\ &= 457,1985 \text{ m}^3/\text{det} \\ &= \frac{457,1985}{(24 \times 60 \times 60)} = 0,005292 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dari aliran filtrasi yang terjadi  $Q = 0,407 \text{ m}^3/\text{hari} > Q_{fijin} = 0,005292 \text{ m}^3/\text{hari}$ , sehingga stabilitas embung urugan homogen terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman.

#### 4.5.4 Perhitungan Debit Aliran Filtrasi (Rembesan) pada Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal

a. Zona Lulus Air (Agregat Kasar)

Dari gambar Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi (*Seepage Flownet*) Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal dengan Inti Kedap Air Vertikal, pada bagian zona lulus air dapat diketahui bahwa nilai  $N_f = 3$  ;  $N_e = 4$  ;  $H = 3,7$  m;  $L = 13,527$ m dan dari uji mekanika tanah didapatkan nilai  $k = 1,068 \times 10^{-5}$  cm/det atau  $1,068 \times 10^{-7}$  m/det. Maka debit aliran filtrasi (rembesan) pada tubuh embung tipe urugan homogen adalah sebesar :

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

Kapasitas aliran filtrasi yang diijinkan adalah 2% - 5% dari volume tampungan waduk (Soedibyo, 1993) :

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= 5\% \times \text{volume tampungan efektif} \\ &= 0,05 \times 9143,969 \\ &= 457,1985 m^3/det \\ &= \frac{457,1985}{(24 \times 60 \times 60)} = 0,005292 m^3/hari \end{aligned}$$

Dari aliran filtrasi yang terjadi  $Q = 0,346 m^3/hari > Q_{fijin} = 0,005292 m^3/hari$ , sehingga stabilitas embung urugan zona lulus air pada terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman.



b. Zona Kedap Air (Agregat Halus)

Dari gambar Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi (*Seepage Flownet*) Tubuh Embung Tipe Urugan Zonal dengan Inti Kedap Air Vertikal, pada bagian zona kedap air dapat diketahui bahwa nilai  $N_f = 3$  ;  $N_e = 7$  ;  $H = 3,004$  m;  $L = 6,754$  m dan dari uji mekanika tanah didapatkan nilai  $k = 9,685 \times 10^{-6}$  cm/det atau  $9,685 \times 10^{-8}$  m/det. Maka debit aliran filtrasi (rembesan) pada tubuh embung tipe urugan homogen adalah sebesar :

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

Kapasitas aliran filtrasi yang diijinkan adalah 2% - 5% dari volume tampungan waduk (Soedibyo, 1993) :

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= 5\% \times \text{volume tampungan efektif} \\ &= 0,05 \times 9143,969 \\ &= 457,1985 m^3/det \\ &= \frac{457,1985}{(24 \times 60 \times 60)} = 0,005292 m^3/hari \end{aligned}$$

Dari aliran filtrasi yang terjadi  $Q = 0,0728 m^3/hari > Q_{fijin} = 0,005292 m^3/hari$ , sehingga stabilitas embung urugan zona lulus air pada terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman.

#### 4.6 Stabilitas Lereng Tubuh Embung

Stabilitas lereng embung urugan dihitung menggunakan metode irisan bidang luncur bundar yang didasarkan pada bidang longsor bentuk lingkaran. Dari hasil pengujian tanah didapatkan data berupa :  $\gamma_{dry} = 2,040 \text{ gr/cm}^3$  dan  $\gamma_{wet} = 2,550 \text{ gr/cm}^3$ . Untuk menentukan aman atau tidaknya pada stabilitas lereng tubuh embung, dapat dilihat dari nilai faktor keamanan ( $F_s$ ), apabila nilai  $F_s \geq 1,2$ , maka lereng tubuh embung dianggap aman, sedangkan apabila  $F_s < 1,2$ , maka lereng tubuh embung dianggap tidak aman. Perhitungan stabilitas lereng tubuh embung pada 2 alternatif perencanaan tubuh embung adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.25 Analisa Stabilitas Lereng pada Tubuh Embung Urugan Homogen**

