

# **SKRIPSI**

## **PERENCANAAN EMBUNG RESAPAN UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI KABUPATEN TULUNGAGUNG**



*Disusun oleh :*  
**VALENTINUS BENEDIKTUS PHOA**  
**09.23.003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
KONSENTRASI TEKNIK SUMBER DAYA AIR  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**“PERENCANAAN EMBUNG RESAPAN UNTUK  
PENGENDALIAN BANJIR DI KABUPATEN TULUNGAGUNG”**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**

**VALENTINUS BENEDIKTUS PHOA**

**09.23.003**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. H. Hirijanto, MT**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Endro Yuwono, MT**

**Mengetahui :**

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



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

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
KONSENTRASI TEKNIK SUMBER DAYA AIR  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**“PERENCANAAN EMBUNG RESAPAN UNTUK  
PENGENDALIAN BANJIR DI KABUPATEN TULUNGAGUNG”**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi*

*Jenjang Strata satu ( S-1 )*

*Pada Hari : Kamis*

*Tanggal : 21 Agustus 2014*

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

**Disusun Oleh :**

**VALENTINUS BENEDIKTUS PHOA**

**09.23.003**

Disahkan Oleh :

**Ketua**



Ir. A. Agus Santosa, MT

**Sekretaris**



Lila Ayu Ratna Winanda, ST. MT

Anggota Penguji :

**Dosen Penguji I**



Dr. Ir. Kustamar, MT

**Dosen Penguji II**



Ir. H. Edi Hargono, D. P. MS

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
KONSENTRASI TEKNIK SUMBER DAYA AIR  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**

# **“PERENCANAAN EMBUNG RESAPAN UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI KABUPATEN TULUNGAGUNG”**

Oleh : Valentinus Benediktus Phoa (09.23.003)

Dosen Pembimbing I : Ir. H. Hirijanto, MT. , Dosen Pembimbing II : Ir. Endro Yuwono, MT.

---

## **ABSTRAKSI**

Kelurahan Bago berada di Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur dengan batas – batas administrasi sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Kediri, sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Hindia/Indonesia, sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Blitar dan sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Trenggalek.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan embung resapan di Kabupaten Tulungagung sebagai usaha untuk pengendalian banjir khususnya di Kelurahan Bago. Adapun perhitungan dalam perencanaan embung resapan meliputi analisa hidrologi berupa perhiungan data hujan yang dilakukan dengan uji distribusi hujan, perhitungan hujan periode ulang sampai pada perhitungan hidrograf suatu curah hujan sehingga didapatkan debit banjir rencana. Sedangkan data topografi digunakan untuk perencanaan konstruksi embung serta perencanaan tampungan.

Dari hasil perhitungan perencanaan dengan menggunakan debit rencana 50 tahun ( $Q_{50th}$ ) dengan tubuh embung direncanakan menggunakan tipe Embung Urugan Homogen dengan lebar puncak embung 2,00 m dan tinggi tubuh embung 2,94 mpada elevasi  $\pm 78,54$  m dengan dasar embung terletak pada  $\pm 75,60$  m. Embung dilengkapi dengan sumur resapan menggunakan konstruksi beton dengan kedalaman sumur resapan direncanakan 3,50 m dan diameter 2,00 m, dilengkapi dengan lubang injeksi dengan kedalaman 1,00 m dan diameter 1,00 m yang di isi ijuk, pasir, arang dan kerikil.

**Kata Kunci : Pengendalian Banjir, Perencanaan Embung Resapan.**

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, oleh Karena kasih dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Perencanaan Embung Resapan Untuk Pengendalian Banjir Di Kabupaten Tulungagung”**.

Tujuan penulisan ini adalah sebagai syarat untuk menyelesaikan kuliah dan memperoleh gelar serjana pada program studi Teknik Sipil Konsentrasi Teknik Sumber Daya Air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.

Karena penulis telah dibimbing dan diberi petunjuk serta arahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini, untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik sipil dan perencanaan dan Koordinator Teknik SDA.
3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT. Selaku Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Endro Yuwono, MT. Selaku Pembimbing Tugas Akhir.
5. Bapak/Ibu dosen Teknik Sipil dan Teknik Sumber Daya Air ITN Malang.
6. Rekan – rekan mahasiswa/mahasiswi Teknik Sumber Daya Air dan Teknik Sipil ITN Malang.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun guna memperbaiki isi dari bahasan ini sangat kami harapkan. Semoga apa yang telah kami sampaikan dalam Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, September 2014

Penulis

# DAFTAR ISI

**LEMBAR JUDUL**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ABSTRAKSI**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR TABEL**

**DAFTAR GAMBAR**

<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Lokasi Studi .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Rumusan Masalah .....	4
1.5. Maksud dan Tujuan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1. Embung .....	5
2.2. Analisa Hidrologi .....	8
2.2.1. Curah Hujan Harian Maksimum .....	9
2.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rancangan .....	12
2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi.....	18
2.2.4. Distribusi Hujan Jam – jaman .....	22
2.2.5. Koefisien Pengaliran .....	23
2.2.6. Hujan Efektif .....	24
2.2.7. Hidrograf Banjir Rancangan .....	24
2.2.7.1. Metode Nakayasu .....	25
2.3. Perencanaan Teknis Embung .....	26
2.3.1. Kapasitas Tampungan Embung.....	27
2.3.2. Penelusuran Banjir (Flood Routing) .....	27
2.3.3. Tinggi Tubuh Embung .....	29
2.3.4. Tinggi Jagaan .....	29

2.3.5. Tipe Tubuh Embung .....	31
2.3.6. Lebar Puncak Embung .....	32
2.3.7. Kemiringan Lereng Embung.....	32
2.3.8. Stabilitas Lereng.....	33
2.4. Sumur Resapan .....	34
2.4.1. Sumur Resapan Dalam.....	35
2.4.2. Fungsi Sumur Resapan.....	35
2.4.3. Spesifikasi Sumur Resapan .....	38
2.4.4. Prinsip Kerja Sumur Resapan .....	39
2.4.5. Perencanaan Sumur Resapan .....	39
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>43</b>
3.1. Umum.....	43
3.2. Jenis dan Sumber Data .....	43
3.3. Metode dan Analisa .....	45
<b>BAB IV ANALISA DATA .....</b>	<b>46</b>
4.1. Analisa Hidrologi.....	46
4.1.1. Curah Hujan Harian Maksimum .....	46
4.1.2. Curah Hujan Rancangan .....	47
4.1.2.a. Metode Log Person Type III .....	47
4.1.2.b. Metode EJ Gumbel .....	49
4.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi.....	53
4.1.3.a. Metode Log Person Type III .....	53
4.1.3.b. Metode EJ Gumbel .....	57
4.1.4. Distribusi Hujan Jam – jaman .....	64
4.1.5. Koefisien Pengaliran .....	65
4.1.6. Hujan Efektif .....	66
4.1.7. Debit Banjir Rancangan .....	67
4.1.7.1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	67
4.2. Dimensi Sumur Resapan .....	75
4.2.1. Koefisien Permeabilitas Tanah .....	75
4.2.2. Konstruksi Sumur Resapan .....	75
4.3. Perencanaan Teknis Embung .....	78
4.3.1. Lengkung Kapasitas Tampungan Efektif Embung .....	78



4.3.2. Analisa Tampungannya Mati Embung .....	79
4.3.3. Penelusuran Banjir (Flood Routing) .....	80
4.3.4. Tipe Tubuh Embung .....	86
4.3.5. Tinggi Jagaan .....	86
4.3.6. Tinggi Tubuh Embung .....	86
4.3.7. Lebar Puncak Embung .....	87
4.3.8. Kemiringan Lereng Embung.....	87
4.3.9. Perencanaan Pintu Pembilas .....	87
4.3.10. Analisa Stabilitas Embung Terhadap Aliran Filtrasi .....	87
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>92</b>
5.1. Kesimpulan .....	92
5.2. Saran.....	93

## DAFTAR TABEL

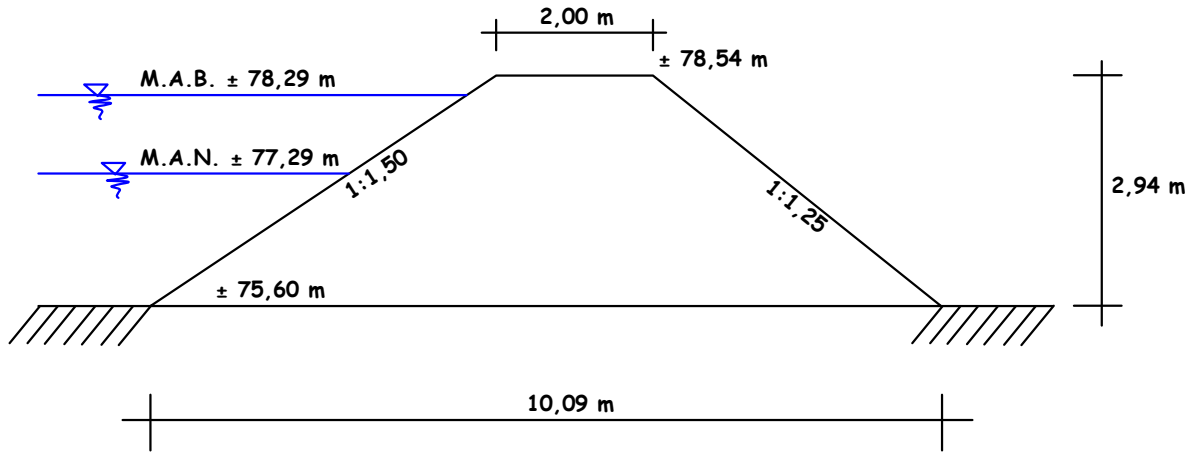
Tabel 2.1. Harga G Untuk Distribusi Log Person Type III .....	14
Tabel 2.2. Hubungan ( $Y_n$ ) dan ( $S_n$ ) .....	17
Tabel 2.3. Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi Square.....	20
Tabel 2.4. Nilai Kritis Untuk Distribusi Smirnov Kolmogorov Test.....	22
Tabel 2.5. Koefisien Pengaliran .....	24
Tabel 2.6. Tinggi Jagaan Embung.....	30
Tabel 2.7. Kesesuaian Antara Tipe Tubuh Embung dengan Jenis Fondasi, Lembah, dan Bahan Bangunan .....	31
Tabel 2.8. Lebar Puncak Tubuh Embung.....	32
Tabel 2.9. Kemiringan Lereng Embung.....	33
Tabel 2.10. Koefisien Permeabilitas Tanah .....	40
Tabel 4.1. Curah Hujan Harian Maksimum .....	47
Tabel 4.2. Perhitungan Log Person Type III .....	48
Tabel 2.7. Curah hujan Rancangan Dengan Dengan Metode Log Person Type .....	49
Tabel 4.4. Curah Hujan Harian Maksimum .....	50
Tabel 4.5. Perhitungan EJ Gumbel .....	50
Tabel 4.6. Perhitungan Reduced Variated dan Faktor Frekuensi .....	52
Tabel 4.7. Curah Hujan Rancangan Dengan metode EJ Gumbel .....	52
Tabel 4.8. Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas Log Person Type .....	54
Tabel 4.9. Pengujian Chi Square pada probabilitas Log Person Type III.....	57
Tabel 4.10. Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas EJ Gumbel .....	59
Tabel 4.11. Batas Kelas Pada Probabilitas EJ Gumbel.....	61
Tabel 4.12. Pengujian Chi Square pada probabilitas EJ Gumbel .....	61
Tabel 4.13. Perbandingan Curah Hujan Rancangan .....	63
Tabel 4.14. Perbandingan Uji Smirnov-Kolmogorov .....	63
Tabel 4.15. Perbandingan Uji Chi Square.....	63
Tabel 4.16. Distribusi Hujan Jam -jaman.....	65

Tabel 4.17. Rerata Koefisien Pengaliran Penggunaan Lahan .....	65
Tabel 4.18. Perhitungan hujan Efektif .....	66
Tabel 4.19. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	70
Tabel 4.20. Ordinat Banjir Rancangan 5 Tahun .....	71
Tabel 4.21. Ordinat Banjir Rancangan 10 Tahun .....	72
Tabel 4.22. Ordinat Banjir Rancangan 20 Tahun .....	73
Tabel 4.23. Ordinat Banjir Rancangan 50 Tahun .....	74
Tabel 4.24. Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan .....	78
Tabel 4.25. Analisa Tampungan Mati dan Elevasi Mercu Spillway.....	80
Tabel 4.26. Elevasi Muka Air dan Kapasitas Spillway.....	82
Tabel 4.27. Parameter Debit dan Tampungan Embung .....	83
Tabel 4.28. Penelusuran Banjir Melalui Embung .....	84
Tabel 4.29. Koordinat Parabola Garis Depresi .....	89
Tabel 4.30. Analisa Debit Berdasarkan Data Hujan Tahun 2000 -2012 Dengan Metode F.J.Mock .....	91

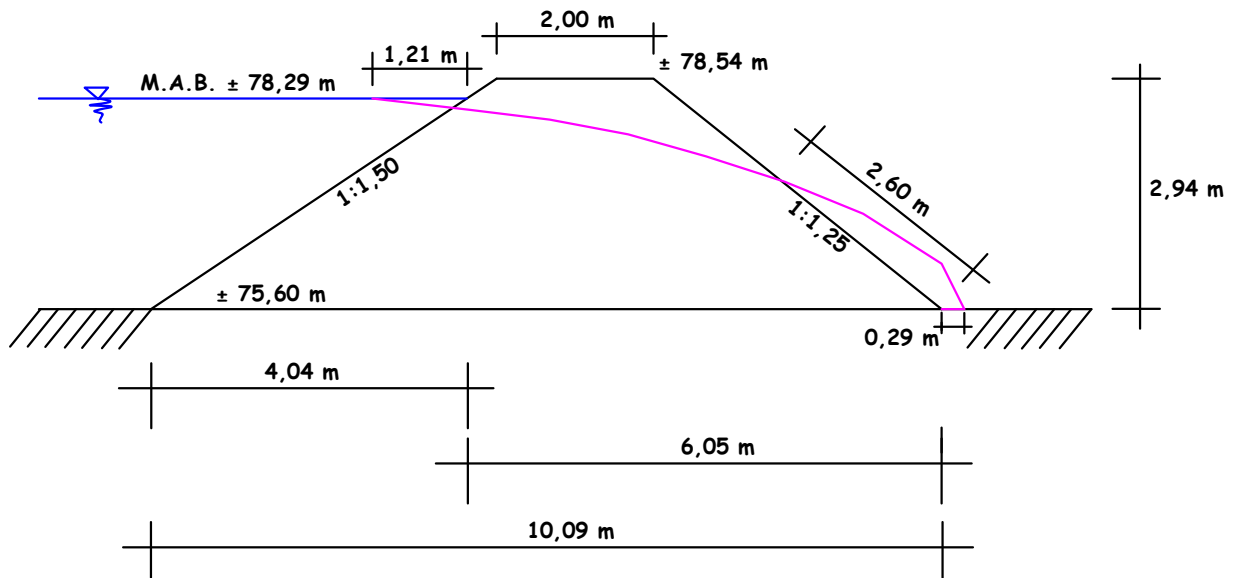
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Lokasi Studi.....	1
Gambar 1.2. Peta Lokasi Kabupaten Tulungagung .....	2
Gambar 2.1. Tipe Embung Berdasarkan Jalannya Air.....	6
Gambar 2.2. Embung Urugan .....	7
Gambar 2.3. Tipe – tipe Embung Beton .....	8
Gambar 2.4. Peta Polygon Thiessen.....	10
Gambar 2.5. Peta Isohyet .....	11
Gambar 2.6. Tinggi Tubuh Embung .....	29
Gambar 2.7. Garis Depresi pada Bendung Homogen .....	34
Gambar 2.8. Model Sumur Resapan Dalam .....	37
Gambar 4.1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu 5 Tahun.....	71
Gambar 4.2. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu 10 Tahun.....	72
Gambar 4.3. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu 20 Tahun.....	73
Gambar 4.4. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu 50 Tahun.....	74
Gambar 4.5. Desain Sumur Resapan.....	77
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tampungan.....	79
Gambar 4.7. Garfik Inflow dan Outflow .....	85

Gambar Potongan B-B  
Skala 1 : 100



Gambar Garis Depresi Embung  
Skala 1 : 100



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting untuk kehidupan manusia, baik sebagai sumber tenaga maupun untuk kegunaan yang lainnya. Meskipun air sangat bermanfaat, tetapi air kadang kala menjadi penyebab terjadinya banjir yang bisa menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Apabila air banjir pada musim hujan dapat ditampung dan disimpan, maka pada saat kekurangan air atau pada musim kemarau dapat dimanfaatkan untuk keperluan hidup manusia dan keperluan lainnya seperti irigasi, pertanian dan perikanan. Seperti yang telah kita ketahui bersama, sumber air dapat berupa waduk, sungai, atau air tanah (*Ground Water*). Untuk pengaturan air tersebut, diperlukan sarana-sarana tertentu berupa bangunan atau sarana khusus yang diharapkan dapat membantu kelancaran pengaliran air.

Dalam studi ini akan membahas mengenai perencanaan embung resapan untuk mengatasi masalah banjir di Kabupaten Tulungagung. Dimana embung berfungsi sebagai embung penahan (*detention dams*) yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak kemudian air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (*outlet*). Perencanaan embung dilengkapi dengan sumur resapan, dimana sumur resapan akan membantu meresapkan air kedalam tanah guna pengisian kembali air tanah.

## **1.2. Lokasi Studi**

Lokasi Studi berada di Kabupaten Tulungagung.

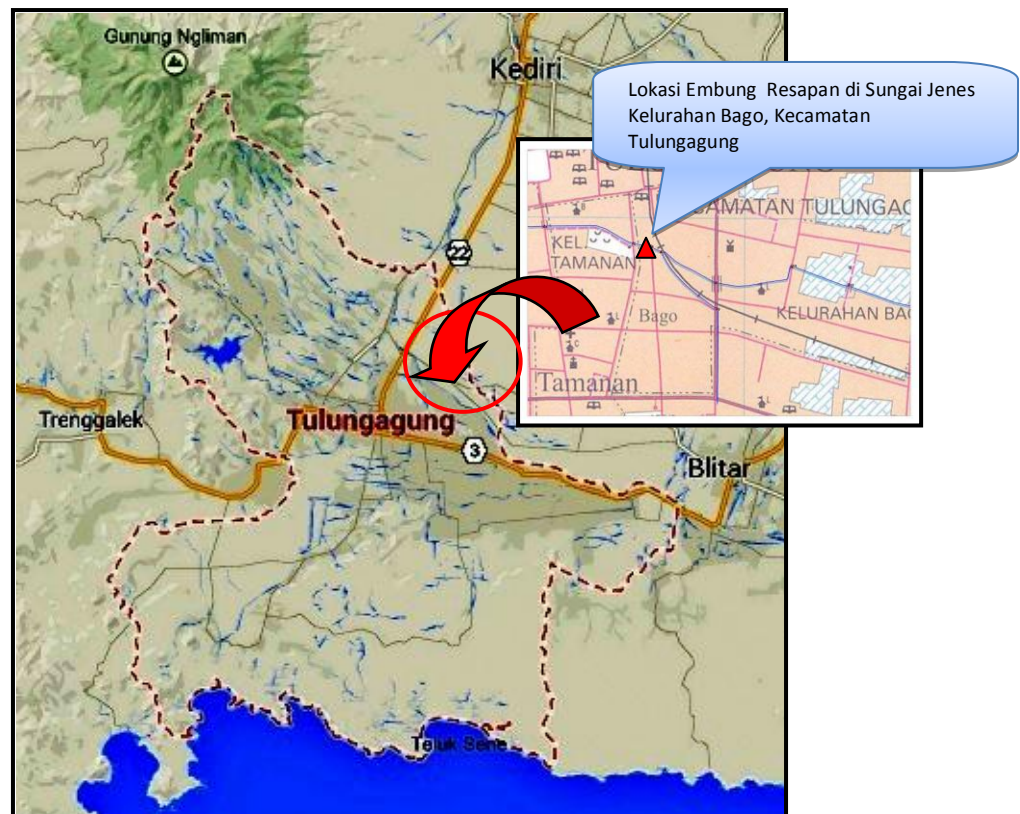
Batas-batas administrasi Kabupaten Tulungagung sebagai berikut:

Sebelah Utara : Kabupaten Kediri

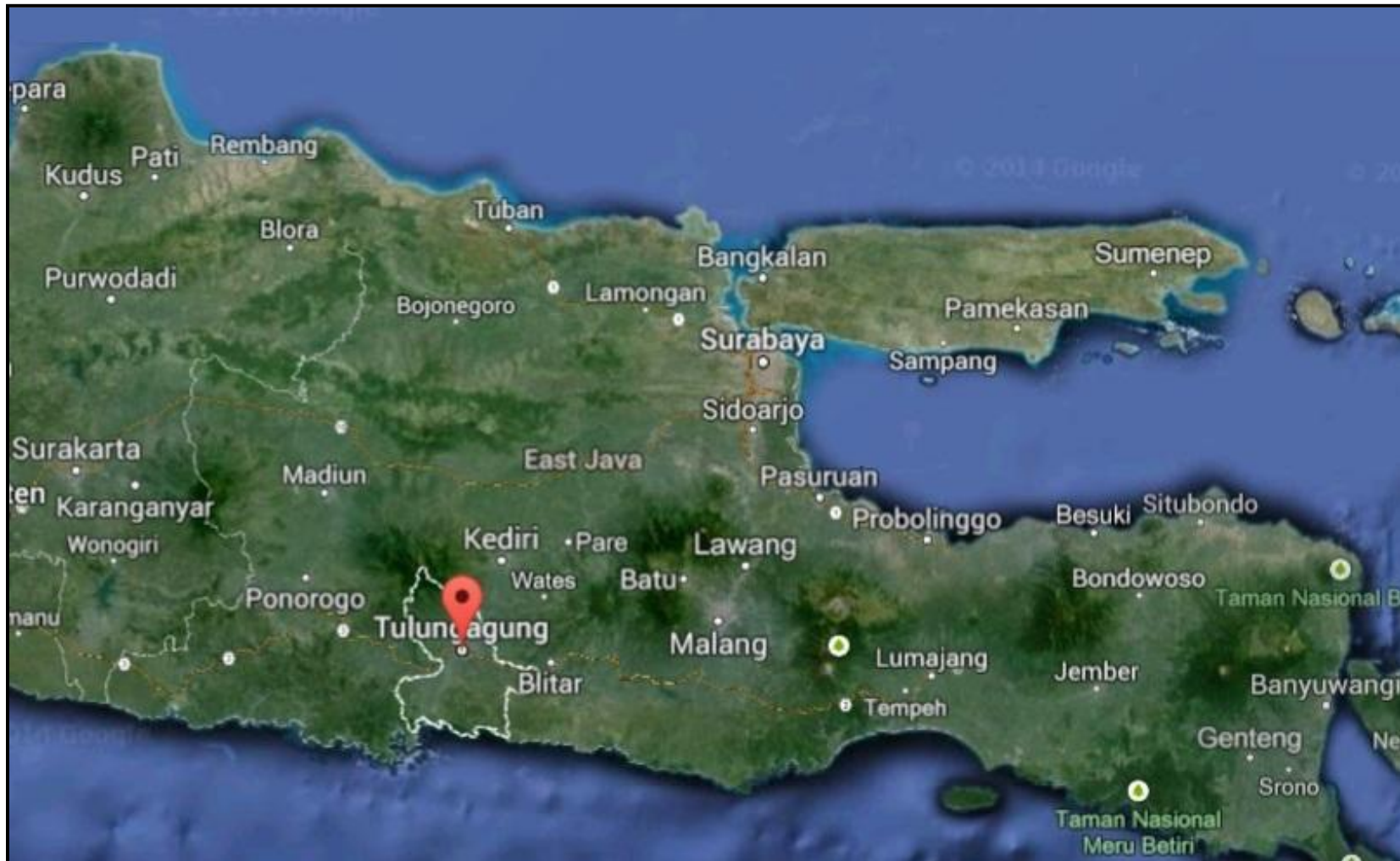
Sebelah Selatan : Laut Hindia / Indonesia

Sebelah Timur : Kabupaten Blitar

Sebelah Barat : Kabupaten Trenggalek



*Gambar 1.1. Peta Lokasi Studi*



*Gambar 1.2. Peta Lokasi Kabupaten Tulungagung*



### **1.3. Batasan Masalah**

Dalam studi ini pembahasan hanya difokuskan pada masalah sebagai berikut :

1. Studi ini dilakukan di Kabupaten Tulungagung.
2. Perhitungan banjir rancangan.
3. Perencanaan bangunan embung dengan pintu penguras dan perhitungan stabilitas terhadap aliran filtrasi.
4. Perencanaan Sumur resapan.

### **1.4. Rumusan Masalah**

Dalam studi ini perumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Apakah penurunan debit banjir dengan adanya embung dapat mengatasi banjir di daerah hilir?
2. Berapa dimensi embung?
3. Bagaimana stabilitasnya?
4. Berapa dimensi sumur resapan?
5. Berapakah waktu yang diperlukan untuk meresapkan air dalam sumur resapan?

### **1.5. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari studi ini adalah merencanakan embung resapan di Kelurahan Bago Kabupaten Tulungagung.

Sedangkan tujuan dari studi ini adalah menampung air hujan untuk pengendalian banjir di Kelurahan Bago Kabupaten Tulungagung dan diharapkan dapat meresapkan air kedalam tanah melalui sumur resapan yang dibuat guna pengisian kembali air tanah.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Embung

Embung resapan adalah kolam penampungan kelebihan air hujan pada musim hujan dengan tujuan meresapkan air ke dalam tanah guna pengisian kembali air tanah melalui embung itu sendiri atau melalui bangunan resapan.

Tipe embung dapat dikelompokkan menjadi 4 keadaan yaitu :

##### 1. Tipe Embung Berdasar Tujuan Pembangunannya

Ada 2 tipe yaitu embung dengan tujuan tunggal dan embung serba guna (dalam Sudibyo, 1993)

- (1). Embung dengan tujuan tunggal (*single purpose dams*) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya untuk pembangkit tenaga listrik atau pengendalian banjir atau tujuan lainnya tetapi hanya untuk satu tujuan saja.
- (2). Embung serba guna (*multipurpose dams*) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan misalnya pembangkit tenaga listrik (PLTA) dan irigasi (pengairan), pengendalian banjir dan PLTA.

##### 2. Tipe Embung Berdasar Penggunaannya

Menurut Soedibyo (1993) dibedakan menjadi :

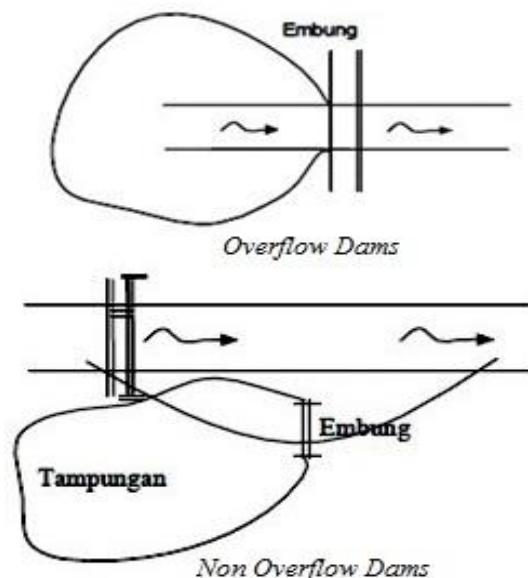
- (1). Embung penampung air (*storage dams*) adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan. Termasuk dalam embung penampung air adalah untuk tujuan rekreasi, perikanan, pengendalian banjir dan lain.

- (2). Embung pembelok (*diversion dams*) adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk keperluan mengalirkan air kedalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan.
- (3). Embung penahan (*detention dams*) adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (*outlet*). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap di daerah sekitarnya.

### **3. Tipe Embung Berdasar Jalannya Air**

Ada 2 tipe yaitu embung untuk dilewati air dan embung untuk menahan air (dalam Sudibyo, 1993).

- (1). Embung untuk dilewati air (*overflow dams*) adalah embung yang dibangun untuk dilimpasi air misalnya pada bangunan pelimpah (*spillway*).
- (2). Embung untuk menahan air (*non overflow dams*) adalah embung yang sama sekali tidak boleh dilimpasi air. Kedua tipe ini biasanya dibangun berbatasan dan dibuat dari beton, pasangan batu atau pasangan bata.

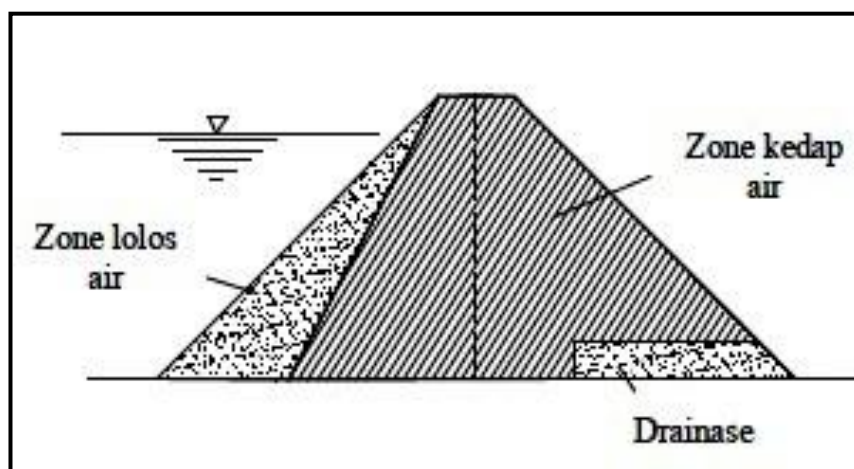


**Gambar 2.1.** Tipe Embung Berdasarkan Jalannya Air

#### 4. Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentuknya.

Ada 2 tipe yaitu embung urugan, embung beton dan embung lainnya (dalam Sudibyo, 1993).

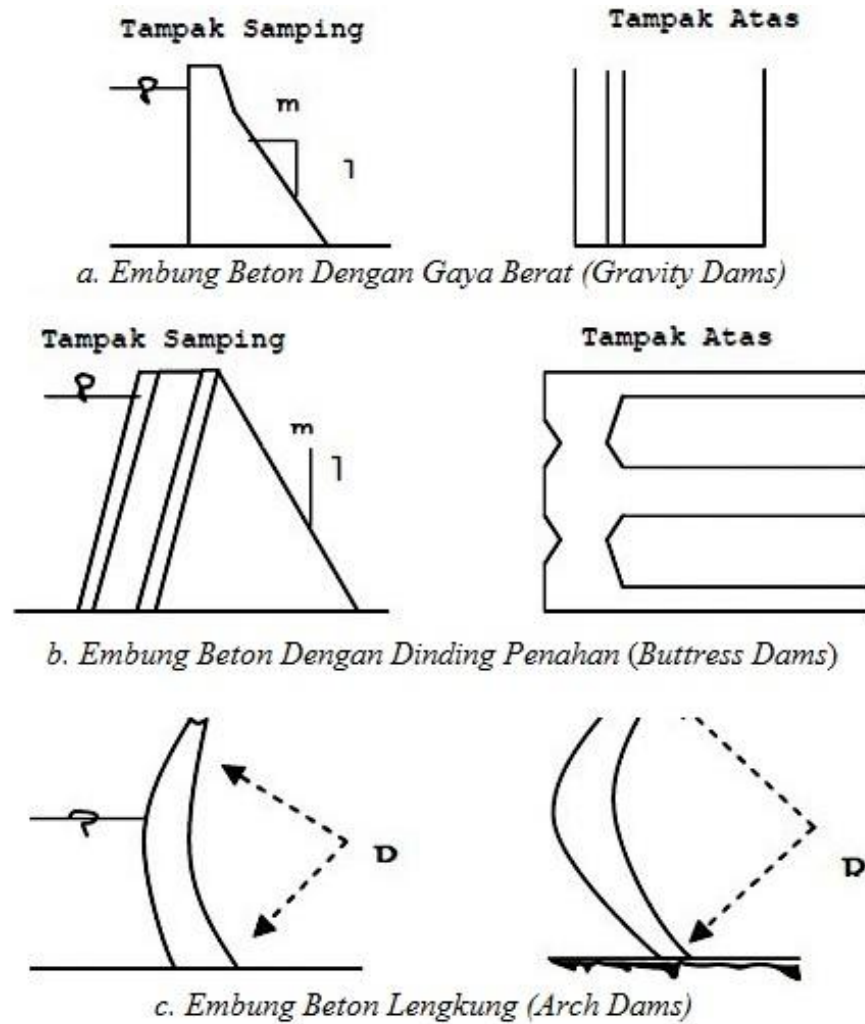
- (1). Embung urugan (*fill dams, embankment dams*) adalah embung yang dibangun dari penggalian bahan (material) tanpa tambahan bahan lain bersifat campuran secara kimia jadi bahan pembentuk embung asli. Embung ini dibagi menjadi dua yaitu embung urugan serba sama (*homogeneous dams*) adalah embung apabila bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari tanah sejenis dan gradasinya (susunan ukuran butirannya) hampir seragam. Yang kedua adalah embung zonal adalah embung apabila timbunan terdiri dari batuan dengan gradasi (susunan ukuran butiran) yang berbeda-beda dalam urutan-urutan pelapisan tertentu.



Gambar 2.2. Embung Urugan

- (2). Embung beton (*concrete dam*) adalah embung yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir tidak sama pada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya lebih ramping. Embung ini masih dibagi lagi menjadi : embung beton berdasar berat sendiri stabilitas tergantung

pada dasarnya, embung beton dengan penyangga (*buttress dam*) permukaan hulu menerus dan di hilirnya pada jarak tertentu ditahan, embung beton berbentuk lengkung dan embung beton kombinasi



**Gambar 2.3.** Tipe – tipe Embung Beton

## 2.2. Anlisa Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari system kejadian air di atas, pada permukaan, dan di dalam tanah (dalam Soemarto, 1999). Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh adalah curah hujan (*presipitasi*). Curah hujan pada suatu daerah

merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya.

### **2.2.1. Curah Hujan Harian Maksimum**

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu.

Ada tiga cara yang berbeda dalam menentukan tingginya curah hujan rata – rata areal dari data curah hujan di beberapa titik pos penangkar atau pencatat.

(*Hidrologi Teknik; C. D. Soemarto, 31:1986*) yaitu :

- a. Cara Tinggi Rata – rata Aljabar
- b. Cara Polygon Thiessen
- c. Cara Isohyet

Dalam laporan ini yang akan dipakai dalam menganalisa curah hujan adalah **metode Polygon Thiessen.**

#### **a. Cara Tinggi rata – rata Aljabar**

Tinggi rata-rata Aljabar curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata-rata hitung (*Arithmetic Mean*) dari penakaran pada pos penakar hujan areal tersebut.

Dengan demikian maka untuk menghitung tinggi hujan dengan metode Rata-rata Aljabar (*Arithmetic Mean*) rumus yang dipakai sebagai berikut:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_1^n \frac{d_i}{n}$$

Dengan :

d = Tinggi curah hujan rata-rata areal

d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub>,...d<sub>n</sub> = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, 3,...n

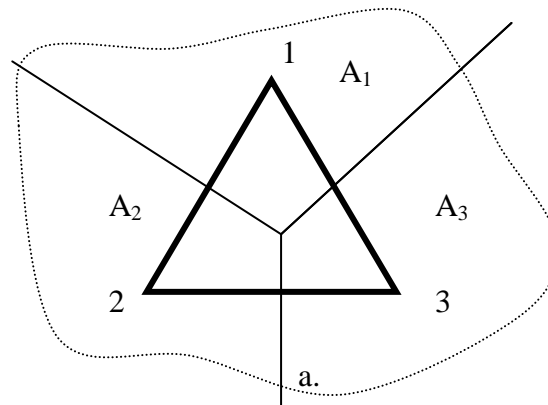
$n$  = Banyaknya pos penakar hujan.

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya, asalkan pos-pos penakarnya terbagi merata diareal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari rata-rata pos penakar.

**b. Cara Polygon Thiessen**

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang di bentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Misal  $A_1$  adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1,  $A_2$  adalah luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya. Jumlah  $A_1 + A_2 + \dots + A_n = A$  adalah jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi hujan rata – ratanya.



**Gambar 2.4.** Peta Polygon Thiessen

Jika pos penakar 1 menakar  $R_n$ , maka :

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot R_i}{A}$$

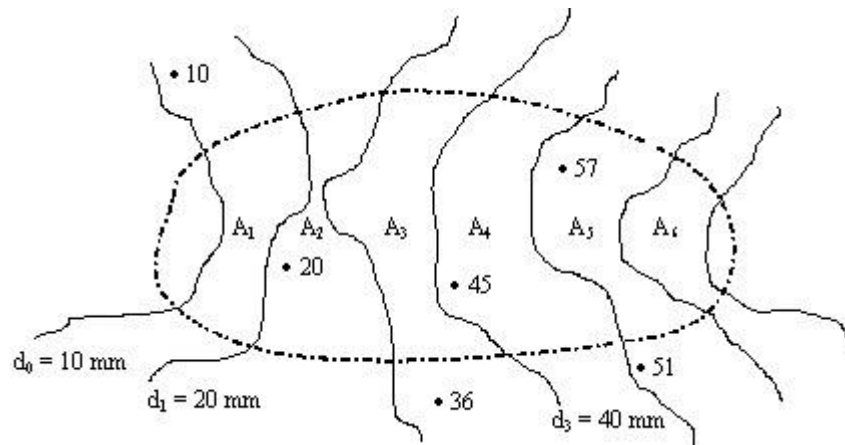
Jika  $\frac{A_i}{A} = P_i$  maka  $R = \sum_{i=1}^n P_i R_i$

Dengan :

- A = Luas area
- P = Bobot atau Prosentase Luas
- R = Tinggi curah hujan areak maksimum
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  = Tinggi curah hujan di pos 1,2,...,n
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pengaruh pos 1,2,...,n

**c. Cara Isohyet**

Dalam hal ini kita harus menggambar dahulu garis contour/garis tranches dengan tinggi hujan yang sama (isohyet), seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.5. Peta Isohyet**

Kemudian luas di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur dan harga rata-ratanya dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari nilai kontur, seperti berikut ini :

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2} A_1 + \frac{d_1+d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_{n-1}+d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_1^n \frac{d_{i-1}+d_i}{2} A_i}{\sum_i^n A_i} = \frac{\sum_1^n \frac{d_{i-1}+d_i}{2} A_i}{A}$$

Dengan :

- A = Luas daerah
- d = Tinggi curah hujan rata-rata areal



- $d_0, d_1, d_2, \dots, d_n$  = Tinggi curah hujan pada pos penakar 0, 1, 2, ..., n
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = Luas bagian areal yang dibatasi oleh Isohyet – isohyet yang bersangkutan

Ini adalah cara yang paling teliti, tetapi membutuhkan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat guna memungkinkan untuk membuat garis-garis isohyet. Cara ini memberikan hasil yang dapat dipercaya, asalkan pos-pos penakarnya terbagi rata di areal tersebut dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata seluruh pos penakar. Metode yang sering digunakan dalam menghitung curah hujan maksimum adalah dengan menggunakan metode Thiessen. (*Hidrologi Teknik; C. D. Soemarto, 33:1986*)

### 2.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan tahunan dengan suatu kemungkinan terjadi pada periode ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perencanaan bangunan air.

Dalam Tugas Akhir ini metode yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rancangan adalah metode Log Person Type III, dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data.