No	A	W	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	T	N	Ne	U	Tan $\theta$	(N-Ne-U) tan $\theta$	C . L
	(m <sup>2</sup> )	(t/m)			(t/m)	(t/m)	(t/m)	(t/m)		(t/m)	(t/m)
1	1.704	3.475	0.242	0.970	0.841	3.372	0.084	0.104	0.500	1.592	4.204
2	3.076	6.276	0.375	0.927	2.351	5.819	0.235	0.278	0.500	2.653	4.614
	1.555	3.966									
3	2.041	4.164	0.545	0.839	2.268	3.492	0.227	0.111	0.500	1.577	4.956
	3.672	9.363									
4	0.481	0.982	0.695	0.719	0.682	0.706	0.068		0.500	0.319	5.342
	5.266	13.429									
5	5.667	14.451	0.848	0.530	12.255	7.658	1.226		0.800	5.146	5.654
6	4.808	12.259	0.951	0.309	11.659	3.788	1.166		0.800	2.098	5.935
7	3.325	8.477	0.998	0.070	8.457	0.591	0.846		0.800	-0.203	6.131
8	1.167	2.976	0.978	-0.208	2.911	-0.619	0.291		0.800	-0.728	6.543
<b>Jumlah</b>					41.424	24.808	4.142	0.493		12.453	43.379

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel tersebut maka dapat dihitung nilai  $F_s$  dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{C.l + (N - U - N_e) \times \tan\theta}{(T - T_e)} \\
 &= \frac{43,379 + 12,453}{41,424 + 0,10 \times 24,808} \\
 &= 1,272
 \end{aligned}$$

$$F_s = 1,272 > 1,2$$

Karena nilai  $F_s > 1,2$  maka lereng tubuh embung urungan homogen dianggap aman.

**Tabel 4.26 Analisa Stabilitas Lereng pada Tubuh Embung Urungan Zonal**

No	A	W	sin a	cos a	T	N	Ne	U	tan e	(N-Ne-U) tan e	C . L
	(m <sup>2</sup> )	(t/m)			(t/m)	(t/m)	(t/m)	(t/m)		(t/m)	(t/m)
1	1.755	3.580	0.292	0.956	1.047	3.424	0.105	0.121	0.500	1.599	4.211
2	2.938	5.994	0.438	0.899	2.627	5.387	0.263	0.304	0.500	2.410	4.501
	1.246	3.177									
3	1.826	3.725	0.588	0.809	2.190	3.014	0.219	0.101	0.500	1.347	4.934
	3.207	8.178									
4	0.647	1.320	0.731	0.682	0.965	0.900	0.097		0.500	0.402	5.302
	4.545	11.590									
5	4.659	11.880	0.866	0.500	10.289	5.940	1.029		0.800	3.929	5.623
6	3.987	10.167	0.956	0.292	9.723	2.972	0.972		0.800	1.600	5.945
7	2.716	6.926	1.000	0.017	6.925	0.121	0.692		0.800	-0.457	6.290
8	1.007	2.568	0.956	-0.292	2.456	-0.751	0.246		0.800	-0.797	6.301
<b>Jumlah</b>					36.221	21.007	3.622	0.526		10.033	43.107

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel tersebut maka dapat dihitung nilai  $F_s$  dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{C.l + (N - U - N_e) \times \tan\theta}{(T - T_e)} \\
 &= \frac{35,607 + 10,033}{43,107 + 0,10 \times 21,007} \\
 &= 1,387
 \end{aligned}$$

$$F_s = 1,387 > 1,2$$

Karena nilai  $F_s > 1,2$  maka lereng tubuh embung urungan zonal dianggap aman.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.3 Kesimpulan**

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

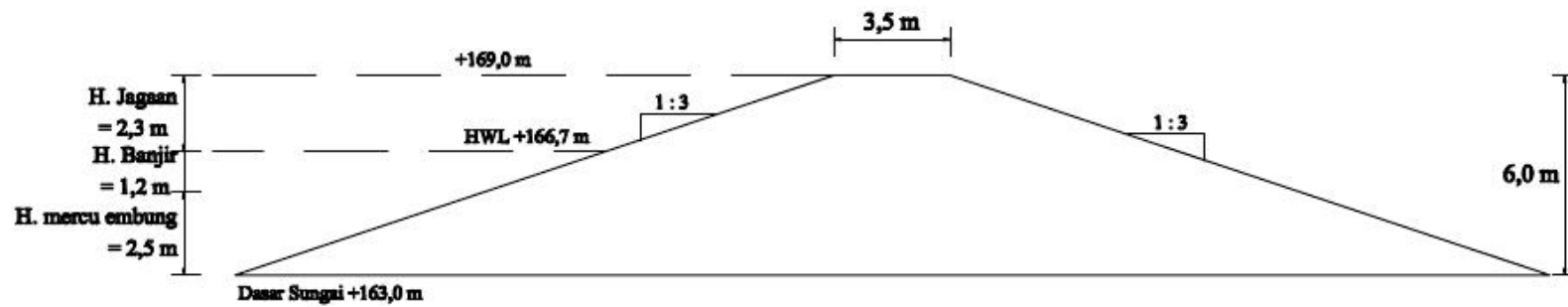
1. Dimensi Tubuh Embung Ngluyu direncanakan dengan tinggi tubuh embung 6,0 m dan lebar mercu embung 3,5 m. Kemiringan lereng tubuh embung pada tipe urugan homogen bagian hulu 1 : 3 dan bagian hilir 1 : 3, sedangkan untuk tipe urugan zonal dengan inti kedap air vertikal, kemiringan bagian hulu 1 : 1,25 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  $0,0728 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

#### **5.4 Saran**

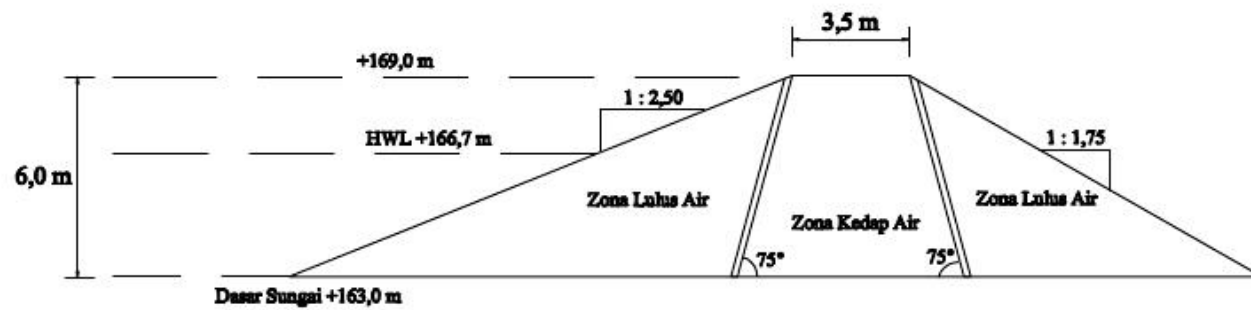
1. Apabila di daerah sekitar perencanaan embung terdapat bahan-bahan material kedap air, semi kedap air, lulus air atau bahkan campuran, maka embung tipe urugan zonal adalah alternatif yang paling sesuai, karena nilai debit rembesannya lebih kecil jika dibandingkan dengan tipe urugan homogen. Tetapi apabila bahan-bahan tersebut tidak dapat diperoleh dengan dalam jumlah yang memadai, maka dapat direncanakan bendungan tipe urugan homogen.
2. Pada saat debit banjir pada embung lebih besar dibandingkan dengan volume tampungan waduk (terutama pada saat musim penghujan), maka akan terjadi limpasan (*over topping*). Sehingga pada perencanaan tubuh embung, bisa juga ditambahkan bangunan pelengkap berupa bangunan pelimpah (*spillway*), untuk jaga-jaga supaya kelebihan debit banjir yang diluar kapasitas volume tampungan waduk tidak melebihi mercu embung dan dapat disalurkan menuju bangunan pelimpahnya.