#### a. Log Pearson Type III

Metode ini di analisa berdasarkan data dari analisa curah hujan areal maksimum dengan menggunakan metode Poligon Thiesen. Sebelum mendapatkan persamaan “**Log Pearson Type III**”, perlu dihitung terlebih dahulu parameter-parameter Statistik sebagai berikut:

1. Curah Hujan Rata – rata :

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

2. Simpangan Baku :

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

3. Koefisien Kepencengan :

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log}X - \text{Log}\bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)(\sigma \text{Log}X)^3}$$

4. Persamaan Log Person Type III :

$$\text{Log } x_T = \text{Log}\bar{X} + (G \times Si)$$

Dengan :

$\text{Log } x_T$  = Nilai ekstrim dengan kala ulang t tahun

$\text{Log}\bar{X}$  = Nilai rata – rata curah hujan

G = Fungsi kala ulang

Si = Simpangan baku

Tabel 2.1. Harga G untuk Distribusi Log Pearson Type III

Cs	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50.00	20.00	10.00	4.00	2.00	1.00	0.50	0.10
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909	7.120
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.990
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	3.932	4.783	6.860
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.730
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	3.652	6.600
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.467
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.333
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454	6.200
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	6.055
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.785
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.525
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	5.250
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.965
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.006	2.585	3.087	3.575	4.680
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400

Sumber : Soewarno, 1995

## LAPORAN TUGAS AKHIR

Cs	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50.00	20.00	10.00	4.00	2.00	1.00	0.50	0.10
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	1.713
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424	1.545
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.318	1.351	1.373
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155	1.205
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044	1.065
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949	0.955
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869	0.874
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.838
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.775
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741	0.748
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.722
-2.9	0.330	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690	0.695
-3.0	0.390	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber : Soewarno, 1995

### b. Metode EJ Gumbel

Metode EJ Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekwensi banjir. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{x} + K \cdot S$$

Dengan :

$$X_T = \text{Curah Hujan Rancangan}$$

$\bar{x}$  = Curah Hujan Rata-rata

K = Faktor Frekuensi

S = Standart Deviasi

1.  $\bar{x}$  = harga rata-rata dari data

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

2. S = standart deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

3. Faktor Frekuensi (K)

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Dengan :

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(Tr-1)}{Tr} \right\} \right]$$

*Tabel 2.2. Hubungan Data Rata-rata ( $Y_n$ ) dan Deviasi Standar ( $S_n$ )*

<b>N</b>	<b><math>Y_n</math></b>	<b><math>S_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>Y_n</math></b>	<b><math>S_n</math></b>
<b>10</b>	0.4952	0.9496	<b>56</b>	0.5508	1.1696
<b>11</b>	0.4996	0.9676	<b>57</b>	0.5511	1.1708
<b>12</b>	0.5035	0.9833	<b>58</b>	0.5515	1.1721
<b>13</b>	0.5070	0.9971	<b>59</b>	0.5518	1.1734
<b>14</b>	0.5100	1.0095	<b>60</b>	0.5521	1.1747
<b>15</b>	0.5128	1.0206	<b>61</b>	0.5524	1.1759
<b>16</b>	0.5157	1.0316	<b>62</b>	0.5527	1.1770
<b>17</b>	0.5181	1.0411	<b>63</b>	0.5530	1.1782
<b>18</b>	0.5202	1.0493	<b>64</b>	0.5533	1.1793
<b>19</b>	0.5220	1.0565	<b>65</b>	0.5535	1.1803
<b>20</b>	0.5236	1.0628	<b>66</b>	0.5538	1.1814
<b>21</b>	0.5252	1.0696	<b>67</b>	0.5540	1.1824
<b>22</b>	0.5268	1.0754	<b>68</b>	0.5543	1.1834
<b>23</b>	0.5283	1.0811	<b>69</b>	0.5545	1.1844
<b>24</b>	0.5296	1.0864	<b>70</b>	0.5548	1.1854
<b>25</b>	0.5309	1.0915	<b>71</b>	0.5550	1.1863
<b>26</b>	0.5320	1.0961	<b>72</b>	0.5552	1.1873
<b>27</b>	0.5332	1.1004	<b>73</b>	0.5555	1.1881
<b>28</b>	0.5343	1.1047	<b>74</b>	0.5557	1.1890
<b>29</b>	0.5353	1.1086	<b>75</b>	0.5559	1.1898
<b>30</b>	0.5362	1.1124	<b>76</b>	0.5561	1.1906
<b>31</b>	0.5371	1.1159	<b>77</b>	0.5563	1.1915
<b>32</b>	0.5380	1.1193	<b>78</b>	0.5565	1.1923
<b>33</b>	0.5388	1.1226	<b>79</b>	0.5567	1.1930
<b>34</b>	0.5396	1.1255	<b>80</b>	0.5569	1.1938
<b>35</b>	0.5402	1.1285	<b>81</b>	0.5570	1.1945
<b>36</b>	0.5410	1.1313	<b>82</b>	0.5572	1.1953
<b>37</b>	0.5418	1.1339	<b>83</b>	0.5574	1.1959
<b>38</b>	0.5424	1.1363	<b>84</b>	0.5576	1.1967
<b>39</b>	0.5430	1.1388	<b>85</b>	0.5578	1.1973
<b>40</b>	0.5436	1.1413	<b>86</b>	0.5580	1.1980
<b>41</b>	0.5442	1.1436	<b>87</b>	0.5581	1.1987
<b>42</b>	0.5448	1.1458	<b>88</b>	0.5583	1.1994
<b>43</b>	0.5453	1.1480	<b>89</b>	0.5585	1.2001
<b>44</b>	0.5458	1.1499	<b>90</b>	0.5586	1.2007
<b>45</b>	0.5463	1.1519	<b>91</b>	0.5587	1.2013
<b>46</b>	0.5468	1.1538	<b>92</b>	0.5589	1.2020
<b>47</b>	0.5473	1.1557	<b>93</b>	0.5591	1.2026
<b>48</b>	0.5477	1.1574	<b>94</b>	0.5592	1.2032

Sumber : Soewarno, 1995

N	Yn	Sn
49	0.5481	1.1590
50	0.5485	1.1607
51	0.5489	1.1623
52	0.5493	1.1638
53	0.5497	1.1658
54	0.5501	1.1667
55	0.5504	1.1681

n	Yn	Sn
95	0.5593	1.2038
96	0.5595	1.2044
97	0.5596	1.2049
98	0.5598	1.2055
99	0.5599	1.2060
100	0.5600	1.2065

Sumber : Soewarno, 1995

### 2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi diperlukan dua metode statistik, yaitu *Uji Chi Square* dan *Uji Smirnov-Kolmogorov*.

#### 1. Uji *Chi Square*

Dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$  (Soewarno, 1995:194):

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(EJ - OJ)^2}{OJ}$$

Dengan :

$X^2$  = Parameter *Chi Square* terhitung

k = Jumlah sub grup

EJ = Jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

OJ = Jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i

Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut  
(Soewarno, 1995:194) :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi k sub grup, tiap-tiap subgrup minimal empat data
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar EJ tiap-tiap subgrup
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar OJ
5. Tiap-tiap subgrup hitung nilai  $(EJ-OJ)^2$  dan  $\frac{(Ej - Oj)^2}{OJ}$
6. Jumlah seluruh G sub nilai  $\frac{(EJ - OJ)^2}{OJ}$  menentukan nilai *Chi Square* hitung
7. Tentukan derajat kebebasan  $Dk = k-m-1$
8. Menentukan  $X^2$  dari tabel dengan menentukan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) dan derajat kebebasan (dk)
9. Menyimpulkan hasil perhitungan, apabila  $X^2 < X^2_{cr}$  maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, dan apabila nilai  $X^2 > X^2_{cr}$  maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.



## LAPORAN TUGAS AKHIR

*Tabel 2.3. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square*

Dk	$\alpha$ Derajat Kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.528
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.41	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

Sumber : Soewarno, 1995

## **2. Uji Smirnov-Kolmogorov**

Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut  $\Delta_{\text{maks}}$ .

Prosedur perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov adalah :

1. Data diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung peluang empiris ( $S_n$ ) dengan rumus Weibull

$$P_e = \frac{m}{n + 1}$$

Dengan :

$P_e$  = Posisi data  $x$  menurut data pengamatan

$m$  = Nomor urut data

$n$  = Banyaknya data

3. Menghitung peluang teoritis ( $P_t$ ) dengan rumus:  $P_t = 1 - P_r$

Dengan:

$P_r$  = Probabilitas yang terjadi

4. Simpangan maksimum ( $\Delta_{\text{maks}}$ ) dengan rumus:

$$\Delta_{\text{maks}} = |(P_e - P_t)|$$

5. Menentukan nilai  $\Delta_{\text{cr}}$
6. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila  $\Delta < \Delta_{\text{cr}}$  maka distribusi terpenuhi dan apabila  $\Delta > \Delta_{\text{cr}}$  maka distribusi tidak terpenuhi.

Tabel 2.4. Harga Kritis ( $\Delta Cr$ ) Untuk Smirnov Kolmogorov Test

N	A			
	0.20	0.10	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	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n > 50	1.07/n	1.22/n	1.36/n	1.63/n

Sumber : Soewarno, 1995

#### 2.2.4. Distribusi Hujan Jam – jaman

Curah hujan njam – jaman digunakan untuk distribusi hujan jam – jaman (hasil pencatatan), maka distribusi hujan jam – jaman didapat dengan menggunakan estimasi bahwa hujan perhari terpusat selama 5 jam, sehingga prosentasi (%) kemungkinan hujan adalah sebagai berikut :

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} x \left[ \frac{24}{T} \right]^{2/3}$$

Dengan :

$R_t$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

T = Lamanya curah hujan (jam)

Maka untuk  $R_{24} = 100\%$  di dapatkan hubungan waktu hujan dengan ratio jam ke t yaitu dengan persamaan:

$$R_t = t \cdot R_t - (t-1) \cdot R(t-1)$$

Dengan :

$R_t$  = Curah hujan pada jam ke T

$R_T$  = Intensitas hujan dalam T jam (mm/jam)

$R_{O(t-1)}$  = Hujan dari awal sampai dengan jam ke (T-1)

t = Waktu hujan dari awal sampai dengan jam ke t

T = Waktu mulai hujan

### **2.2.5. Koefisien Pengaliran**

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara limpasan air hujan dengan total hujan yang menyebabkan limpasan. Sehingga untuk menghitung besarnya koefisien pengaliran rata – rata digunakan rumus rata – rata hitung sebagai berikut (CD. Soemarto, 1978,217) :

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

Dengan :

C = Koefisien pengaliran

$A_1 A_2 A_n$  = Luas daerah pengaliran sungai ( $\text{km}^2$ )

$C_1 C_2 C_n$  = Koefisien pengaliran pada tata guna lahan yang berbeda

Tabel 2.5. Koefisien Pengaliran

Kawasan	Tata Guna lahan	Nilai Koefisien Pengaliran (C)
perkotaan	Kawasan Pemukiman	
	– Kawasan rendah	0,25 - 0,40
	– Kawasan sedang	0,40 - 0,70
	– Kawasan tinggi	0,70 - 0,80
	Kawasan Perdagangan	0,90 - 0,95
	Kawasan Industri	0,80 - 0,90
	Taman Jalur Hijau, Kebun, dll	0,20 - 0,30
Pedesaan	Perbukitan , Kemiringan < 20 %	0,40 - 0,60
	Kawasan Jurang, Kemiringan > 20 %	0,50 - 0,60
	Lahan dengan Terasering	0,25 - 0,35
	Persawahan	0,70 - 0,80

Sumber : Ir. S. Hindarko; 2000

### 2.2.6. Hujan Efektif

Berdasarkan pada hasil perhitungan hujan rencana dengan metode *Log Person III* dan perhitungan distribusi hujan jam – jaman, maka dapat dihitung hujan efektif dengan menggunakan persamaan :

$$R_n = C \cdot R$$

Dengan :

$R_n$  = Curah hujan efektif (mm)

C = Koefisien pengaliran

R = Curah hujan rencana (mm)

### 2.2.7. Hidrograf Banjir Rancangan

Untuk menentukan debit banjir rancangan pada perencanaan ini digunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Karena metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu merupakan hidrograf yang sampai saat ini masih umum digunakan baik oleh para ahli maupun para praktisi di Indonesia.

**2.2.7.1. Metode Nakayasu**

Nakayasu berasal dari Jepang, yang telah menyelidiki satuan pada beberapa sungai di Jepang. Ia membuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penelitiannya.

Rumus tersebut adalah:

$$Q_p = \frac{A \cdot R_0}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})}$$

Dengan :

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/dtk$ )

$R_0$  = Hujan satuan (mm)

$T_p$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hujan (jam)

$T_{0.3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

$A$  = Luas DAS

Langkah-langkah penggambaran grafik:

1. Tentukan nilai  $T_g$  (waktu konsentrasi), dimana mempunyai nilai yang tergantung pada  $L$  (panjang alur sungai). Jika  $L < 15$  km  $T_g = 0.27 \cdot L^{0.7}$  dan jika  $L > 15$  km maka  $T_g = 0.4 + 0.058 \cdot L$ .
2. Tentukan nilai  $T_r$  yang nilainya antara  $0.5 \cdot T_g$  sampai dengan  $1 \cdot T_g$ .
3. Cari  $T_p$  dengan rumus  $T_p = T_g + 0.8T_r$
4. Tentukan nilai  $T_{0.3}$  yaitu nilai dimana ordinatnya sama dengan  $0.3 \cdot Q_p$ . Nilai  $T_{0.3}$  dapat dicari dengan rumus  $T_{0.3} = 2 \cdot T_g$ .
5. Cari  $Q_p$  dengan rumus umum tersebut diatas. Gambar grafik dengan batasan-batasan sebagai berikut:

- bagian lengkung naik dengan batasan waktu (t) adalah  $0 < t < T_p$  fungsi

yang berlaku  $Q_n = Q_p = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4}$

- bagian lengkung turun pertama dengan batasan waktu (t) adalah  $0 < t < (T_p + T_{0.3})$  dimana ordinat hidrograf satuannya antara  $Q_p - 0.3 \cdot Q_p$ , fungsi

yang berlaku  $Q_{d1} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p}{T_{0.3}}\right)}$

6. bagian lengkung turun kedua dengan batasan waktu (t) adalah  $(T_p + T_{0.3}) < t < (T_p + T_{0.3} \cdot 1.5 \cdot T_{0.3})$ , fungsi yang berlaku :

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 0.5T_{0.3}}{1.5 \cdot T_{0.3}}\right)}$$

- bagian lengkung turun ketiga dengan batasan waktu (t) adalah

$> T < (T_p + T_{0.3} \cdot 1.5 \cdot T_{0.3})$ , fungsi yang berlaku  $Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 1.5T_{0.3}}{2 \cdot T_{0.3}}\right)}$

Dengan :

$R_t$  = Intesitas hujan rata-rata dalam 1jam

$R_{24}$  = Curah hujan efektif dalam 1 jam

$T$  = Waktu mulai hujan

$T_g$  = Waktu konsentrsi hujan

### 2.3. Perencanaan Teknis Embung

Sehubungan dengan fungsi utama sebuah embung adalah untuk menyediakan tampungan air, maka ciri fisiknya yang paling penting adalah kapasitas tampungan air. Kapasitas yang bentuknya beraturan dapat dihitung dengan rumus – rumus menghitung volume benda padat. Sedangkan kapasitas embung pada kedudukan alamiahnya biasanya harus didasarkan pada pengukuran topografi.

Dalam kondisi tersebut kapasitas embung sudah tentu, yang menjadi persoalan adalah menetapkan jumlah pengambilan dari embung tersebut. Hasil pengambilan air dalam hal ini adalah jumlah dari volume tampungan yang dapat dimanfaatkan ditambahkan dengan aliran masuk yang bermanfaat selama periode kritis.

### **2.3.1. Kapasitas Tampungan Embung**

Debit andalam embung dengan berbagai kapasitas dapat diperkirakan dengan adanya data sintesis. Embung dikatakan handal jika dapat memenuhi kebutuhan sepanjang tahun selama umur rencana. Umur rencana embung umumnya berkisar antara 50 – 100 tahun, yaitu pada saat sedimen mencapai tinggi muka air maksimum.

Dalam analisa perlu dianalisa antara pruduksi dan kapasitas konsstruksi embung dalam interval waktu tertentu. Untuk keperluan perencanaan maupun pengoperasian perlu diketahui karakteristik embung, seperti hubungan antara elevasi air, volume tampungan dan luas genangan (*Ir. Sudibyo, 1993:227*).

### **2.3.2. Penulusuran Banjir (*Flood Routing*)**

Fungsi dari bangunan pelimpah adalah untuk mengalirkan debit yang tidak dapat ditampung oleh embung sehingga limpasan air tidak terjadi di atas tubuh embung. Tipe dan dimensi pelimpah ditentukan berdasarkan besarnya tampungan efektif embung.

Penelusuran banjir dihitung untuk mengetahui besarnya hidrograf limpasan banjir yang mungkin terjadi pada pelimpah setelah melalui tampungan pada embung sama dengan selisih antara inflow dan outflow (*C. D. Soemarto, 1989:188*).

$$I - Q = ds / dt$$



Dengan :

$I$  = Rata – rata inflow ( $m^3/dtk$ )

$Q$  = Rata – rata outflow ( $m^3/dtk$ )

$S$  = Simpanan air ( $m^3$ )

$T$  = Tenggang waktu (jam)

Kalau periode penelusuran diubah dari  $dt$  menjadi  $\Delta t$  maka :

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$ds = s_2 - s_1$$

Sehingga rumus yang dapat diubah menjadi :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{Q_1 + Q_2}{2} S_2 - S_1$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \left( \frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right) = \left( \frac{S_2}{\Delta t} - \frac{Q_2}{2} \right)$$

$$\left( \frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right) = \psi \text{ dan } \left( \frac{S_2}{\Delta t} - \frac{Q_2}{2} \right) \varphi$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \psi = \varphi$$

Debit yang melalui pelimpah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = C \times B \times H^{3/2}$$

Dengan :

$Q$  = Rata – rata outflow ( $m^3/dtk$ )

$C$  = Variabel koefisien debit

B = Lebar pintu efektif (m)

H = Tinggi muka air tampungan (m)

### 2.3.3. Tinggi Tubuh Embung

Tinggi tubuh embung harus ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan air dan keamanan terhadap peluapan air banjir. Tinggi tubuh embung dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$H_d = H_k + H_b + H_f$$

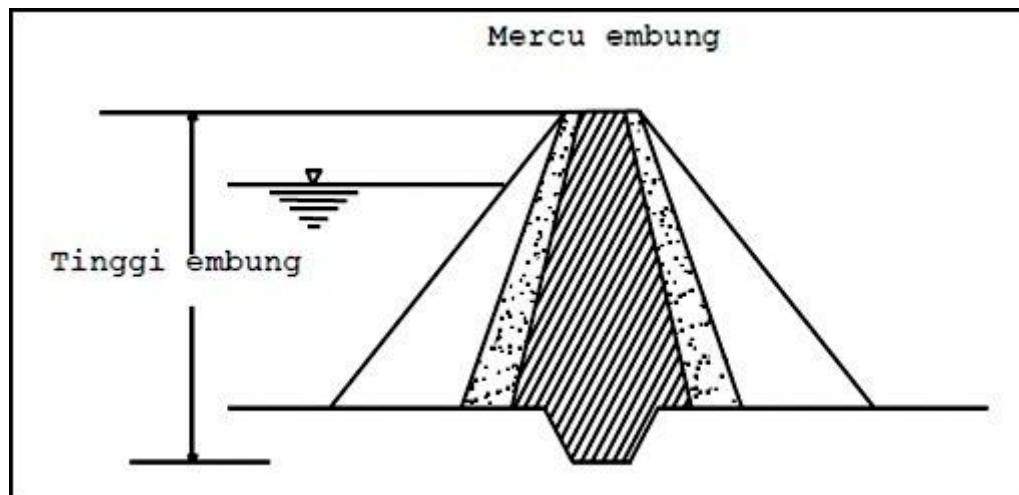
Dengan :

$H_d$  = Elevasi puncak embung

$H_k$  = Elevasi muka air kolam embung pada kondisi penuh (m)

$H_b$  = Tinggi tampungan banjir (m)

$H_f$  = Tinggi jagaan (m)



*Gambar 2.6. Tinggi Tubuh Embung*

### 2.3.4. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal antara muka air kolam pada waktu banjir desain (50 tahun) dan puncak tubuh embung. Tinggi jagaan pada tubuh embung dimaksudkan untuk memberikan keamanan tubuh embung terhadap peluapan karena

banjir. Bila hal ini terjadi maka akan terjadi erosi kuat pada tubuh embung tipe urugan.

Dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti kondisi tempat kedudukan embung, kriteria banjir abnormal, jebolnya embung dan sebagainya, maka tinggi jagaan ( $H_f$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_f \geq \Delta h - h_w + \frac{h_e}{2} + h_i$$

Dengan :

- $\Delta h$  = Tinggi kenaikan muka air embung akibat banjir maksimum
- $h_w$  = Tinggi ombak akibat tiupan angin
- $h_e$  = Tinggi ombak akibat gempa
- $h_i$  = Tinggi tambahan yang didasarkan pada tingkat kepentingan

Tinggi jagaan juga dapat ditentukan menurut tipe tubuh embung seperti pada tabel berikut :

**Tabel 2.6. Tinggi Jagaan Embung**

Tipe Tubuh Embung	Tinggi Jagaan (m)	Sketsa Penjelasan
1. Urugan Homogen dan Majemuk	0,50	
2. Pasangan Batu / Beton	0,00	
3. Komposit	0,50	

Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung

**2.3.5. Tipe Tubuh Embung**

Tubuh embung didesai dalam beberapa tipe yaitu :

- a. Tipe Urugan Homogen
- b. Tipe Urugan Majemuk
- c. Tipe pasangan batu atau beton
- d. Tipe Komposit

Pemilihan tipe embung tersebut di atas tergantung dari jenis pondasi, panjang/bentuk lembah, dan bahan bangunan yang tersedia ditempat. Aspek bahan bangunan dan pondasi terhadap desain embung. Tubuh embung bertipe urugan (homogen dan majemuk) dapat dibangun pada pondasi tanah atau batu, sedangkan tipe pasangan batu atau beton hanya dapat dibangun pada pondasi batu. Disamping itu tipe pasangan batu atau beton karna mahal hanya disarankan bila lembah sempit (*berbentuk V*) dimana kedua tebingnya curam dan terdiri dari material batu. Bilamana lembah panjang atau lebar dan terdiri dari material batu maka tubuh embung akan lebih murah bilamana dipilih tipe komposit (*Ibnu Kasino,Dkk,1987:5.5*).