## DAFTAR PUSTAKA

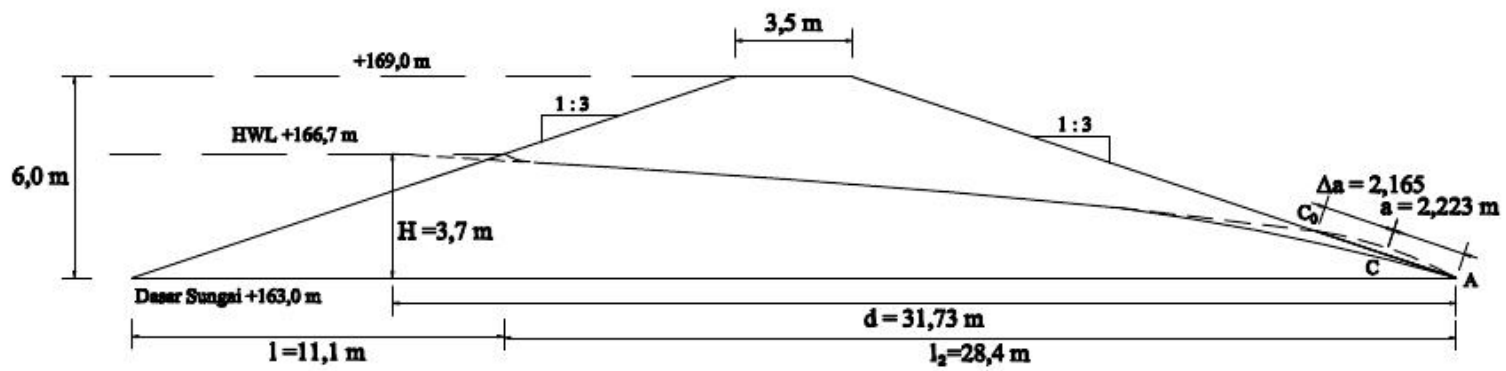
- Adhyaksa, Brigitta Mutiara, Heri Suprijanto dan Dian Sisinggih. 2013. Studi Perencanaan Konstruksi Tubuh Bendungan Pada Waduk Suplesi Konto Wiyu, Di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. <http://pengairan.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Studi-Perencanaan-Konstruksi-Tubuh-Bendungan-Pada-Waduk-Suplesi-Konto-Wiyu-di-Kecamatan-Pujon-Kabupaten-M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