**Tabel 2.7.**

*Kesesuaian Antara Tipe Tubuh Embung dengan Jenis Fondasi, Lembah, dan Bahan Bangunan*

<b>Tipe Tubuh Embung</b>	<b>Jenis Fondasi</b>	<b>Ukuran Lembah</b>	<b>Jenis Bahan Bangunan</b>
1. Urugan	1. Batu 2. Tanah	1. Lebar 2. Sempit	1. Lempung atau tanah berlempung 2. Pasir sampai Batu Pecah
2. Beton/Pasangan	Batu	Sempit	Pasir sampai batu
3. Komposit	Batu	Lebar	1. Lempung atau tanah berlempung 2. Pasir samapai Batu Pecah

*Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*

### 2.3.6. Lebar Puncak Embung

Lebar puncak embung/mercu embung di ambil sebagai berikut :

*Tabel 2.8. Lebar Puncak Tubuh Embung*

Tipe	Tinggi (m)	Lebar Puncak (m)
Urugan	≤ 5,00	2,00
	5,00 - 10,00	3,00
Pasangan Batu / Beton	Maksimal 7,00	1,00

*Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*

Apabila puncak urugan akan digunakan untuk lalu lintas umum, maka dikiri dan kanan badan jalan diberi bahu jalan masing-masing selebar 1,00 m. Sedangkan puncak tubuh embung tipe pasangan/beton tidak disarankan untuk lalu lintas karena biaya konstruksi akan menjadi terlalu mahal.

### 2.3.7. Kemiringan Lereng Embung

Kemiringan lereng harus ditentukan sedemikian rupa agar stabil terhadap longsor. Hal ini sangat tergantung pada jenis material urugan yang hendak dipakai. Kestabilan urugan harus diperhitungkan terhadap surut cepat muka air kolam, dan rembesan langgeng, serta harus tahan terhadap gempa. Dengan pertimbangan hal di atas mengambil koefisien gempa 0,15 g diperoleh kemiringan urugan yang disarankan seperti tabel berikut. Stabilitasnya dihitung dengan menggunakan *metode A.W.Bishop*, sedangkan parameter urugannya diperoleh dengan pengujian di laboratorium.

Tabel 2.9. Kemiringan Lereng Embung

Material Urugan	Material Utama	Kemiringan Lereng Vertikal : Horizontal	
		Udik	Hilir
1. Urugan Hilir	CH	1 : 3,00	1 : 2,25
	CL		
	SC		
	GC		
	GM		
	SM		
2. Urugan Majemuk			
2.1. Urugan batu dengan inti lempung dan dinding diaprigma	Pecahan batu	1 : 1,50	1 : 1,25
2.2. Kerikil - kerikil dengan inti lempung dinding diaprigma		1 : 2,50	1 : 1,75

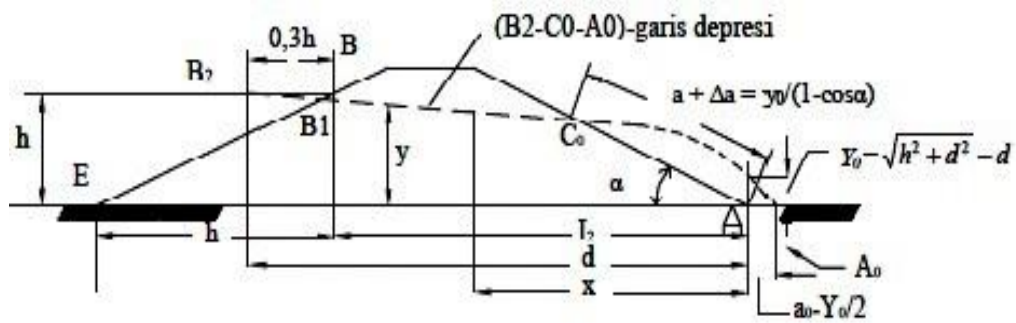
Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering di Indonesia

### 2.3.8. Stabilitas Lereng

#### a. Stabilitas Embung Terhadap Aliran Filtrasi

Konstruksi embung diharuskan mempertahankan diri terhadap gaya – gaya yang di timbulkan oleh adanya air filtrasi yang mengalir melalui celah – celah antara butiran – butiran tanah pembentuk embung. Untuk mengetahui kemampuan daya tahan embung terhadap gaya – gaya tersebut, maka bangunan embung perlu diperhatikan terhadap :

1. Formasi garis aliran (*Seepage Line Formation*)
2. Kapasitas aliran filtrasi
3. Kemungkinan terjadi gejala *sufosi* (piping) dan *boiling* (sembulan)



Gambar 2.7. Garis Depresi pada Bendung Homogen

## 2.4. Sumur Resapan

Daerah perkotaan adalah yang berpenduduk padat. Lahan yang tertutupi bangunan lebih banyak dibandingkan lahan terbuka, sehingga peresapan air hujan semakin lama semakin sedikit. Sementara air yang ditarik ke atas permukaan melalui sumur – sumur atau pompa semakin banyak. Wajar bila di kota – kota terjadi penurunan muka air tanah sehingga air sulit didapat. Salah satu alternatif untuk memperbaiki keadaan air tanah tersebut adalah melalui sumur resapan.

Sumur resapan adalah suatu konstruksi layaknya ruang sumur gali yang dilengkapi dengan perkuatan dinding, dengan ruang sumur tetap direncanakan kosong guna menampung genangan yang terjadi.

Konsep dasar sumur resapan adalah memberi kesempatan jalan pada air hujan yang jatuh dari atap rumah / bangunan atau lahan yang kedap air, untuk dapat diresapkan ke dalam tanah dengan jalan menampung air tersebut pada suatu sistem resapan. Besarnya tampungan sumur resapan yang direncanakan harus memperhatikan curah hujan, kondisi tanah dan jumlah kawasan yang airnya mengalir ke sumur resapan.

Lokasi yang tepat untuk sumur resapan secara kolektif adalah lokasi yang terendah pada suatu kawasan, dengan demikian air dapat dengan mudah mengalir dari semua tempat menuju kawasan tersebut.

### **2.4.1. Sumur Resapan Dalam**

Sumur resapan dalam merupakan model resapan air hujan yang cocok untuk lahan – lahan yang muka air tanahnya dalam dan tidak memerlukan lahan yang luas.

Kedalaman sumur resapan ini harus di atas permukaan air tanah yang dapat dilihat pada kedalaman sumur air minum. Sumur resapan dalam dapat dibuat berbentuk persegi atau lingkaran dan ukurannya tergantung pada keadaan muka air tanah, semakin dalam muka air tanah maka semakin dalam juga sumur resapannya.

### **2.4.2. Fungsi Sumur Resapan**

Beberapa fungsi sumur resapan bagi kehidupan manusia adalah sebagai pengendali banjir, melindungi dan memperbaiki (konservasi) air tanah, serta menekan laju erosi. Penurunan muka air tanah yang banyak terjadi akhir-akhir ini dapat teratasi dengan bantuan sumur resapan. Tanda-tanda penurunan muka air tanah terlihat pada keringnya sumur dan mata air musim kemarau serta timbulnya banjir pada musim penghujan. Perubahan lingkungan hidup sebagai akibat dari proses pembangunan, berupa pembukaan lahan, penebangan hutan, serta pembangunan pemukiman dan industri diduga menyebabkan terjadinya hal tersebut.

Kondisi demikian tidak menguntungkan bagi perkembangan perekonomian masyarakat. Oleh karena itu, perhatian yang sungguh-sungguh dari semua pihak diperlukan dalam upaya pengendalian banjir serta perbaikan dan perlindungan (konservasi) air tanah. Salah satu strategi atau cara pengendalian air, baik mengatasi banjir atau kekeringan adalah melalui sumur resapan. Sumur resapan ini merupakan



upaya memperbesar resapan air hujan ke dalam tanah dan memperkecil aliran permukaan sebagai penyebab banjir.

Berikut ini diuraikan lebih jauh tentang fungsi sumur resapan :

### 1. Pengendali banjir

Salah satu fungsi sumur resapan adalah sebagai upaya menekan banjir. Seperti dijelaskan terdahulu bahwa sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga terhindar dari penggenangan aliran permukaan secara berlebihan yang menyebabkan banjir. Banyaknya aliran permukaan yang dapat dikurangi melalui sumur resapan tergantung pada volume dan jumlah sumur resapan.

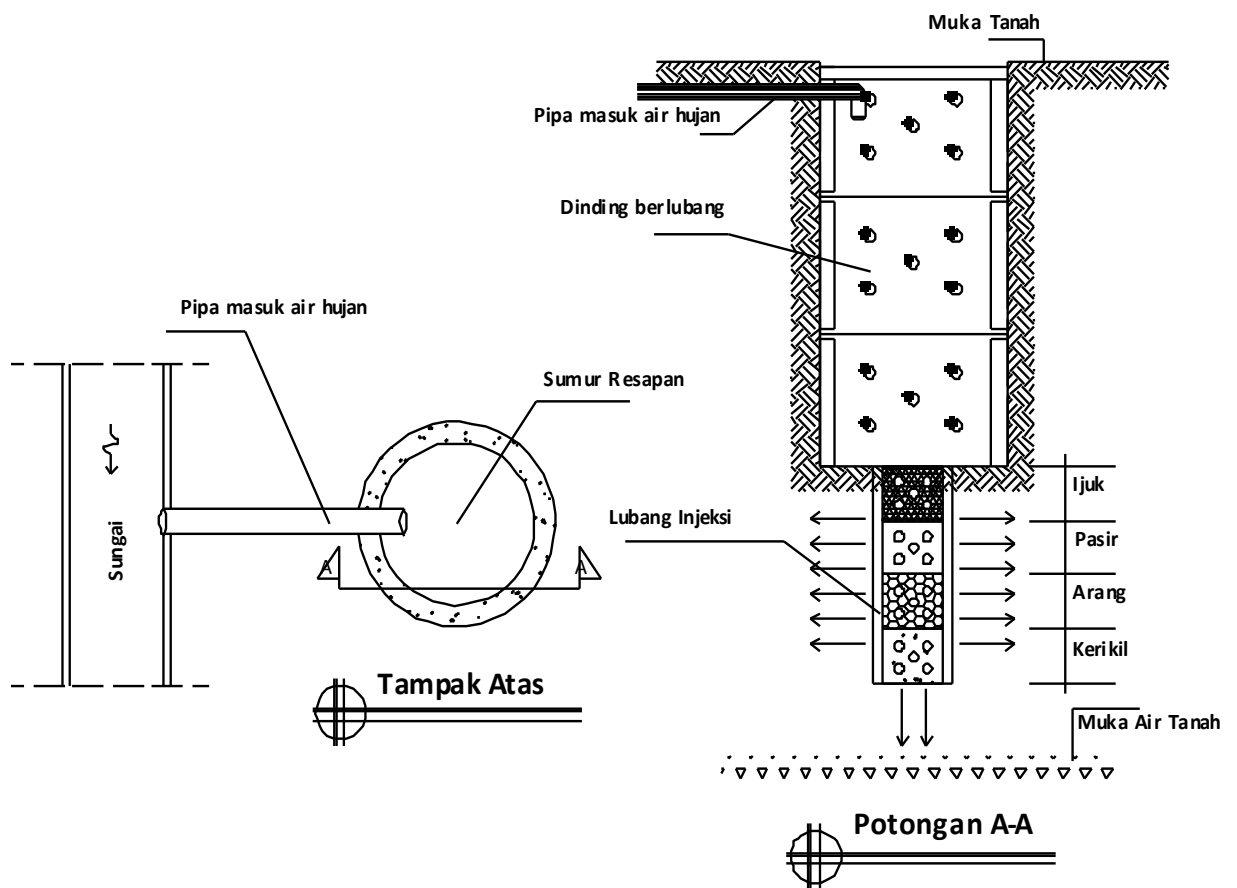
### 2. Konservasi air tanah

Fungsi lain dari sumur resapan ini adalah memperbaiki kondisi air tanah atau mendangkalkan permukaan air sumur. Di sini diharapkan air hujan lebih banyak yang diresapkan ke dalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah. Air yang tersimpan dalam tanah tersebut akan dapat dimanfaatkan melalui sumur-sumur atau mata air. Peresapan air melalui sumur resapan ke dalam tanah sangat penting mengingat adanya perubahan tata guna tanah di permukaan bumi sebagai konsekuensi dari perkembangan penduduk dan perekonomian masyarakat. Dengan adanya perubahan tata guna tanah tersebut akan menurunkan kemampuan tanah untuk meresapkan air. Hal ini mengingat semakin banyaknya tanah yang tertutupi tembok, beton, aspal, dan bangunan lainnya yang tidak meresapkan air. Penurunan daya resap tanah terhadap air dapat juga terjadi karena hilangnya vegetasi penutup permukaan tanah.

Penutupan permukaan tanah oleh pemukiman dan fasilitas umum memiliki dampak besar terhadap kondisi air tanah.

3. Menekan laju erosi

Dengan adanya penurunan aliran permukaan maka laju erosi pun akan menurun. Bila aliran permukaan menurun maka tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut pun akan berkurang. Dampaknya, aliran permukaan air hujan kecil dan erosi pun akan kecil. Dengan demikian adanya sumur resapan yang mampu menekan besarnya aliran permukaan berarti dapat menekan laju erosi.



*Gambar 2.8. Model Sumur Resapan Dalam*

### 2.4.3. Spesifikasi Sumur Resapan

Sumur resapan dapat dibuat oleh tukang pembuat sumur gali yang berpengalaman dan ahli dibidangnya dengan memperhatikan persyaratan teknis dan spesifikasi sumur resapan, antara lain :

#### 1. Penutup sumur

Untuk penutup sumur dapat dipilih beragam bahan diantaranya :

- Pelat beton bertulang dengan tebal 10 cm, menggunakan campuran semen, pasir dan kerikil dengan perbandingan 1 : 2 : 3.
- Pelat beton tidak bertulang dengan tebal 10 cm dan memiliki campuran yang perbandingannya sama, bebrbentuk cubung dan tidak diberi beban diatasnya.

#### 2. Dinding sumur bagian atas dan bawah

Untuk dinding sumur dapat digunakan beton. Dinding sumur bagian atas dapat menggunakan batu bata merah, batako atau campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1 : 4.

#### 3. Pengisian sumur

Pengisian sumur dapat berupa batu pecah dengan ukuran 10 – 20 cm, pecahan bata merah ukuran 5 – 10 cm, ijuk serta arang. Pecahan batu tersebut disusun rongga.

#### 4. Saluran air hujan

Dapat digunakan pipa PVC berdiameter 110 mm, pipa beton berdiameter 200 mm, dan pipa beton setengah lingkaran berdiameter 200 mm.

### 5. Pipa injeksi

Dapat digunakan pipa PVC dengan diameter  $\varnothing$  8 – 10 cm yang di beri lubang pada sisi – sisi pipa dengan diameter lubang kurang lebih  $\varnothing$  0,3 cm dan jarak antar lubang 5 cm.

#### 2.4.4. Prinsip Kerja Sumur Resapan

Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan kedalam lubang atau sumur agar dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah cukup lama, sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah.

Tujuan utama dari sumur resapan ini adalah memperbesar masuknya air kedalam tanah sebagai air resapan (*infiltrasi*). Dengan demikian, air akan lebih banyak masuk kedalam tanah dan sedikit yang mengalir sebagai aliran permukaan (*run off*). Semakin banyak air yang mengalir kedalam tanah berarti akan banyak tersimpan air tanah dibawah permukaan bumi. Air tersebut dapat dimanfaatkan kembali melalui sumur – sumur atau mata air yang dapat dieksploitasi setiap saat.

Jumlah aliran permukaan akan menurun karena adanya sumur resapan. Pengaruh positifnya adalah bahaya banjir dapat dihindari karena terkumpulnya air permukaan yang berlebihan di suatu tempat akan terhindarkan. Menurunnya aliran permukaan ini juga akan menurunkan tingkat erosi tanah.

#### 2.4.5. Perencanaan sumur Resapan

##### 1. Permeabilitas tanah

Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah yang dapat menunjukkan kemampuan tanah meloloskan air. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian. Pada ilmu tanah, permeabilitas didefinisikan secara kualitatif sebagai pengurangan gas - gas, cairan -

cairan atau penetrasi akar tanaman atau lewat. Selain itu permeabilitas juga merupakan pengukuran hantaran hidraulik tanah. Hantaran hidraulik tanah timbul adanya pori kapiler yang saling bersambungan dengan satu dengan yang lain.

**Tabel 2.10.** Koefisien Permeabilitas Tanah

Jenis Tanah	K (m/detik)
Lempung	$3 \times 10^{-5}$
Lanau	$4,5 \times 10^{-4}$
Pasir sangat halus	$3,5 \times 10^{-3}$
Pasir halus	$1,5 \times 10^{-2}$
Pasir sedang	$8,5 \times 10^{-2}$
Pasir kasar	$3,5 \times 10^{-1}$
Kerikil kecil	3

Sumber : Sosrodarsono, 1990:45

## 2. Perhitungan Sumur Resapan

Ada beberapa metode yang dapat dipakai untuk menentukan ukuran sumur resapan. Berikut ini akan digunakan rumus yang dikemukakan oleh Sunjoto (1988). Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah dan dapat dituliskan sbb :

### 1. Kapasitas sumur resapan :

$$V_{\text{sumur}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H$$

Dengan :

$$V_{\text{sumur}} = \text{Kapasitas sumur resapan (m}^3\text{)}$$

$$H = \text{Kedalaman sumur resapan (m)}$$

$$R = \text{Jari-jari sumur resapan (m)}$$

2. Debit air masuk sumur resapan

$$Q_{\text{sumur}} = \frac{H.F.K}{1 - e^{-\left[\frac{F.K.T}{\pi.R^2}\right]}}$$

Dengan :

- $Q_{\text{sumur}}$  = Debit air masuk sumur resapan (m<sup>3</sup>/deikt)
- F = Faktor geometrik saluran per satuan panjang (m)
- K = Koefisien permeabilitas tanah (m/detik)
- H = Kedalaman sumur resapan (m)
- T = Waktu pengaliran (detik)
- R = Jari – jari sumur resapan (m)

3. Debit resap sumur resapan

Faktor yang mempengaruhi resapan air tersebut antara lain faktor geometrik, koefisien permeabilitas tanah, serta kedalaman air tanah. Berikut formula yang digunakan untuk menghitung debit resapan.

$$Q_{\text{resap}} = F . K . H$$

Dengan :

- $Q_{\text{resap}}$  = Debit resapan (m<sup>3</sup>/detik)
- F = Faktor geometrik saluran per satuan panjang (m)
- K = Koefisien permeabilitas tanah (m/ detik)
- H = Kedalaman air (m)

4. Waktu resap air ke dalam tanah

Menghitung waktu pengisian sumur atau waktu resapan menggunakan rumus :

$$t_{\text{resap}} = \frac{V_{\text{sumur}}}{Q_{\text{resap}}}$$

Dengan :

$T_{\text{resap}}$  = Waktu resap air ke dalam tanah (menit)

$V_{\text{sumur}}$  = Kapasitas sumur resapan ( $\text{m}^3$ )

$Q_{\text{resap}}$  = Debit resap sumur resapan ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

5. Waktu pengisian sumur resapan

$$t_{\text{pengisian}} = \frac{V_{\text{sumur}}}{Q_{\text{sumur}}}$$

Dengan :

$t_{\text{pengisian}}$  = Waktu pengisian sumur resapan (menit)

$V_{\text{sumur}}$  = Kapasitas sumur resapan ( $\text{m}^3$ )

$Q_{\text{sumur}}$  = Debit air masuk sumur resapan ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Umum**

Untuk perencanaan embung di Kabupaten Tulungagung, berdasarkan hasil analisis hidrologi dan topografi yang telah diperoleh dengan apa yang diharapkan dari rencana bangunan embung ini, berdasarkan data lapangan yang ada dengan kebutuhan masyarakat harus dilakukan analisis hidrolika dan struktur bangunan.

#### **3.2. Jenis dan Sumber Data**

##### 1. Data curah hujan

Dalam perencanaan diperlukan data penunjang berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang langsung diambil di lokasi pekerjaan, sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan studi terdahulu.

Data primer yang diperlukan dalam analisa hidrologi adalah sebagai berikut :

- Kondisi lokasi pekerjaan.
- Data hujan dari Dinas UPTD Pengiran, dalam hal ini data hujan yang dipakai adalah data hujan tahunan.
- Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Tulungagung.

##### 2. Data Topografi

Pekerjaan ini berada pada wilayah administrasi Kota Tulungagung Kabupaten Tulungagung. Kota Tulungagung secara astronomis terletak di antara 111°43' - 112°07' Bujur Timur dan 7°51' - 8°18' Lintang Selatan.

Penentuan lokasi pekerjaan dalam studi yang sesuai dengan tujuan studi. Survei dan peninjauan lokasi.



## LAPORAN TUGAS AKHIR

- 1) Survei dan peninjauan lokasi untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya di daerah studi sehingga didapatkan data lokasi daerah studi.
- 2) Studi literatur dilakukakn sebagai tambahan dalam mencari materi dan refrensi yang berhubungan dengan kegiatan studi.
- 3) Pengumpulan data, mengumpulkan data – data penunjang dalam penyusunan studi, diantaranya :

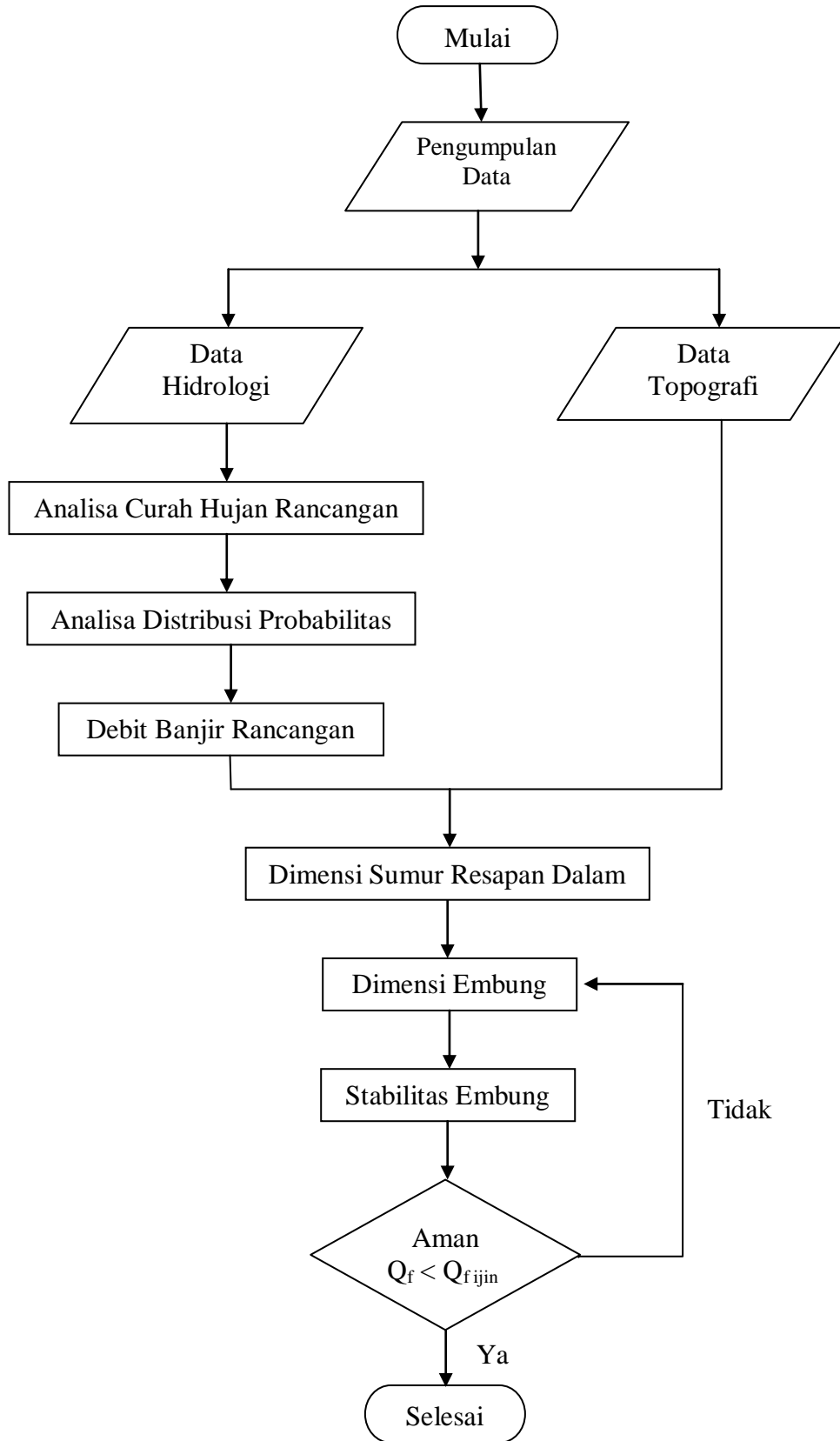
- Data Hidrologi
  - Data curah hujan
  - Data DAS
    - Analisa Curah Hujan Rancangan
    - Analisa Distribusi Probabilitas
    - Debit Banjir Rancangan

Dari perhitungan debit andalan dan debit banjir rancangan dapat dipakai untuk merencanakan :

- Dimensi Embung
- Stabilitas Embung

- 4) Membuat saran dan kesimpulan

Bagan Aliran (Flow Chart)



## BAB IV

### ANALISA DATA

#### 4.1. Analisa Hidrologi

Data yang digunakan dalam analisa ini adalah data curah hujan yang berasal dari 3 stasiun hujan terdekat dengan lokasi studi. Adapun data hujan yang diperoleh adalah data pengamatan hujan dari tahun 2000 sampai dengan 2012. Ketiga stasiun hujan tersebut meliputi : Stasiun Hujan Tulungagung, Ngantru, dan Nguntru.

Dari pengamatan hujan di stasiun tersebut, maka dilakukan analisa data hujan curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode Polygon Thiessen.

##### 4.1.1. Curah Hujan Harian Maksimum

###### a. Cara Polygon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang di bentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Menghitung curah hujan harian maksimum (R) untuk tahun 2000 dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$R = \frac{(123 \times 14,4) + (126 \times 4,8)}{19,2}$$

$$R = 123,75 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.1. dibawah ini.

Tabel 4.1. Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum		R(mm)
		Sta. Tulungagung	Sta. Ngunut	
0	1	2	3	4
1	2000	123	126	123,75
2	2001	110	101	107,75
3	2002	110	119	112,25
4	2003	93	62	85,25
5	2004	68	145	87,25
6	2005	163	145	158,50
7	2006	98	104	99,50
8	2007	80	93	83,25
9	2008	83	65	78,50
10	2009	58	81	63,75
11	2010	118	152	126,50
12	2011	78	64	74,50
13	2012	145,5	127	140,88
Luas Sta. Tulungagung : 14,4 Km <sup>2</sup> Luas Sta. Ngunut : 4,8 Km <sup>2</sup>		Koefisien Thiessen	Sta. Tulungagung = 0,75  Sta. Ngunut = 0,25	

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.2. Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan diatas, maka dapat dihitung besarnya curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Person Type III dan metode EJ Gumbel.

##### 4.1.2.a. Metode Log Person Type III

Metode ini di analisa berdasarkan data dari analisa curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode Poligon Thiessen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.2. dibawah ini.

Tabel 4.2. Perhitungan Log Person Type III

No.	Tahun	xi	Log xi	Log xi - Log X	(Log xi - Log X) <sup>2</sup>	(Log xi - Log X) <sup>3</sup>
0	1	2	3	4	5	6
1	2009	63,75	1,804	-0,195	0,038	-0,00736
2	2011	74,50	1,872	-0,127	0,016	-0,00204
3	2008	78,50	1,895	-0,104	0,011	-0,00113
4	2007	83,25	1,920	-0,079	0,006	-0,0004863
5	2003	85,25	1,931	-0,068	0,00467	-0,00031900
6	2004	87,25	1,941	-0,058	0,00339	-0,00019772
7	2006	99,50	1,998	-0,001	0,0000014	-0,000000017
8	2001	107,75	2,032	0,033	0,001	0,0000372
9	2002	112,25	2,050	0,051	0,003	0,00013
10	2000	123,75	2,093	0,094	0,009	0,00082
11	2010	126,50	2,102	0,103	0,011	0,00109
12	2012	140,88	2,149	0,150	0,022	0,00336
13	2005	158,50	2,200	0,201	0,040	0,00812
Jumlah			25,987		0,165	0,0020
rerata			1,999			
Si			0,117			
Cs			0,124			

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai :

1. Curah Hujan Rata – rata :

$$\begin{aligned} \text{Log } \bar{X} &= \frac{\sum \text{Log} X}{n} \\ &= \frac{25,987}{13} \quad \Rightarrow \quad = 1,999 \end{aligned}$$

2. Simpangan Baku :

$$\begin{aligned} Si &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log} X - \text{Log } \bar{X})^2}{(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{0,165}{12}} \quad \Rightarrow \quad = 0,117 \end{aligned}$$

3. Koefisien Kepencengan :

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log} X - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(Si)^3}$$

$$= \frac{13 \times 0,0020}{(13-1) \times (13-2) \times (0,117)^3} \Rightarrow = 0,124$$

Pada perhitungan curah hujan rancangan digunakan kala ulang 5, 10, 20, dan 50 tahun dengan peramalan menurut distribusi Log Person Type III adalah  $Log x_T = Log \bar{X} + (G \times Si)$ . Data pendukung yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dapat dilihat pada tabel 2.1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

1. Kala ulang 5 tahun

$$Cs = 0,124 \quad ; \quad G = 0,835$$

$$\begin{aligned} Log x_T &= Log \bar{X} + (G \times Si) \\ &= 1,999 + (0,835 \times 0,117) \\ &= 2,097 \end{aligned}$$

$$X_{5\text{tahun}} = 124,991 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.3. dibawah ini.

**Tabel 4.3.**  
*Curah hujan Rancangan Dengan Dengan Metode Log Person Type III*

Kala Ulang (Tahun)	G	Log $X_T$	CH Rancangan $X_T$ (mm)
1	2	3	4
5	0,835	2,097	124,991
10	1,294	2,151	141,505
20	1,627	2,190	154,797
50	2,120	2,248	176,829

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.2.b. Metode EJ Gumbel

Dari data curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode Poligon Thiessen, maka dapat digunakan untuk menghitung curan hujan rancangan

dengan menggunakan metode EJ Gumbel. Data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel 4.4.

*Tabel 4.4. Curah Hujan Harian Maksimum*

No.	Tahun	R (mm)
1	2000	63,750
2	2001	74,500
3	2002	78,500
4	2003	83,250
5	2004	85,250
6	2005	87,250
7	2006	99,500
8	2007	107,750
9	2008	112,250
10	2009	123,750
11	2010	126,500
12	2011	140,880
13	2012	158,500

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk analisa parameter – parameter statistik lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.5. dibawah ini.

*Tabel 4.5. Perhitungan EJ Gumbel*

No	Tahun	xi	Xi - X	( Xi - X ) <sup>2</sup>
0	1	2	3	4
1	2009	63,75	-39,452	1556,485
2	2011	74,50	-28,702	823,822
3	2008	78,50	-24,702	610,204
4	2007	83,25	-19,952	398,095
5	2003	85,25	-17,952	322,285
6	2004	87,25	-15,952	254,476
7	2006	99,50	-3,702	13,707
8	2001	107,75	4,548	20,682
9	2002	112,25	9,048	81,861
10	2000	123,75	20,548	422,208
11	2010	126,50	23,298	542,782
12	2012	140,88	37,678	1419,608
13	2005	158,50	55,298	3057,835
Jumlah		1341,630		9524,050
Rerata		103,202		
Si		28,172		

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai :

1. Curah hujan rata – rata

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n x_i \\ &= \frac{1}{13} \times 1341,630 \quad \Rightarrow \quad = 103,202\end{aligned}$$

2. Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{9524,150}{(13-1)}} \quad \Rightarrow \quad = 28,172\end{aligned}$$

3. Faktor Frekuensi

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Dengan :

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(Tr - 1)}{Tr} \right\} \right]$$

Nilai  $S_n$  dapat dilihat pada tabel 2.2. hubungan antara *reduced mean* ( $Y_n$ ) dengan besarnya sampel  $n$  dan  $Y_n$  dapat dilihat pada tabel hubungan antara *Reduced Standar Deviation* ( $S_n$ ) dengan besarnya sampel  $n$ . Dari tabel didapatkan :

$n = 13$ , maka ;

$Y_n = 0,5070$

$S_n = 0,9971$



Maka  $Y_T$  untuk kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned}
 Y_T &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(Tr-1)}{Tr} \right\} \right] \\
 &= -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(5-1)}{5} \right\} \right] \quad \Rightarrow \quad = 1,500
 \end{aligned}$$

Faktor Frekuensi untuk kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \\
 &= \frac{1,500 - 0,5070}{0,9971} \quad \Rightarrow \quad = 0,9958
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.6. dibawah ini.

**Tabel 4.6.** Perhitungan Reduced Variated dan Faktor Frekuensi

No.	Kala Ulang (tahun)	Reduced Variated ( $Y_T$ )	Faktor Frekuensi (K)
1	5	1,500	0,9958
2	10	2,250	1,7484
3	20	2,970	2,4704
4	50	3,902	3,4048

Sumber : Hasil Perhitungan

Dengan demikian maka curah hujan rancangan untuk kala ulang 5 tahun adalah :

$$\begin{aligned}
 X_{5 \text{ tahun}} &= \bar{x} + K.S \\
 &= 103,202 + (0,9958 \times 28,172) \quad \Rightarrow \quad = 131,257 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.8. dibawah ini.

**Tabel 4.7.** Curah Hujan Rancangan Dengan metode EJ Gumbel

Kala Ulang (Tahun)	CH Rancangan $X_T$ (mm)
5	131,257
10	152,460
20	172,798
50	199,123

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi

#### 4.1.3.a. Log Person Type III

##### a. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Untuk melakukan uji Smirnov-Kolmogorov, data curah hujan harian maksimum tahunan disusun dari angka terkecil ke angka terbesar. Sedangkan untuk menghitung probabilitasnya digunakan rumus :

$$P(x) = \frac{m}{n+1}$$

$$= \frac{1}{13+1} \quad \Rightarrow \quad = 0,071$$

$$f(t) = 1,659 \quad ; \quad Pr = 0,951$$

$$P'(x) = 1 - Pr$$

$$= 1 - 0,951 \quad \Rightarrow \quad = 0,049$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.8. dibawah ini.

Tabel 4.8. Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas Log Person Type III

<b>m</b>	<b>Log X</b>	<b>Log X<sub>terurut</sub></b>	$P_e = \left[ \frac{m}{n+1} \right]$	$f(t) = \left[ \frac{\text{Log}\bar{X} - \text{Log} X}{S} \right]$	<b>Pr</b>	<b>P<sub>t</sub></b>	$\Delta$ ( $P_e - P_t$ )
1	2,093	1,804	0,071	1,659	0,951	0,049	0,023
2	2,032	1,872	0,143	1,082	0,860	0,140	0,003
3	2,050	1,895	0,214	0,888	0,813	0,187	0,027
4	1,931	1,920	0,286	0,671	0,749	0,251	0,034
5	1,941	1,931	0,357	0,583	0,720	0,280	0,077
6	2,200	1,941	0,429	0,497	0,690	0,310	0,119
7	1,998	1,998	0,500	0,010	0,504	0,496	0,004
8	1,920	2,032	0,571	-0,285	0,388	0,612	-0,041
9	1,895	2,050	0,643	-0,436	0,331	0,669	-0,026
10	1,804	2,093	0,714	-0,798	0,213	0,787	-0,073
11	2,102	2,102	0,786	-0,879	0,190	0,810	-0,025
12	1,872	2,149	0,857	-1,278	0,101	0,899	-0,042
13	2,149	2,200	0,929	-1,714	0,043	0,957	-0,028
Rerata, $\bar{X}$		<b>1,999</b>			<b><math>\Delta</math> Maks.</b>		<b>0,119</b>
Simpangan Baku, $s$		<b>0,117</b>					

Sumber : Hasil Perhitung

- Banyak data = 13
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %  $\Rightarrow$  = 0,05
- $\Delta Cr$  = 0,375 (hasil interpolasi)
- $\Delta$  Maks = 0,119

Karena  $\Delta Maks < \Delta Cr$ , maka pengujian Smirnov-Kolmogorov pada distribusi Log Person Type III diterima.

Dalam menentukan nilai kritis ( $\Delta Cr$ ) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.4.

***b. Uji Chi Square***

Jumlah kelas Distribusi (k) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} k &= 1 + (3,322 \times \text{Log } n) \\ &= 1 + (3,322 \times \text{Log } 13) \\ &= 4,7 \approx 5 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dibuat 5 kelas distribusi :

$$= \frac{100 \%}{5} \quad \Rightarrow \quad = 20\%$$

Jadi interval yang digunakan adalah : 20 %, 40 %, 60%, 80 %

Pada pengujian Chi Square terlebih dahulu menentukan nilai  $C_s$  yang sebelumnya sudah dihitung, yaitu  $C_s = 0,124$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

**1. Interval 80 %**

$$\begin{aligned} C_s &= 0,124 \quad ; \quad G = -0,935 \\ \text{Log } X &= \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \end{aligned}$$

$$= 1,999 + (-0,935 \times 0,117)$$

$$= 1,967$$

$$X = 92,756 \text{ mm}$$

**2. Interval 60 %**

$$C_s = 0,124 \quad ; \quad G = -0,270$$

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{x} + (G \times S)$$

$$= 1,999 + (-0,270 \times 0,117)$$

$$= 1,889$$

$$X = 77,519 \text{ mm}$$

**3. Interval 40 %**

$$C_s = 0,124 \quad ; \quad G = 0,326$$

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{x} + (G \times S)$$

$$= 1,999 + (0,326 \times 0,117)$$

$$= 2,037$$

$$X = 108,963 \text{ mm}$$

**4. Interval 20 %**

$$C_s = 0,124 \quad ; \quad G = 0,855$$

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{x} + (G \times S)$$

$$= 1,999 + (0,855 \times 0,117)$$

$$= 2,099$$

$$X = 125,667 \text{ mm}$$

Tabel 4.9. Pengujian Chi Square pada probabilitas Log Person Type III

No	Kelas	EJ	OJ	EJ-OJ	(EJ-OJ) <sup>2</sup>
1	0 - 77,519	2	2,6	-0,6	0,36
2	77,519 - 92,756	4	2,6	1,4	1,96
3	92,756 - 108,963	2	2,6	-0,6	0,36
4	108,963 - 125,666	2	2,6	-0,6	0,36
5	125,666 - @	3	2,6	0,4	0,16
Jumlah		13	13		3,2

Sumber : Hasil Perhitung

$$EJ = \frac{\text{banyakny adata}}{\text{jumlah data}} = \frac{13}{5} \Rightarrow = 2,6$$

- Banyaknya data (n) = 13
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %
- Derajat kebebasan (Dk) = kelas – m – 1  
= 5 – 2 – 1  $\Rightarrow$  = 2

$$X^2 \text{ standar} = 5,991$$

$$X^2 \text{ hitung} = \frac{\sum(EJ - OJ)^2}{OJ} = \frac{3,2}{2,6} \Rightarrow = 1,23$$

Karena  $X^2$  hitung <  $X^2$  standar, maka pengujian Chi Square pada distribusi Log Person Type III diterima.

Dalam menentukan nilai kritis ( $X^2$  standar) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.3.

#### 4.1.3.b. EJ Gumbel

##### a. Uji Smirnov-Kolmogorov

Untuk melakukan uji Smirnov-Kolmogorov, data curah hujan harian maksimum tahunan disusun dari angka terkecil ke angka terbesar. Sedangkan untuk menghitung probabilitasnya digunakan rumus :

$$P(x) = \frac{m}{n+1}$$
$$= \frac{1}{13+1} \quad \Rightarrow \quad = 0,071$$

Mencari nilai  $P'(x)$  :

$$x = 63,75$$

$$x = \bar{x} + (k \times S)$$

$$63,75 = 103,20 + (k \times 28,17)$$

$$k = \frac{103,20 - 63,75}{28,17} \quad \Rightarrow \quad = 1,400$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$1,400 = \frac{Y_t - 0,5070}{0,9971}$$

$$Y_t = 0,5070 + (1,400 \times 0,9971) \quad \Rightarrow \quad = 1,903$$

$$P'(x) = 1 - e^{-Y_t}$$
$$= 1 - 2,718^{-2,718^{1,903}} \quad \Rightarrow \quad = 0,138$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.10. dibawah ini.