**TUBUH EMBUNG TIPE URUGAN HOMOGEN**  
**1 : 200**



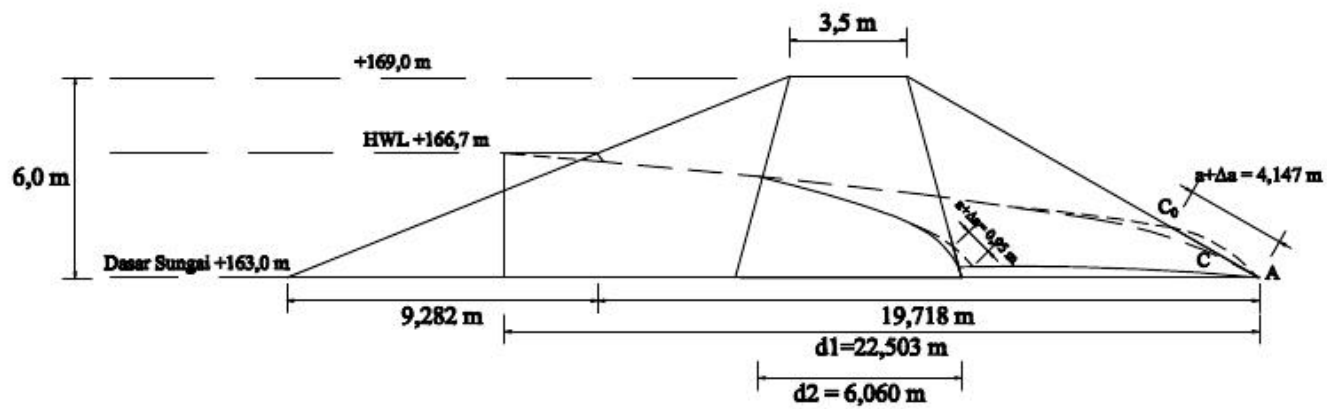
**TUBUH EMBUNG TIPE URUGAN ZONAL DENGAN INTI KEDAP AIR VERTIKAL**  
**1 : 200**



**SKEMA GARIS DEPRESI TUBUH EMBUNG TIPE URUGAN HOMOGEN**

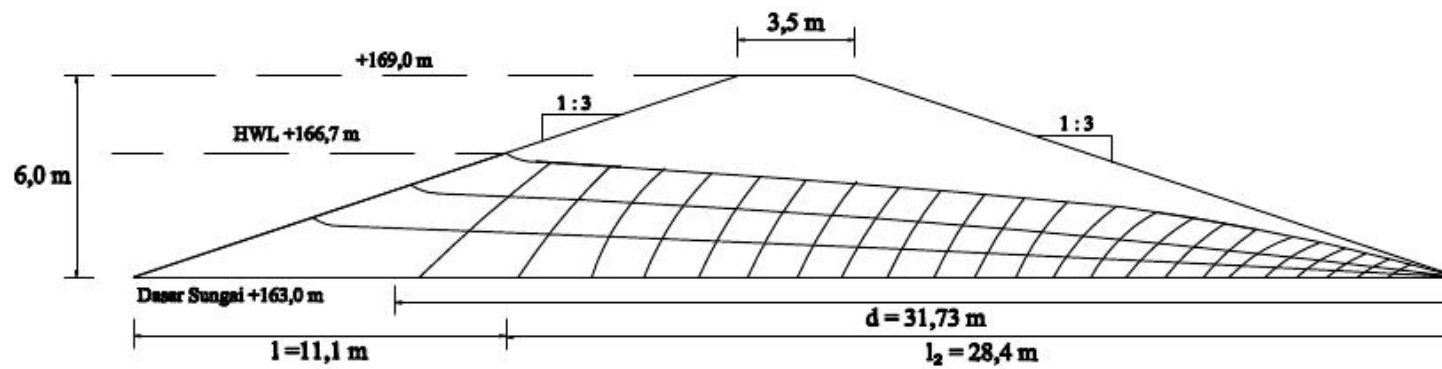
**1 : 200**





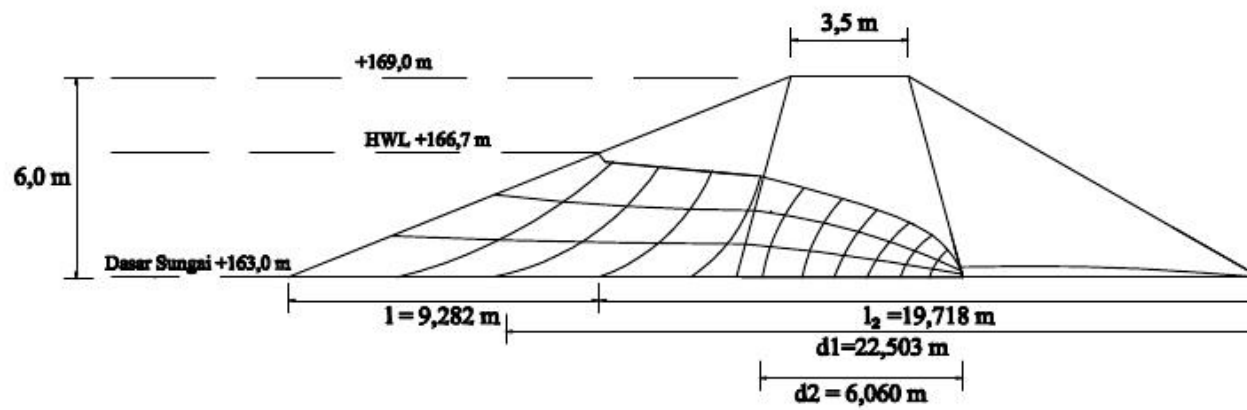
**SKEMA GARIS DEPRESI TUBUH EMBUNG TIPE URUGAN ZONAL**

**1 : 200**



**SKEMA JARINGAN TRAYEKTORI ALIRAN FILTRASITUBUH EMBUNG TIPE URUGAN HOMOGEN**

**1 : 200**



**SKEMA JARINGAN TRAYEKTORI ALIRAN FILTRASITUBUH EMBUNG TIPE URUGAN ZONAL**  
**1 : 200**

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas ridho dan kehendak Allah SWT, aku bisa menyelesaikan skripsiku ini. Tidak mudah menyelesaikan skripsi ini tanpa motivasi dan doa orang sekitarku . Aku persembahkan skripsi ini kepada :

- ✚ Orang Tuaku, ayah dan mama sebagai sandaran hidupku selain Allah, yang selalu siap sedia memberikan semangat dan dorongan baik batin maupun materi (maafkan anakmu ini yang selalu mengurangi gaji kalian setiap bulan ya :D). Terima kasih atas kerja keras yang selama ini mama dan ayah lakukan untuk memenuhi kebutuhanku. Aku selalu saja merepotkan kalian, semoga suatu saat nanti aku bisa sukses, membuat kalian selalu tersenyum bahagia dan bisa ganti menjadi sandaran hidup ayah dan mama di hari tua nanti. Aamiin.
- ✚ Dosen Pembimbingku, Pak Kustamar dan Pak Wayan yang tak pernah bosan aku datangi untuk minta bimbingan di sela-sela waktu sibuknya. Terima Kasih pak, aku tidak akan bisa menyelesaikan skripsi ini tanpa bantuan, Bapak. Terimakasih juga untuk semua Dosen Teknik Sipil ITN Malang untuk ilmu dan pengalaman yang telah beliau berikan.
- ✚ Adikku sing ayu dewe, Arik. Teman tidurku sejak bayi yang selalu siap mendengarkan curhatanku tentang segala hal aku rasain, menjadi teman piknikku setiap waktu dan yang selalu mengajak nonton drama korea saja daripada ngerjain tugas. Nandang lemu, rik.
- ✚ 2 sahabat cantikkku, Fida dan Juzi yang selalu ada saat aku tertawa dan menangis. Akhirnya kita bisa lulus bareng. Semoga bisa terus dijaga komunikasi kita, sampai kita punya suami, anak, cucu dan jadi nenek-nenek nanti. Sukses ya, rek.
- ✚ Jordi, sahabat, kakak (nemu gede) dan teman sharing yang selalu siap memberi petuah-petuah bak motivator handal saat aku lagi badmood dan butuh pencerahan. Semoga cepet nyusul ST om.
- ✚ Keluarga Kos TNI yang berisi gadis-gadis jawa, Mbak Pipit, Mbak Puput, Mbak Yuni, Mbak Ayuk, Elsa, Lalel, Nurme, Rani, Dea, para perantau (walaupun setiap weekend pada pulang) yang sudah seperti keluarga sendiri di Malang. Kapan Rabi, rek?