Tabel 4.10. Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas EJ Gumbel

m	X	X <sub>terurut</sub>	$P_e = \left[ \frac{m}{n+1} \right]$	K	Yt	Pt	$\Delta$ (Pe - Pt)
1	123,75	63,75	0,071	1,400	1,903	0,138	-0,067
2	107,75	74,50	0,143	1,019	1,523	0,196	-0,053
3	112,25	78,50	0,214	0,877	1,381	0,222	-0,008
4	85,25	83,25	0,286	0,708	1,213	0,257	0,029
5	87,25	85,25	0,357	0,637	1,142	0,273	0,084
6	158,50	87,25	0,429	0,566	1,072	0,290	0,139
7	99,50	99,50	0,500	0,131	0,638	0,410	0,090
8	83,25	107,75	0,571	-0,161	0,346	0,507	0,064
9	78,50	112,25	0,643	-0,321	0,187	0,564	0,079
10	63,75	123,75	0,714	-0,729	-0,220	0,712	0,002
11	126,50	126,50	0,786	-0,827	-0,318	0,747	0,039
12	74,50	140,88	0,857	-1,337	-0,827	0,898	-0,041
13	140,88	158,50	0,929	-1,963	-1,450	0,986	-0,057
Rerata, $\bar{X}$		<b>103,20</b>					
Simpangan Baku, s		<b>28,17</b>				<b><math>\Delta</math> Maks.</b>	<b>0,139</b>

Sumber : Hasil Perhitung



- Banyak data = 13
- Taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 5 %  $\Rightarrow$  = 0,05
- $\Delta Cr$  = 0,375 (hasil interpolasi)
- $\Delta$  Maks = 0,139

Karena  $\Delta Maks < \Delta Cr$ , maka pengujian Smirnov-Kolmogorov pada distribusi EJ Gumbel diterima.

Dalam menentukan nilai kritis ( $\Delta Cr$ ) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.4.

***b. Uji Chi Square***

Jumlah kelas Distribusi (k) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} k &= 1 + (3,322 \times \text{Log } n) \\ &= 1 + (3,322 \times \text{Log } 13) \\ &= 4,7 \approx 5 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dibuat 5 kelas distribusi :

$$= \frac{100 \%}{5} \quad \Rightarrow \quad = 20\%$$

Jadi interval yang digunakan adalah : 20 %, 40 %, 60%, 80 %

Pada pengujian Chi Square terlebih dahulu menentukan nilai  $Y_n$  dan  $S_n$ , dimana nilai  $Y_n = 0,5070$  dan  $S_n = 0,9971$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

**1. Interval 80 %**

$$Tr = \frac{100}{80} \quad \Rightarrow \quad = 1,250$$

$$Y_t = -\text{Ln}\left(-\text{Ln}\left(\frac{Tr-1}{Tr}\right)\right)$$

$$= -\text{Ln}\left(-\text{Ln}\left(\frac{1,250-1}{1,250}\right)\right) \Rightarrow = -0,476$$

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

$$= \frac{(-0,476 - 0,5070)}{0,9971} \Rightarrow = -0,986$$

$$X_t = \bar{X} + (K \times S)$$

$$= 103,20 + (-0,986 \times 28,17) \Rightarrow = 75,432$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.11. dibawah ini.

**Tabel 4.11. Batas Kelas Pada Probabilitas EJ Gumbel**

No	Pr	Tr	Yt	K	Xt
1	80	1,250	-0,476	-0,986	75,432
2	60	1,667	0,087	-0,421	91,347
3	40	2,500	0,672	0,165	107,857
4	20	5,000	1,500	0,996	131,257

Sumber : Hasil Perhitung

**Tabel 4.12. Pengujian Chi Square pada probabilitas EJ Gumbel**

No	Kelas	EJ	OJ	EJ-OJ	(EJ-OJ) <sup>2</sup>
1	0 - 75,432	2	2,6	-0,6	0,36
2	75,432 - 91,347	4	2,6	1,4	1,96
3	91,347 - 107,856	2	2,6	-0,6	0,36
4	107,856 - 131,256	3	2,6	0,4	0,16
5	131,256 - @	2	2,6	-0,6	0,36
Jumlah		13	13		3,2

Sumber : Hasil Perhitung

$$EJ = \frac{\text{banyakny adata}}{\text{jumlah data}} = \frac{13}{5} \Rightarrow = 2,6$$

- Banyaknya data (n) = 13
- Taraf signifikan (α) = 5 %

## LAPORAN TUGAS AKHIR

- Derajat kebebasan (Dk) = kelas - m - 1  
= 5 - 1 - 1  $\Rightarrow$  = 3

$$X^2 \text{ standar} = 7,815$$

$$X^2 \text{ hitung} = \frac{\sum(EJ - OJ)^2}{OJ} = \frac{3,2}{2,6} \Rightarrow = 1,23$$

Karena  $X^2$  hitung <  $X^2$  standar, maka pengujian Chi Square pada distribusi EJ

Gumbel diterima.

Dalam menentukan nilai kritis ( $X^2$  standar) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.3.

*Tabel 4.13. Perbandingan Curah Hujan Rancangan*

Kala Ulang (Tahun)	Log Person III	EJ Gumbel
5	124,991	131,257
10	141,505	152,460
20	154,797	172,798
50	176,829	199,123

Sumber : Hasil Perhitungan

*Tabel 4.14. Perbandingan Uji Smirnov-Kolmogorov*

Perbandingan	Log Person III	EJ Gumbel
N	13	13
$\Delta$ Maks	0,119	0,139
$\alpha$	5%	5%
$\Delta$ Cr	0,375	0,375
Uji Distribusi	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

*Tabel 4.15. Perbandingan Uji Chi Square*

Perbandingan	Log Person III	EJ Gumbel
N	13	13
$\alpha$	5%	5%
$X^2$ hitung	1,23	1,23
$X^2$ standar	5,991	7,815
Uji Distribusi	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan uji distribusi Smirnov-Kolmogorov dan Chi Square pada metode Log Person III dan metode EJ Gumbel dapat diterima. Untuk perhitungan selanjutnya dapat digunakan metode Log Person III sebagai acuan untuk proses analisa selanjutnya, karena pada hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov dengan metode Log Person Type III memiliki  $\Delta$ Maks lebih kecil dibandingkan metode EJ Gumbel.

#### 4.1.4. Distribusi Hujan Jam –jaman

Dalam perhitungan ini, perhitungan kemungkinan curah hujan tiap jamnya dihitung dengan menggunakan rumus (Suyono, 1989). Untuk daerah di Pulau Jawa, rata – rata hujan (t) = 3 jam, maka :

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

$$T = 1\text{jam} = R_1 = \frac{R_{24}}{3} \times \left(\frac{3}{1}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,70 R_{24}$$

$$T = 2\text{jam} = R_2 = \frac{R_{24}}{3} \times \left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,44 R_{24}$$

$$T = 3\text{jam} = R_3 = \frac{R_{24}}{3} \times \left(\frac{3}{3}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,33 R_{24}$$

Maka untuk  $R_{24} = 100\%$  di dapatkan hubungan waktu hujan dengan ratio jam ke t yaitu dengan persamaan:

$$R_t = t \cdot R_t - (t-1) \cdot R(t-1)$$

Dengan memasukkan nilai t pada persamaan di atas akan di dapatkan:

$$1 \text{ jam}, R_1 = 1 \cdot R_1 - (1-1) \cdot R(1-1)$$

$$= 1 \cdot 0,70 R_{24} - 0$$

$$= 0,70 R_{24} \cdot 100\%$$

$$= 70\%$$

$$2 \text{ jam}, R_2 = 2 \cdot R_2 - (2-1) \cdot R_1$$

$$= 2 \cdot 0,44 R_{24} - 1 \cdot 0,70 R_{24}$$

$$= 0,19 R_{24} \cdot 100\%$$

$$= 19\%$$

$$3 \text{ jam}, R_3 = 3 \cdot R_3 - (3-1) \cdot R_2$$

$$= 3 \cdot 0,33R_{24} - 2 \cdot 0,44 R_{24}$$

$$= 0,1 R_{24} \cdot 100\%$$

$$= 11\%$$

**Tabel 4.16.**  
*Distribusi Hujan Jam -jaman*

No.	Jam ke	Ratio (%)
1	1	70
2	2	19
3	3	11

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### **4.1.5. Koefisien Pengaliran**

Koefisien pengaliran ditentukan berdasarkan tata guna lahan dan tabel koefisien pengaliran yang dapat dilihat pada tabel 2.5. Lokasi perencanaan berada di kabupaten Tulungagung dengan keadaan tata guna lahannya terdiri dari pemukiman, sawah dan kebun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.17.

**Tabel 4.17.** *Rerata Koefisien Pengaliran Penggunaan Lahan*

No Sub DAS	Penggunaan Lahan	Luas		koefisien (C)
		Total (km2)	(km <sup>2</sup> )	
<b>21</b>	Pemukiman	12,224	4,645	0,7
	Sawah		3,912	0,8
	Kebun		3,667	0,3
<b>22</b>	Pemukiman	1,369	0,616	0,6
	Sawah		0,534	0,8
	Kebun		0,219	0,6
<b>23</b>	Pemukiman	5,637	3,439	0,7
	Sawah		1,747	0,8
	Kebun		0,451	0,3

*Sumber : Data Lapangan*

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

$$C = \frac{(12,224 \times 0,60) + (1,369 \times 0,67) + (5,637 \times 0,60)}{12,224 + 1,369 + 5,637}$$

$$= 0,65$$

#### 4.1.6. Hujan Efektif

Berdasarkan pada hasil perhitungan hujan rencana dengan metode *Log Person III* dan perhitungan distribusi hujan jam – jaman, maka dapat dihitung hujan efektif dengan menggunakan persamaan :

$$R_n = C \cdot R$$

Curah hujan rancangan 5 tahun = 124,991

Koefisien pengaliran = 0,65

Maka :

Curah hujan efektif = 124,991 x 0,65 = 81,244

Curah hujan jam-jaman = 81,244 x 70% = 47,122

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.18. dibawah ini.

**Tabel 4.18. Perhitungan hujan Efektif**

No	Jam ke	Ratio (%)	Distribusi Hujan Jam - jaman (mm)			
			5 Th	10 Th	20 Th	50 Th
1	1	0,70	56,871	64,385	70,433	80,457
2	2	0,19	15,436	17,476	29,412	21,838
3	3	0,11	8,937	10,118	17,028	12,643
Probabilitas Hujan Harian			124,991	141,505	154,797	176,829
Koefisien Pengaliran			0,65	0,65	0,65	0,65
Hujan Efektif			81,244	91,979	100,618	114,939

Sumber : Hasil perhitungan

**4.1.7. Debit Banjir Rancangan**

Untuk menentukan debit banjir rancangan pada perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

**4.1.7.1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu**

Berdasarkan data topografi dan hasil perhitungan maka dapat diketahui data – data sebagai berikut :

$$\text{Luas DAS (A)} = 19,20 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang sungai utama (L)} = 5,456 \text{ km}$$

$$\text{Koefisien pengaliran (C)} = 0,65$$

$$R_0 = 1,00 \text{ mm (hujan satuan)}$$

1. Menentukan nilai waktu konsentrasi ( $T_g$ ). Karena  $L < 15 \text{ km}$  maka :

$$\begin{aligned} T_g &= 0,27 \times L^{0,7} \\ &= 0,27 \times 5,456^{0,7} \\ &= 0,885 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai  $T_r$  yang nilainya antara  $0,5 T_g - 1 T_g$

$$\begin{aligned} T_r &= 1 \times 0,885 \\ &= 0,885 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai ( $T_p$ ) dengan rumus

$$\begin{aligned} T_p &= t_g + 0,8t_r \\ &= 0,885 + (0,8 \times 0,885) \\ &= 1,59 \approx 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

4. Menentukan nilai  $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g$$



$$\begin{aligned} \text{Parameter } \alpha &= \frac{0,47 \times (A.L)^{0,25}}{Tg} \\ &= \frac{0,47 \times (19,20 \times 5,456)^{0,25}}{0,885} \\ &= 1,698 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= 1,698 \times 0,885 \\ &= 1,504 \end{aligned}$$

5. mencari debit puncak (Qp)

$$\begin{aligned} Qp &= \frac{A.R_o}{3,6 \times (0,3.Tp + T_{0,3})} \\ &= \frac{19,20 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 2 + 1,504)} \\ &= 2,535 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Menghitung unit hidrograf satuan banjir banjir rancangan dengan menggunakan persamaan – persamaan sebagai berikut :

1. Untuk lengkung naik dengan  $0 \leq t \leq T_p = 0 \leq t \leq 2$

$$\begin{aligned} Q_a &= Qp \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \\ &= 2,535 \times \left( \frac{1}{2} \right)^{2,4} \\ &= 0,480 \end{aligned}$$

2. Untuk lengkung turun dengan  $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) = 2 \leq t \leq 3,504$

$$\begin{aligned}
 Q_{d1} &= Qp \times 0,3^{\left(\frac{t-Tp}{T_{0,3}}\right)} \\
 &= 2,535 \times 0,3^{\left(\frac{3-2}{1,504}\right)} \\
 &= 1,138
 \end{aligned}$$

3. Untuk lengkung turun kedua dengan  $(Tp + T_{0,3}) < t < (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = 3,504 < t < 5,759$

$$\begin{aligned}
 Q_{d2} &= Qp \times 0,3^{\left(\frac{t-Tp+0,5 \times T_{0,3}}{1,5 \times T_{0,3}}\right)} \\
 &= 2,535 \times 0,3^{\left(\frac{4-2+0,5 \times 1,504}{1,5 \times 1,504}\right)} \\
 &= 0,584
 \end{aligned}$$

4. Untuk lengkung turun kedua dengan  $t \geq (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = t \geq 5,759$

$$\begin{aligned}
 Q_{d3} &= Qp \cdot 0,3^{\left(\frac{t - Tp + 1,5 \cdot T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}}\right)} \\
 &= 2,535 \times 0,3^{\left(\frac{6-1+1,5 \times 1,504}{2 \times 1,504}\right)} \\
 &= 0,207
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.18. dibawah ini.

*Tabel; 4.19. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu*

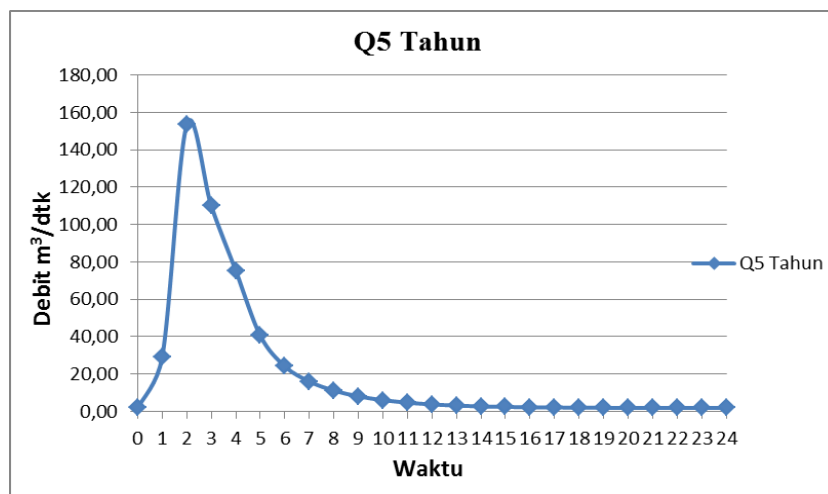
<b>t</b> <b>(Jam)</b>	<b>Qa</b>	<b>Qd1</b>	<b>Qd2</b>	<b>Qd3</b>
0	0,00000			
1	0,48035			
2	2,53530			
3		1,13837		
4			0,58355	
5			0,34218	
6				0,20720
7				0,13884
8				0,09303
9				0,06234
10				0,04177
11				0,02799
12				0,01876
13				0,01257
14				0,00842
15				0,00564
16				0,00378
17				0,00253
18				0,00170
19				0,00114
20				0,00076
21				0,00051
22				0,00034
23				0,00023
24				0,00015

*Sumber : Hasil perhitungan*

Tabel 4.20. Ordinasi Banjir Rancangan 5 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 5 TAHUN						
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN			Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3		
		56,871	15,436	8,937		
0	0,00000	0,000			1,850	1,850
1	0,48035	27,318	0,000		1,850	29,168
2	2,53530	144,185	7,415	0,000	1,850	153,450
3	1,13837	64,741	39,136	4,293	1,850	110,019
4	0,58355	33,187	17,572	22,658	1,850	75,267
5	0,34218	19,460	9,008	10,174	1,850	40,491
6	0,20720	11,783	5,282	5,215	1,850	24,131
7	0,13884	7,896	3,198	3,058	1,850	16,002
8	0,09303	5,291	2,143	1,852	1,850	11,136
9	0,06234	3,545	1,436	1,241	1,850	8,072
10	0,04177	2,376	0,962	0,831	1,850	6,019
11	0,02799	1,592	0,645	0,557	1,850	4,644
12	0,01876	1,067	0,432	0,373	1,850	3,722
13	0,01257	0,715	0,290	0,250	1,850	3,104
14	0,00842	0,479	0,194	0,168	1,850	2,691
15	0,00564	0,321	0,130	0,112	1,850	2,413
16	0,00378	0,215	0,087	0,075	1,850	2,227
17	0,00253	0,144	0,058	0,050	1,850	2,103
18	0,00170	0,097	0,039	0,034	1,850	2,019
19	0,00114	0,065	0,026	0,023	1,850	1,964
20	0,00076	0,043	0,018	0,015	1,850	1,926
21	0,00051	0,029	0,012	0,010	1,850	1,901
22	0,00034	0,019	0,008	0,007	1,850	1,884
23	0,00023	0,013	0,005	0,005	1,850	1,873
24	0,00015	0,009	0,004	0,003	1,850	1,865

Sumber : Hasil perhitungan

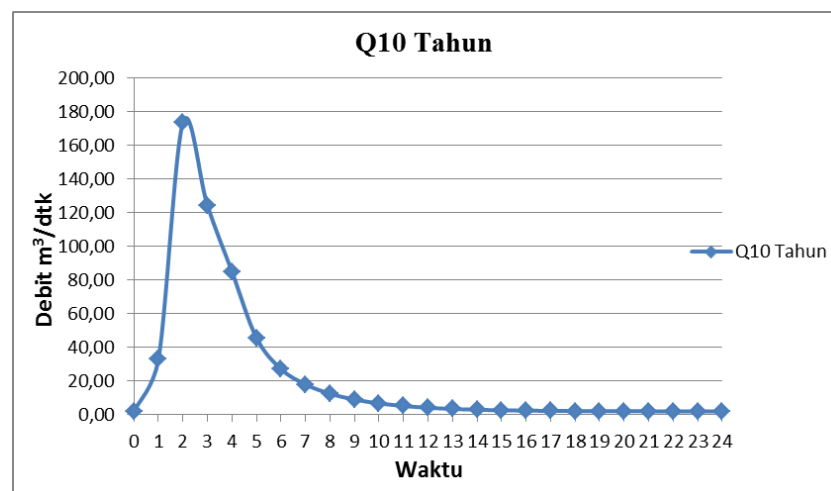


Gambar 4.1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Tabel 4.21. Ordinasi Banjir Rancangan 10 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 10 TAHUN						
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN			Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3		
		64,385	17,476	10,118		
0	0,00000	0,000			1,850	1,850
1	0,48035	30,927	0,000		1,850	32,777
2	2,53530	163,235	8,395	0,000	1,850	173,480
3	1,13837	73,294	44,307	4,860	1,850	124,311
4	0,58355	37,572	19,894	25,651	1,850	84,967
5	0,34218	22,031	10,198	11,518	1,850	45,597
6	0,20720	13,340	5,980	5,904	1,850	27,074
7	0,13884	8,939	3,621	3,462	1,850	17,872
8	0,09303	5,990	2,426	2,096	1,850	12,363
9	0,06234	4,014	1,626	1,405	1,850	8,894
10	0,04177	2,690	1,089	0,941	1,850	6,570
11	0,02799	1,802	0,730	0,631	1,850	5,013
12	0,01876	1,208	0,489	0,423	1,850	3,969
13	0,01257	0,809	0,328	0,283	1,850	3,270
14	0,00842	0,542	0,220	0,190	1,850	2,802
15	0,00564	0,363	0,147	0,127	1,850	2,488
16	0,00378	0,243	0,099	0,085	1,850	2,277
17	0,00253	0,163	0,066	0,057	1,850	2,136
18	0,00170	0,109	0,044	0,038	1,850	2,042
19	0,00114	0,073	0,030	0,026	1,850	1,979
20	0,00076	0,049	0,020	0,017	1,850	1,936
21	0,00051	0,033	0,013	0,012	1,850	1,908
22	0,00034	0,022	0,009	0,008	1,850	1,889
23	0,00023	0,015	0,006	0,005	1,850	1,876
24	0,00015	0,010	0,004	0,003	1,850	1,867

Sumber : Hasil perhitungan

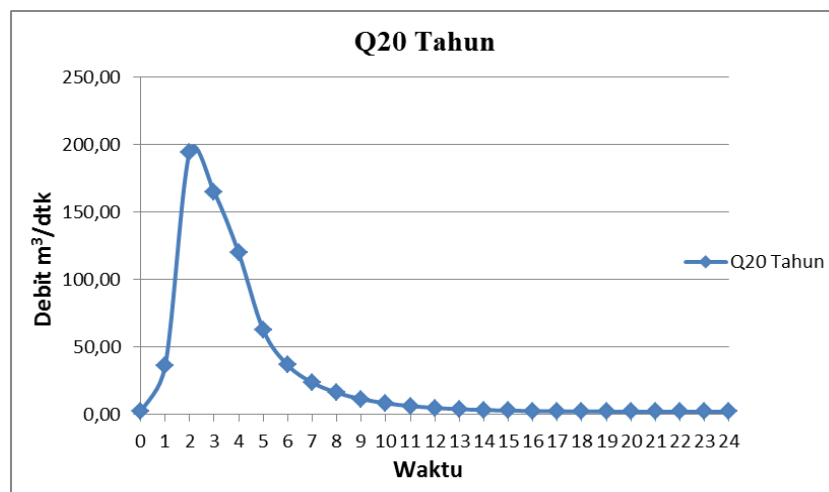


Gambar 4.2. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Tabel 4.22. Ordinasi Banjir Rancangan 20 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 20 TAHUN						
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN			Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3		
		70,433	29,412	17,028		
0	0,00000	0,000			1,850	1,850
1	0,48035	33,832	0,000		1,850	35,682
2	2,53530	178,568	14,128	0,000	1,850	194,546
3	1,13837	80,179	74,567	8,179	1,850	164,775
4	0,58355	41,101	33,481	43,170	1,850	119,603
5	0,34218	24,100	17,163	19,384	1,850	62,497
6	0,20720	14,593	10,064	9,937	1,850	36,444
7	0,13884	9,779	6,094	5,826	1,850	23,549
8	0,09303	6,553	4,083	3,528	1,850	16,014
9	0,06234	4,391	2,736	2,364	1,850	11,341
10	0,04177	2,942	1,834	1,584	1,850	8,210
11	0,02799	1,972	1,229	1,062	1,850	6,112
12	0,01876	1,321	0,823	0,711	1,850	4,706
13	0,01257	0,885	0,552	0,477	1,850	3,764
14	0,00842	0,593	0,370	0,319	1,850	3,132
15	0,00564	0,397	0,248	0,214	1,850	2,709
16	0,00378	0,266	0,166	0,143	1,850	2,426
17	0,00253	0,178	0,111	0,096	1,850	2,236
18	0,00170	0,120	0,075	0,064	1,850	2,109
19	0,00114	0,080	0,050	0,043	1,850	2,023
20	0,00076	0,054	0,033	0,029	1,850	1,966
21	0,00051	0,036	0,022	0,019	1,850	1,928
22	0,00034	0,024	0,015	0,013	1,850	1,902
23	0,00023	0,016	0,010	0,009	1,850	1,885
24	0,00015	0,011	0,007	0,006	1,850	1,873

Sumber : Hasil perhitungan

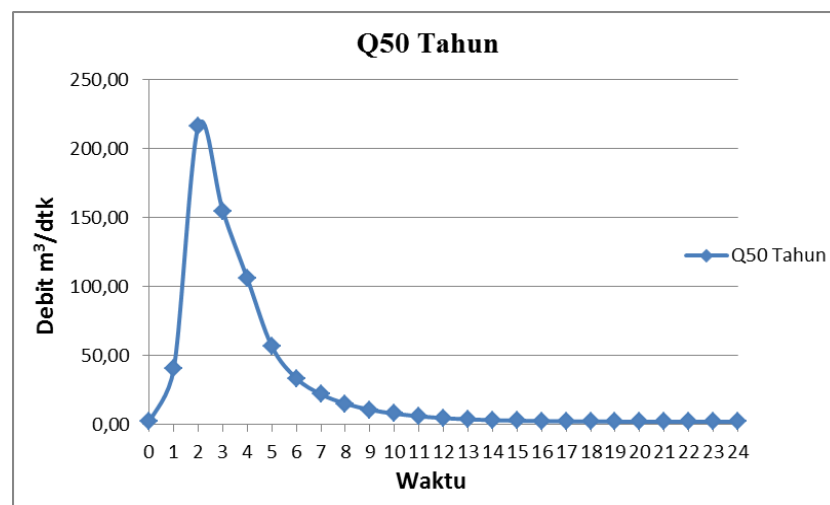


Gambar 4.3. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Tabel 4.23. Ordinasi Banjir Rancangan 50 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 50 TAHUN						
t (Jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN			Base Flow (Qf)	Q Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
		R1	R2	R3		
		80,457	21,838	12,643		
0	0,00000	0,000			1,850	1,850
1	0,48035	38,647	0,000		1,850	40,497
2	2,53530	203,982	10,490	0,000	1,850	216,322
3	1,13837	91,590	55,367	6,073	1,850	154,880
4	0,58355	46,951	24,860	32,054	1,850	105,715
5	0,34218	27,530	12,744	14,393	1,850	56,517
6	0,20720	16,670	7,473	7,378	1,850	33,371
7	0,13884	11,171	4,525	4,326	1,850	21,872
8	0,09303	7,485	3,032	2,620	1,850	14,987
9	0,06234	5,016	2,032	1,755	1,850	10,653
10	0,04177	3,361	1,361	1,176	1,850	7,749
11	0,02799	2,252	0,912	0,788	1,850	5,803
12	0,01876	1,509	0,611	0,528	1,850	4,499
13	0,01257	1,011	0,410	0,354	1,850	3,625
14	0,00842	0,678	0,274	0,237	1,850	3,039
15	0,00564	0,454	0,184	0,159	1,850	2,647
16	0,00378	0,304	0,123	0,106	1,850	2,384
17	0,00253	0,204	0,083	0,071	1,850	2,208
18	0,00170	0,137	0,055	0,048	1,850	2,090
19	0,00114	0,092	0,037	0,032	1,850	2,011
20	0,00076	0,061	0,025	0,021	1,850	1,958
21	0,00051	0,041	0,017	0,014	1,850	1,922
22	0,00034	0,028	0,011	0,010	1,850	1,898
23	0,00023	0,018	0,007	0,006	1,850	1,882
24	0,00015	0,012	0,005	0,004	1,850	1,872

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.4. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

## **4.2. Dimensi Sumur Resapan**

### **4.2.1. Koefisien Permeabilitas Tanah**

Pada lokasi studi mempunyai jenis tanah adalah alluvial dengan warna kelabu dan tektur liat, sehingga memiliki koefisien permeabilitas tanah lambat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.13.

### **4.2.2. Konstruksi Sumur Resapan**

Konstruksi sumur resapan menggunakan konstruksi beton dengan kedalaman sumur resapan direncanakan 300 cm dan diameter 100 cm.

Dimensi sumur resapan :

$$\text{Diameter sumur resapan (D)} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Jari – jari sumur resapan (R)} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi sumur resapan (H)} = 3,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor geometrik (F)} &= 2 \cdot \pi \cdot R \\ &= 2 \times 3,14 \times 1,00 = 6,28 \end{aligned}$$

$$\text{Durasi hujan (T)} = 3 \times 60 \times 60 = 10800 \text{ detik}$$

$$\text{Koefisien permeabilitas (k)} = 0,0003 \text{ m/detik}$$

#### 1. Kapasitas sumur resapan

$$\begin{aligned} V_{\text{sumur}} &= \frac{1}{4} \pi \cdot R^2 \cdot H \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,00^2 \times 3,50 \\ &= 2,75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 2. Debit air masuk sumur resapan

$$Q_{\text{sumur}} = \frac{H \cdot F \cdot K}{1 - e^{-\left[ \frac{F \cdot K \cdot T}{\pi \cdot R^2} \right]}}$$



$$Q_{\text{sumur}} = \frac{3,50 \times 6,28 \times 0,0003}{1 - e^{\left[ \frac{6,28 \times 0,0003 \times 10800}{3,14 \times 1,00^2} \right]}}$$

$$= 0,00667 \text{ m}^3/\text{detik}$$

3. Debit resap sumur resapan

$$Q_{\text{resap}} = F \cdot K \cdot H$$

$$= 6,28 \times 0,0003 \times 3,50$$

$$= 0,00659 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4. Waktu resap air ke dalam tanah

$$t_{\text{resap}} = \frac{V_{\text{sumur}}}{Q_{\text{resap}}}$$

$$= \frac{2,75}{0,00659}$$

$$= 417,30 \text{ detik} = 6,95 \text{ menit}$$

5. Waktu pengisian sumur resapan

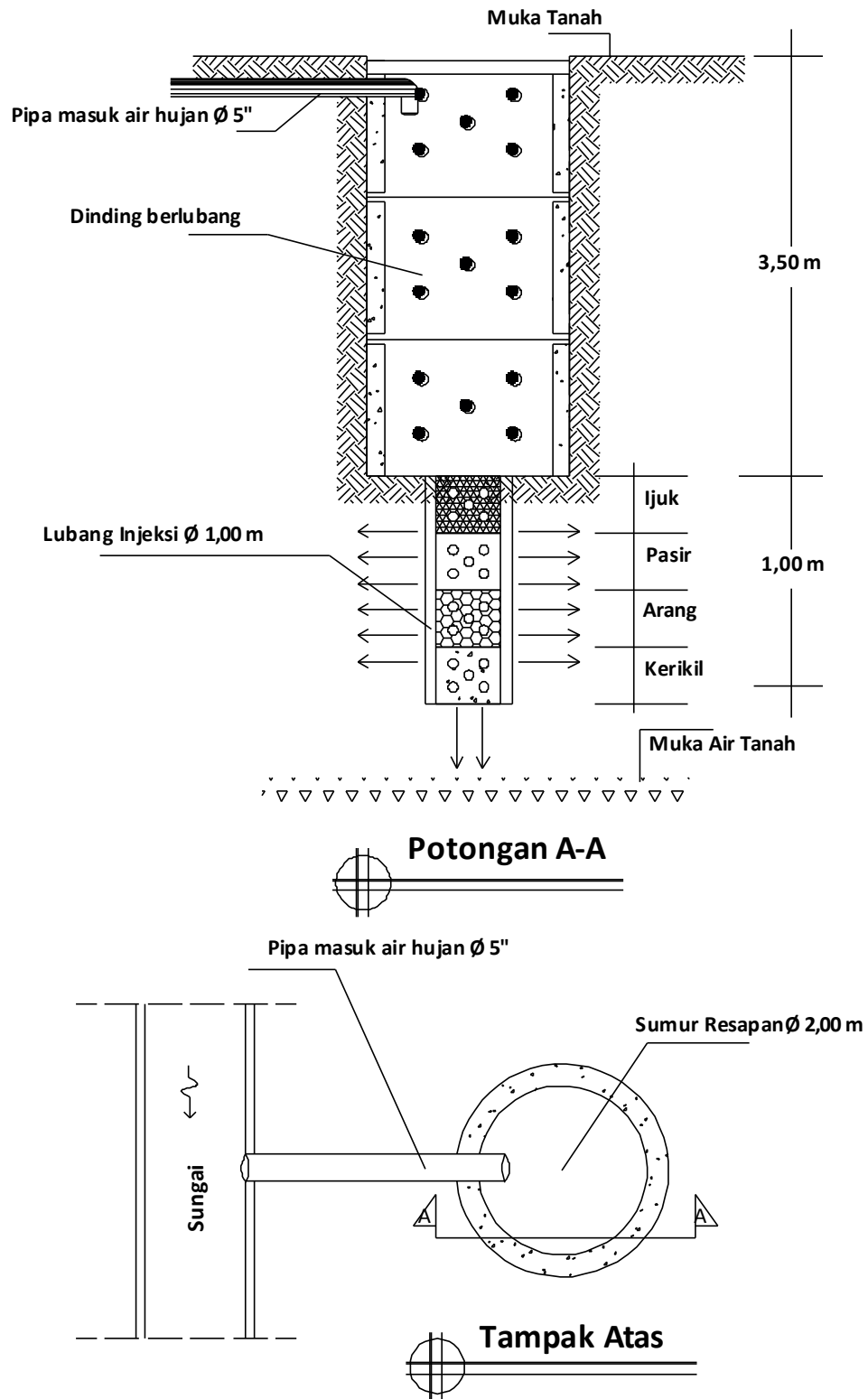
$$t_{\text{pengisian}} = \frac{V_{\text{sumur}}}{Q_{\text{sumur}}}$$

$$= \frac{2,75}{0,00667}$$

$$= 412,30 \text{ detik} = 6,87 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, direncanakan sumur resapan menggunakan konstruksi beton dengan kedalaman sumur resapan direncanakan 3,50 m dan diameter 2,00 m. Dimana kapasitas sumur resapan 2,75 m<sup>3</sup> dengan debit air yang masuk ke sumur resapan 0,00667 m<sup>3</sup>/detik dengan waktu pengisian sumur resapan 6,87 menit. Waktu yang dibutuhkan untuk meresapkan air dalam sumur

resapan ketika penuh membutuhkan waktu selama 6,95 menit dengan debit resapan air ke dalam tanah  $0,00659 \text{ m}^3/\text{detik}$ .



**Gambar 4.5.** Desain Sumur Resapan

**4.3. Perencanaan Teknis Embung**

**4.3.1. Lengkung Kapasitas Tampungan Efektif Embung**

Dalam kapasitas tampungan tidak harus terpaku pada suatu desa atau lokasi embung namun juga harus mempertimbangkan debit / volume air ( $V_h$ ) yang datang serta kemampuan topografy untuk menampung air ( $V_p$ ). Apabila air yang tersedia atau kemampuan topografi kecil maka embung harus didesaain dengan kapasitas yang lebih kecil dari pada keperluan maksimum suatu desa. Dengan demikian untuk memenuhi keperluan kebutuhan maksimum suatu desa diperlukan pembangunan lebih lebih suatu embung.

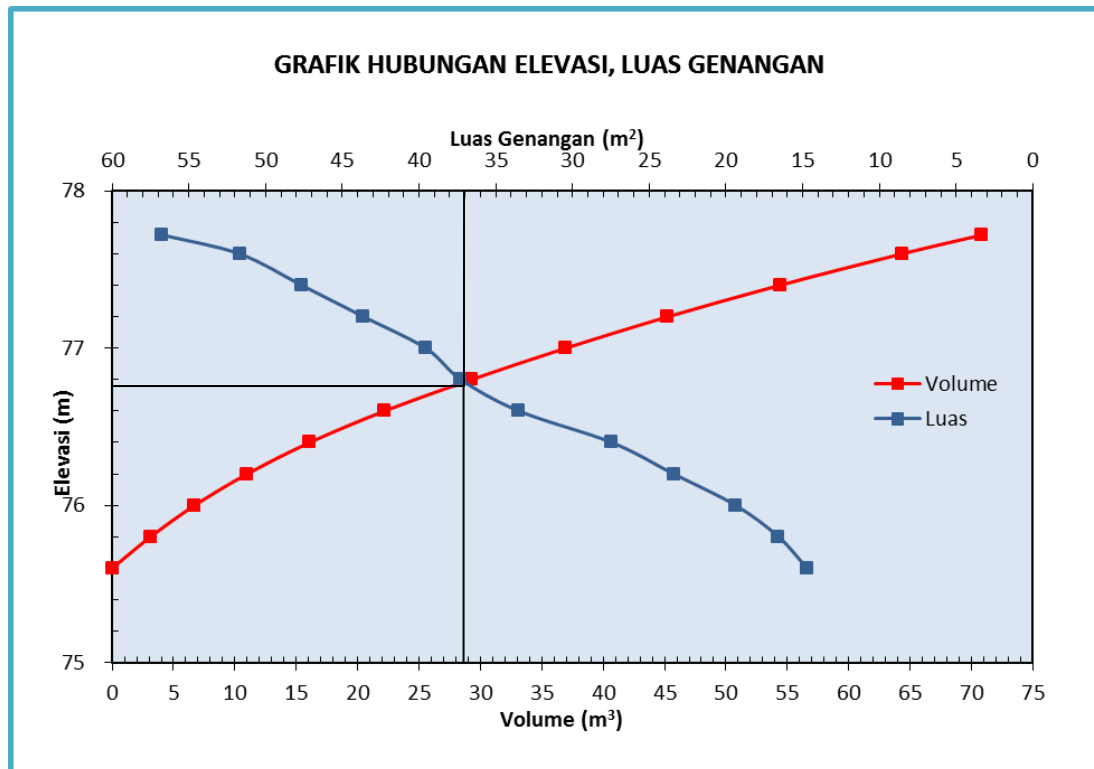
Berdasarkan pengukuran pada peta topografi hubungan luas permukaan genangan, dan volume tampungan embung di Kabupaten Tulungagung dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.24.**  
*Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan*

<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>
75,60	14,72	0	0
75,80	16,58	3,13	3,13
76,00	19,37	3,60	6,73
76,20	23,41	4,28	11,00
76,40	27,45	5,09	16,09
76,60	33,49	6,09	22,18
76,80	37,27	7,08	29,26
77,00	39,57	7,68	36,94
77,20	43,61	8,32	45,26
77,40	47,65	9,13	54,39
77,60	51,69	9,93	64,32
77,72	56,73	6,51	70,83

*Sumber : Hasil Perhitungan*

**Gambar 4.6.** Grafik Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tampungan



Dari Gambar 4.6. Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tampungan didapat elevasi muka air normal adalah  $\pm 76,79$  m dengan volume tampungan  $25,77$  m<sup>3</sup> dan luas genangan  $35,42$  m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2. Analisa Tampungan Mati Embung

Salah satu permasalahan yang timbul dalam kaitannya dalam tampungan efektif adalah terjadinya pendangkalan dasar embung yang dapat mengakibatkan berkurangnya volume air embung. Dalam menentukan volume tampungan mati (*Dead Storage*) diambil besar sedimentasi yang terjadi di Tulungagung yang di tinjau dari laju erosi yaitu sebesar  $1,25$  m<sup>3</sup>/tahun dan volume sedimen adalah  $12,50$  m<sup>3</sup>.

Tabel 4.25. Analisa Tampung Mati dan Elevasi Mercu Spillway

Elevasi	Luas genangan	Luas Genangan Rata-rata	INT. Vol. Tampung	Total Vol. Tampung	El. Dead Storage	El. Mercu Spillway
75,60	14,72					
75,80	16,58	15,65	3,13	3,13		
76,00	19,37	17,98	3,60	6,73		
76,20	23,41	21,39	4,28	11,00		
76,40	27,45	25,43	5,09	16,09		
76,60	31,49	29,47	5,89	21,98		
76,80	35,53	33,51	6,70	28,69	76,29	77,29
77,00	39,57	37,55	7,51	36,20		
77,20	43,61	41,59	8,32	44,51		
77,40	47,65	45,63	9,13	53,64		
77,60	51,69	49,67	9,93	63,57		
77,72	56,73	54,21	6,51	70,08		

Sumber : Hasil Perhitungan

Elevasi dasar sungai = ± 75,60 m

Rencana umur efektif embung = 50 tahun

Elevasi mercu spillway = ± 77,29 m (direncanakan 1 m diatas *Dead Storage*)

#### 4.3.3. Penelusuran Banjir (Flood Routing)

Berdasarkan kapasitas pengaliran melalui pelimpah dapat di estimasikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = C \times B \times H^{3/2}$$

Dimana :

Koefisien limpahan (C) = 2,0 (asumsi antara 2,0 s/d 2,1, *Ir Suyono* ; 181)

Lebar pelimpah (B) = 2 m

Tinggi pelimpah (P) = 1,69 m

Q<sub>50 tahun</sub> = 216,32 m<sup>3</sup>/dtk

Dimana elevasi puncak pelimpah  $\pm 77,29$  m, belum ada air yang melalui pelimpah maka diambil  $H = 0$  m, selanjutnya interval dipakai 20 cm.

$$Hd = \left( \frac{Q}{C \times L} \right)^{2/3}$$

$$= \left( \frac{216,32}{2,0 \times 2} \right)^{2/3}$$

$$= 14,30 \text{ m}$$

$$a = \frac{(((1/1,6) \times (2,2 - 0,0416 \times (Hd/P)^{0,99})) - 1)}{(2 - (1/6) \times (2,2 - 0,0416 \times (Hd/P)^{0,99}))}$$

$$= \frac{(((1/1,6) \times (2,2 - 0,0416 \times (14,30/1,69)^{0,99})) - 1)}{(2 - (1/6) \times (2,2 - 0,0416 \times (14,30/1,69)^{0,99}))}$$

$$= 0,19$$

$H = 0$  dengan interval 20 cm

$$C = \frac{1,6 \times 1 + 2 \times a \times (H/Hd)}{1 + a \times (H/Hd)}$$

$$= \frac{1,6 \times 1 + 2 \times 0,19 \times (0,00/14,30)}{1 + 0,19 \times (0,00/14,30)}$$

$$= 1,85$$

$$Leff = B - (0,24 \times H)$$

$$= 2 - (0,24 \times 0,00)$$

$$= 2,00$$

$$Q = H \times C \times Leff$$

$$= 0,00 \times 1,60 \times 2$$

$$= 0,00$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.26. dibawah ini.