- ✚ MJ Grup, Irma, Diara, Revi, Laily, Yesika, Nina, Eny, Dea, Nur, Alisa, teman sejak sekolah yang selalu menyempatkan bertemu tiap liburan dan lebaran.
- ✚ KP Nganjuk, terutama Bu Erni dan Mas Alfian yang selalu aku repotin buat minta ajarin materi yang susah dan minta data-data yang kurang.
- ✚ Teman-teman SDAku, Atika, Fida, Riana, Bayu, Axel, Ardi, Wawan, Mas Farid, Mas Syarif, Mas Bagus = Calon-calon Tenaga Ahli Bidang Pengairan. Semangat terus buat belajar teman-teman, semangat dapetin gelar lagi dari ST, MT, Dr sampai Prof. Serta teman-teman Teknik Sipil 2013, Imran, Dilla, Uyun, Puspa dkk.
- ✚ Last but not least, Meskha Art. Mas Agung, terima kasih sudah diberi kesempatan untuk merasakan gimana rasanya kerja untuk pertama kali dan belajar untuk bertanggung jawab atas pekerjaanku. Juga buat Yurike, admin meskha art yang super sabar dan telaten ngadepin berbagai macam customer.

**SKRIPSI**

**“ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG NGLUYU,  
KABUPATEN NGANJUK”**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi  
Jenjang Strata 1 (S-1) Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Sumber Daya Air*

*Pada Hari : Kamis*

*Tanggal : 3 Agustus 2017*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh :**

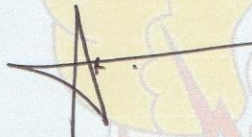
**RETNO PRI ANGGRANINGTIYAS**

**13.21.256**

**Disahkan Oleh :**

**Ketua Program Studi**

**Sekretaris Program Studi**



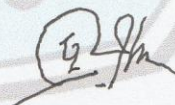
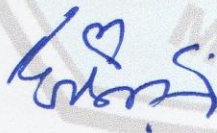
**Ir. A. Agus Santosa, MT**

**Ir. Munasih, MT**

**Anggota Penguji :**

**Dosen Penguji I**

**Dosen Penguji II**



**Dr. Ir. Subandiyah Aziz, CES**

**Ir. Endro Yuwono, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG**

**2017**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**“ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG NGLUYU,  
KABUPATEN NGANJUK”**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar*

*Sarjana Teknik Sipil Strata I (S-1)*

*Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**

**RETNO PRI ANGGRANINGTIYAS**

**13.21.256**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Ir. Kustamar, MT**

**Ir. I Wayan Mundra, MT**

**Mengetahui :**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



**Ir. A. Agus Santosa, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG**

**2017**



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**Jln. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 51431 Malang**

---

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

**Nama** : Retno Pri Anggraningtiyas  
**NIM** : 13.21.256  
**Program Studi** : Teknik Sipil S-1 Konsentrasi Sumber Daya Air  
**Fakultas** : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“ALTERNATIF PERENCANAAN TIPE TUBUH EMBUNG NGLUYU, KABUPATEN NGANJUK”**, adalah benar - benar hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, September 2017

Yang membuat pernyataan



**(Retno Pri Anggraningtiyas)**



## 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
- Alexender 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://rekayasasipil.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 Type Urugan. Jakarta: Pradnya Paramita