*Tabel 4.26. Elevasi Muka Air dan Kapasitas Spillway*

<b>Elevasi M.A</b>	<b>H</b>	<b>C</b>	<b>Leff</b>	<b>Q</b>
77,29	0,00	1,600	2,00	0,00
77,49	0,20	1,604	1,95	0,28
77,69	0,40	1,608	1,90	0,77
77,89	0,60	1,613	1,86	1,39
78,09	0,80	1,617	1,81	2,09
78,29	1,00	1,621	1,76	2,85
78,49	1,20	1,625	1,71	3,66
78,69	1,40	1,629	1,66	4,49
78,89	1,60	1,633	1,62	5,34
79,09	1,80	1,637	1,57	6,20
79,29	2,00	1,641	1,52	7,06
79,49	2,20	1,645	1,47	7,90
79,69	2,40	1,649	1,42	8,73
79,89	2,60	1,653	1,38	9,54
80,09	2,80	1,657	1,33	10,31
80,29	3,00	1,661	1,28	11,05
80,49	3,20	1,665	1,23	11,74
80,69	3,40	1,669	1,18	12,39
80,89	3,60	1,673	1,14	12,98
81,09	3,80	1,677	1,09	13,51
81,29	4,00	1,681	1,04	13,98
81,49	4,20	1,684	0,99	14,38
81,69	4,40	1,688	0,94	14,71
81,89	4,60	1,692	0,90	14,96

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4.27. Parameter Debit dan Tampungan Embung

Elevasi M.A	Q	S	S/Δt	Q/2	$\psi = S/\Delta t - Q/2$	$\phi = S/\Delta t + Q/2$
1	2	3	4	5	6	7
77,29	0,00	0	0	0	0	0
77,49	0,28	59	0,0163	0,14	-0,12	0,16
77,69	0,77	69	0,0191	0,39	-0,37	0,41
77,89	1,39	79	0,0219	0,70	-0,67	0,72
78,09	2,09	89	0,0246	1,05	-1,02	1,07
78,29	2,85	99	0,0274	1,43	-1,40	1,45
78,49	3,66	109	0,0301	1,83	-1,80	1,86
78,69	4,49	118	0,0329	2,25	-2,21	2,28
78,89	5,34	128	0,0357	2,67	-2,64	2,71
79,09	6,20	138	0,0384	3,10	-3,06	3,14
79,29	7,06	148	0,0412	3,53	-3,49	3,57
79,49	7,90	158	0,0439	3,95	-3,91	4,00
79,69	8,73	168	0,0467	4,37	-4,32	4,41
79,89	9,54	178	0,0495	4,77	-4,72	4,82
80,09	10,31	188	0,0522	5,16	-5,10	5,21
80,29	11,05	198	0,0550	5,52	-5,47	5,58
80,49	11,74	208	0,0577	5,87	-5,81	5,93
80,69	12,39	218	0,0605	6,19	-6,13	6,25
80,89	12,98	228	0,0633	6,49	-6,43	6,55
81,09	13,51	238	0,0660	6,76	-6,69	6,82
81,29	13,98	248	0,0688	6,99	-6,92	7,06
81,49	14,38	258	0,0715	7,19	-7,12	7,26
81,69	14,71	267	0,0743	7,35	-7,28	7,43
81,89	14,96	277	0,0771	7,48	-7,40	7,56

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

[1] = Elevasi mercu pelimpah

[2] = Debit yang melalui pelimpah

[3] = Interpolasi berdasarkan lengkung kapasitas tampungan efektif

[4] = [3] / 3600 (Δt = 3600 detik)



$$[5] = [2] / 2$$

$$[6] = [4] - [5]$$

$$[7] = [4] + [5]$$

**Tabel 4.28. Penelusuran Banjir Melalui Embung**

t (jam)	Inflow (m <sup>3</sup> /dt)	(I <sub>1</sub> +I <sub>2</sub> )/2 (m <sup>3</sup> /dt)	ψ (m <sup>3</sup> /dt)	φ = ψ+(I <sub>1</sub> +I <sub>2</sub> )/ 2 (m <sup>3</sup> /dt)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Elevasi M.A
1	2	3	4	5	6	7
0	1,85				1,85	77,29
1	33,87	17,86	-16,73	1,13	9,53	77,61
2	179,70	106,78	-89,12	17,66	34,98	77,89
3	129,88	154,79	-64,48	90,31	157,34	78,29
4	90,83	110,36	-45,10	65,26	129,63	78,18
5	48,48	69,65	-24,03	45,62	90,49	78,09
6	28,66	38,57	-14,20	24,37	48,31	77,93
7	18,85	23,76	-12,78	10,97	23,94	77,84
8	12,99	15,92	-6,43	9,49	18,80	77,79
9	9,31	11,15	-4,61	6,54	12,96	77,68
10	6,85	8,08	-3,39	4,70	10,30	77,59
11	5,20	6,03	-2,57	3,46	7,84	77,57
12	4,10	4,65	-2,02	2,63	6,20	77,54
13	3,35	3,72	-1,65	2,08	5,10	77,59
14	2,86	3,11	-1,40	1,70	4,37	77,57
15	2,53	2,69	-1,24	1,46	3,88	77,53
16	2,30	2,41	-1,13	1,29	3,56	77,49
17	2,15	2,23	-1,05	1,18	3,35	77,47
18	2,05	2,10	-1,00	1,10	3,23	77,45
19	1,99	2,02	-0,97	1,05	3,17	77,42
20	1,94	1,96	-0,95	1,02	3,17	77,39
21	1,91	1,93	-0,93	0,99	2,97	77,37
22	1,89	1,90	-0,92	0,98	2,91	77,35
23	1,88	1,88	-0,91	0,97	2,89	77,32
24	1,87	1,87	-0,91	0,96	2,88	77,30

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

[1] = Waktu penelusuran banjir

[2] = Debit inflow

[3] = Debit inflow rata – rata

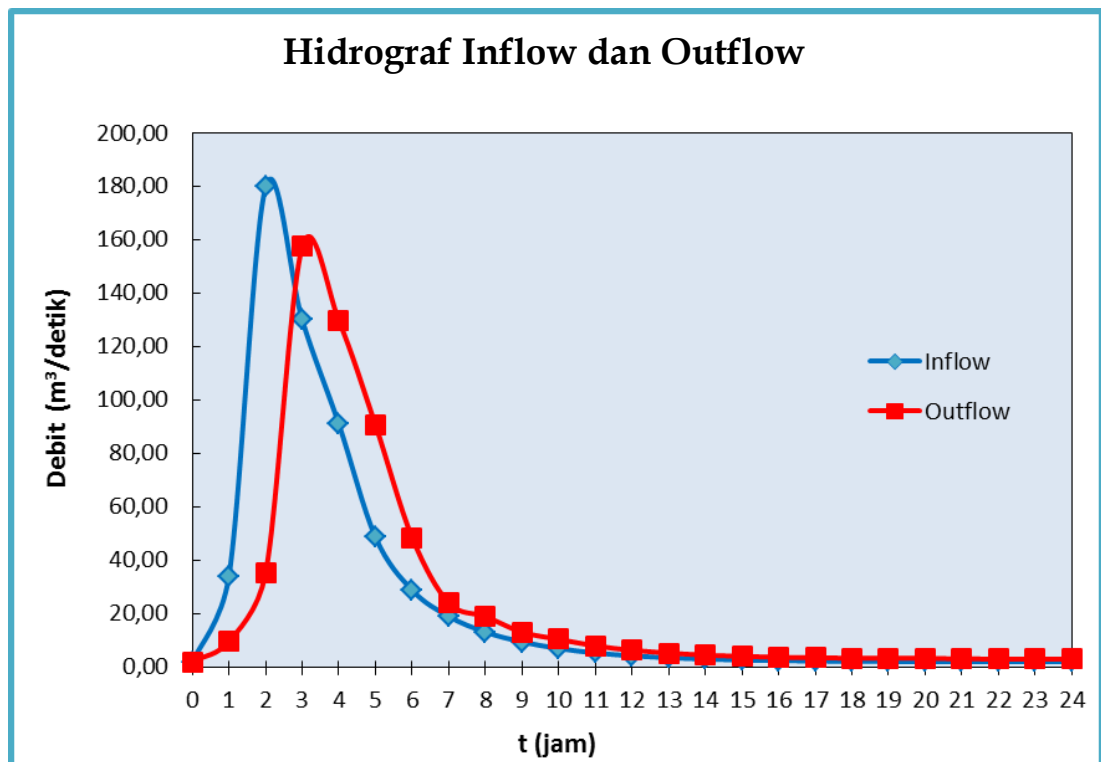
[4] = Interpolasi antara kolom 2 dan kolom 6 pada tabel 4.27. berdasarkan tabel 4.28. kolom 2

[5] = [3] + [4]

[6] = Interpolasi antara kolom 2 dan kolom 7 pada tabel 4.27. berdasarkan tabel 4.28. kolom 5

[7] = Interpolasi antara kolom 1 dan kolom 2 pada tabel 4.27. berdasarkan tabel 4.28. kolom 6

*Gambar 4.7. Garfik Inflow dan Outflow*



**4.3.4. Tipe Tubuh Embung**

Pada lokasi studi memiliki jenis tanah alluvial dengan warna kelabu yang memiliki tekstur liat dengan permeabilitas lambat. Jenis tanah ini dapat digunakan sebagai bahan timbunan tubuh embung, maka dalam perencanaan tipe tubuh embung menggunakan tipe urugan tanah (homogen).

**4.3.5. Tinggi Jagaan Embung**

Tinggi jagaan embung ditentukan berdasarkan tabel 2.6. diambil berdasarkan sesuai dengan tipe tubuh embung yaitu homogen sebesar 0,50 m.

**4.3.6. Tinggi Tubuh Embung**

Tinggi tubuh embung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Hd = Hk + Hb + Hf$$

Berdasarkan penelusuran banjir melalui melalui embung diketahui bahwa :

$Hd$  = Tinggi tubuh embung desain

$Hk$  = 1,69 m pada elevasi  $\pm 77,29$  m (tinggi muka air pada saat kondisi penuh)

$Hb$  = 0,50 m pada elevasi  $\pm 76,79$  m (tinggi muka air normal)

$Hf$  = 0,50 (tinggi jagaan)

$$Hd = 1,69 + 0,50 + 0,50$$

$$= 2,69 \text{ m}$$

Untuk tipe urugan diperlukan cadangan untuk penurunan yang diperkirakan 0,25 m, sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$Hd = 1,69 + 0,50 + 0,50 + 0,25$$

$$= 2,94 \text{ m}$$

**4.3.7. Lebar Puncak Embung**

Lebar puncak embung ditentukan berdasarkan tabel 2.9. yaitu untuk tipe urugan tanah dengan tinggi  $\leq 5,00$  m, maka dengan ketentuan yang ada dengan dilihat dari tinggi embung yang direrncanakan yaitu 2,94 m maka lebar puncak embung adalah 2,00 m.

**4.3.8. Kemiringan Lereng Embung**

Kemiringan lereng embung ditentukan berdasarkan tabel 2.10. dengan tubuh embung yang digunakan adalah tipe urugan tanah dengan kemiringan lereng embung bagian hulu 1 : 1,50 dan bagian hilir 1 : 1,25 dengan tinggi tubuh embung 2,94 m.

**4.3.9. Perencanaan Pintu Pembilas**

Dalam perencanaan ini, direncanakan 2 buah pilar dengan tebal pilar 0,50 m dengan lebar pintu pembilas 1,00 m dengan tinggi pintu yang dipakai 1,00 m.

**4.3.10. Analisa Stabilitas Embung Terhadap Aliran Filtrasi**

Analisa stabilitas terhadap aliran filtrasi dengan maelakukan kontrol terhadap adanya rembesan air yang melalui celah – celah antara butiran – butiran tanah pembentuk tubuh embung tersebut.

Dalam suatu bangunan embung, tubuh embung maupun pondasinya diharuskan mampu mempertahankan diri terhadap gaya – gaya yang ditimbulkan oleh air filtrasi yang mengalir melalui celah – celah antara butiran – butiran tanah pembentuk tubuh embung dan pondasi tersebut.

Untuk menentukan formasi garis aliran pada tubuh embung digunakan data – data sebagai berikut :

- Elevasi muka air banjir  $\pm 78,29$  m
- Elevasi mercu spillway  $\pm 77,29$  m

- Kemiringan lereng tubuh embung bagian hulu 1 : 1,50 dan bagian hilir 1 : 1,25

Penentuan garis aliran sebagai berikut :

$$\begin{aligned}L_1 &= (78,29 - 75,60) \times 1,50 \\ &= 4,04 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_2 &= 10,09 - 4,04 \\ &= 6,05 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0,3 L_1 &= 0,3 \times 4,04 \\ &= 1,21 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= 0,3 L_1 + L_2 \\ &= 0,3 \times 4,04 + 6,05 \\ &= 7,26 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan, maka diperoleh :

$$\begin{aligned}y_0 &= \sqrt{h^2 + d^2} - d \\ &= \sqrt{2,94^2 + 7,26^2} - 7,26 \\ &= 0,58 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_0 &= \frac{y_0}{2} \\ &= \frac{0,58}{2} = 0,29 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh persamaan untuk menentukan garis aliran sesuai dengan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned}y &= \sqrt{2 \cdot y_0 x + y_0^2} \\ &= \sqrt{1,16x + 0,34}\end{aligned}$$

Dengan persamaan tersebut maka diperoleh koordinat – koordinat parabola dasar sebagai berikut :

**Tabel 4.29.** Koordinat Parabola Garis Depresi

<b>X(m)</b>	-0,29	0,00	1	2	3	4	5	6	7,26
<b>Y(m)</b>	0,00	0,58	1,22	1,63	1,95	2,23	2,48	2,70	2,96

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan  $\alpha$  dan  $\Delta\alpha$

Kemiringan tubuh embung bagian hilir 1 : 1,25

$$\alpha = 39^\circ$$

$$\alpha + \Delta\alpha = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha}$$

$$\alpha + \Delta\alpha = \frac{0,58}{1 - 0,777}$$

$$= 2,60 \text{ m}$$

Jaringan trayektori aliran filtrasi

Besarnya kapasitas filtrasi yang mengalir melalui tubuh embung dan pondasi pada embung dapat ditentukan berdasarkan persamaan garis aliran embung diperoleh data sebagai berikut :

$$N_f = 3$$

$$N_p = 7$$

$$K = 3,0 \times 10^{-8} \text{ m/detik}$$

$$H = 2,69 \text{ m}$$

$$L = 10,09 \text{ m}$$

Sehingga kapasitas filtrasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_f = \left( \frac{N_f}{N_p} \right) \times K \times H \times L$$

$$Q_f = \left(\frac{3}{7}\right) \times 3,0 \times 10^{-8} \times 2,69 \times 10,09$$
$$= 3,49 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kapasitas aliran filtrasi yang terjadi diijinkan adalah 2% - 5% dari volume tampungan embung (Soediby,1993).

$$Q_{f_{ijin}} = 5\% \times \text{Volume tampungan efektif}$$
$$= 0,05 \times 77,26$$
$$= \frac{3,863}{(24 \times 60 \times 60)}$$
$$= 4,47 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dari analisa filtrasi yang terjadi  $Q_f = 3,49 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} < Q_{f_{ijin}} = 4,47 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$ , sehingga stabilitas embung terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman.

Tabel 4.30. Analisa Debit Berdasarkan Data Hujan Tahun 2000 -2012 Dengan Metode F.J.Moc

Luas

: 19,200 km<sup>2</sup>

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
<b>I</b>	<b>DATA HUJAN</b>														
1,0	Curah Hujan (P)	Data	mm	264,8	267,4	265,0	176,3	103,7	29,9	13,2	1,8	17,9	65,8	136,1	218,3
2,0	Hari Hujan (h)	Data	hari	15	16	14	9	6	2	1	0	2	4	9	13
<b>II</b>	<b>EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)</b>														
3,0	Evapotranspirasi Potensial (ETo)	ETo	mm	5,96	5,94	6,14	5,67	4,48	4,58	4,54	5,55	6,48	7,23	7,71	7,39
4,0	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
5,0	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,03	0,02	0,05	0,09	0,12	0,16	0,17	0,18	0,16	0,14	0,09	0,05
6,0	E = (ETo) * (m/20) * (18 - h)		mm	0,16	0,12	0,28	0,52	0,52	0,74	0,77	0,99	1,06	0,99	0,70	0,39
7,0	Et = (ETo) - (E)	(3) - (6)	mm	5,80	5,82	5,87	5,15	3,96	3,83	3,77	4,57	5,42	6,24	7,01	7,00
<b>III</b>	<b>KESEIMBANGAN AIR</b>														
8,0	Ds = P - Et	(1) - (7)	mm	259,04	261,57	259,12	171,14	99,79	26,05	9,40	-2,76	12,45	59,53	129,10	211,25
9,0	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,76	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	130,80	130,80	130,80	130,80	130,80	130,80	130,80	128,04	130,80	130,80	130,80	130,80
11,0	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm	259,04	261,57	259,12	171,14	99,79	26,05	9,40	0,00	12,45	59,53	129,10	211,25
<b>IV</b>	<b>ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH</b>														
12,0	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	59,58	60,16	59,60	39,36	22,95	5,99	2,16	0,00	2,86	13,69	29,69	48,59
13,0	0.5 (1 + k) I	Hitungan	-	50,64	51,14	50,66	33,46	19,51	5,09	1,84	0,00	2,43	11,64	25,24	41,30
14,0	k * V (n - 1)	Hitungan	-	118,16	118,16	118,51	118,42	106,31	88,07	65,22	46,94	32,86	24,70	25,44	35,47
15,0	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	mm	168,80	169,30	169,17	151,87	125,82	93,17	67,05	46,94	35,29	36,34	50,68	76,77
16,0	Perubahan Volume Air (DVn)	Vn - V(n-1)	mm	0,00	0,50	-0,13	-17,29	-26,05	-32,65	-26,11	-20,12	-11,65	1,05	14,34	26,10
17,0	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	59,58	59,66	59,73	56,65	49,00	38,64	28,27	20,12	14,51	12,64	15,36	22,49
18,0	Aliran Dasar (BF)	Hitungan	m <sup>3</sup> /det	1,85	1,67	1,85	1,70	1,52	1,16	0,88	0,62	0,44	0,39	0,46	0,70
19,0	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	199,46	201,41	199,52	131,78	76,83	20,06	7,24	0,00	9,58	45,84	99,41	162,66
20,0	Aliran (R)	(17) + (19)	mm	259,04	261,07	259,25	188,43	125,84	58,70	35,51	20,12	24,09	58,48	114,76	185,16
<b>V</b>	<b>DEBIT ALIRAN SUNGAI</b>														
21,0	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m <sup>3</sup> /det	1,86	2,07	1,86	1,40	0,90	0,43	0,25	0,14	0,18	0,42	0,85	1,33
23,0	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Sumber : Hasil Perhitungan

Parameter terpakai :

- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi  
(Diambil 10%)

-Kapasitas kelembaban tanah SMC =  
(Soil Moisture Contents)

130,8 mm

- Koefisien infiltrasi 0,23  
- Faktor resesi aliran air tanah 0,70  
- Penyimpanan awal (initial storage) 60,0  
- m ditentukan 30,0



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan pada bab – bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Q Outflow sebesar  $157,34 \text{ m}^3/\text{detik} < Q$  kapasitas hilir sebesar  $173,16 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Maka dengan adanya embung resapan dapat mengatasi masalah banjir di daerah hilir.
2. Dari analisa pada bab sebelumnya dimensi embung adalah :
  - Embung urugan tipe Homogen
  - Lebar puncak embung = 2,00 m
  - Tinggi tubuh embung = 2,94 m
  - Tinggi jagaan = 0,50 m
  - Kemiringan lereng embung
    - Bagian hulu = 1 : 1,50
    - Bagian hilir = 1 : 1,25
3. Dari analisa filtrasi yang terjadi  $Q_f = 3,49 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} < Q_{f_{ijin}} = 4,47 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$ , sehingga stabilitas embung terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman.
4. Direncanakan sumur resapan menggunakan konstruksi beton dengan kedalaman sumur resapan direncanakan 3,50 m dan diameter 2,00 m, dilengkapi dengan lubang injeksi dengan kedalaman 1,00 m dan diameter

1,00 m yang di isi ijuk, pasir, arang dan kerikil. untuk meresapkan air dalam sumur resapan ketika penuh membutuhkan waktu selama 6,95 menit.

### **5.2. Saran**

Dalam merencanakan dimensi tubuh embung sebaiknya diperhitungkan dari berbagai aspek yang dapat mempengaruhi proses pembangunan maupun manfaat dari embung tersebut setelah dibangun. Aspek – aspek yang perlu diperhatikan antara lain aspek teknis dan aspek non teknis atau aspek sosial ekonomi. Pada kajian ini hanya di bahas dari segi teknisnya saja.

## LAPORAN TUGAS AKHIR