

**LEMBAR PENGESAHAN**

**RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN  
KAPASITAS PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN  
BANJIR DAS KALI LANANG KOTA BATU**

**SKRIPSI**

Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang  
Strata Satu ( S-1 )  
Pada Hari : Kamis  
Tanggal : 21 Pebruari 2013

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelas Sarjana Teknik

**Disusun Oleh:**

**Amirudin**

**08.23.003**


**Disahkan Oleh:**

**Sekretaris**

**Ketua**  
  
**Ir. H. Hirdianto, MT**

  
**Lila Ayu Ratna Winanda, ST. MT**

**Anggota Penguji:**

**Penguji I**  
  
**Ir. Ibnu Hidayat PJ, MT**

**Penguji II**  
  
**Erni Yulianti, ST. MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
KONSENTRASI TEKNIK SUMBER DAYA AIR  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2013**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN  
KAPASITAS PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN  
BANJIR DAS KALI LANANG KOTA BATU**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh:  
Amirudin  
08.23.003**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ir. Kustamar, MT**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Endro Yuwono, MT**

**Mengetahui :**

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



**Ir. H. Hirijanto, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
KONSENTRASI TEKNIK SUMBER DAYA AIR  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2013**

## ABSTRAKSI

Embung Kali Lanang di rencanakan pada aliran sungai Kali Lanang yang berada di Desa Pandanrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu Provinsi Jawa Timur. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan sewasempada pangan melalui penyediaan sarana dan prasarana dasar sektor pertanian.

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan bangunan Embung di Kota Batu untuk meningkatkan kapasitas penyediaan air irigasi sehingga produktifitas pertanian dapat bertambah. Sedangkan maksud dari tugas akhir ini adalah untuk mendesain Embung agar sesuai dengan fungsinya.

Pada studi perencanaan bentuk tubuh Embung Kali Lanang direncanakan menggunakan tipe Embung Urugan Homogen. Untuk maksud tersebut maka dalam penulisan tugas akhir ini yang akan dianalisa meliputi : Analisa Hidrologi untuk debit banjir rancangan, penentuan debit melalui pelimpah dan analisa dimensi embung serta stabilitasnya.

Dalam penentuan puncak muka air embung maksimum maka di lakukan analisa penelusuran banjir melalui embung yang akhirnya di dapat elevasi Muka Air Banjir (MAB) sebesar  $\pm 808.87$  m dan elevasi Muka Air Normal (MAN) sebesar  $\pm 806.86$  sedangkan elevasi dasar sungai sebesar  $\pm 800.00$  m. Dengan menilai beberapa acuan maka elevasi puncak embung adalah  $\pm 809.62$  m, di dapat dari elevasi Muka Air Banjir di tambah dengan Tinggi Jagaan. Dari hasil analisa di atas maka di peroleh tinggi total embung 9.62 m dan lebar puncak embung 3.00 m dengan kemiringan hulu 1 : 3.00 m dan hilir 1 : 2.25 m, dan lebar dasar embung sebesar 53.51 m.

**Kata Kunci :** Perencanaan Embung, Embung Tipe Urugan, Kali Lanang

**RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS  
PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN BANJIR DAS KALI LANANG KOTA  
BATU**

**Kustamar<sup>1</sup>, Endro Yuwono<sup>2</sup>, Amirudin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi Nasional Malang, Kampus ITN Malang.

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi Nasional Malang, Kampus ITN Malang.

<sup>3</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Konsentrasi Sumber Daya Air FTSP, Institut Teknologi Nasional Malang, Kampus ITN Malang.

**ABSTRAKSI**

Embung Kali Lanang di rencanakan pada aliran sungai Kali Lanang yang berada di Desa Pandanrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu Provinsi Jawa Timur. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan sewasempada pangan melalui penyediaan sarana dan prasarana dasar sektor pertanian.

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan bangunan Embung di Kota Batu untuk meningkatkan kapasitas penyediaan air irigasi sehingga produktifitas pertanian dapat bertambah. Sedangkan maksud dari tugas akhir ini adalah untuk mendesain Embung agar sesuai dengan fungsinya.

Pada studi perencanaan bentuk tubuh Embung Kali Lanang direncanakan menggunakan tipe Embung Urugan Homogen. Untuk maksud tersebut maka dalam penulisan tugas akhir ini yang akan dianalisa meliputi : Analisa Hidrologi untuk debit banjir rancangan, penentuan debit melalui pelimpah dan analisa dimensi embung serta stabilitasnya.

Dalam penentuan puncak muka air embung maksimum maka di lakukan analisa penelusuran banjir melalui embung yang akhirnya di dapat elevasi Muka Air Banjir (MAB) sebesar  $\pm 808.87$  m dan elevasi Muka Air Normal (MAN) sebesar  $\pm 806.86$  sedangkan elevasi dasar sungai sebesar  $\pm 800.00$  m. Dengan menilai beberapa acuan maka elevasi puncak embung adalah  $\pm 809.62$  m, di dapat dari elevasi Muka Air Banjir di tambah dengan Tinggi Jagaan. Dari hasil analisa di atas maka di peroleh tinggi total embung 9.62 m dan lebar puncak embung 3.00 m dengan kemiringan hulu 1 : 3.00 m dan hilir 1 : 2.25 m, dan lebar dasar embung sebesar 53.51 m.

**Kata Kunci :** Perencanaan Embung, Embung Tipe Urugan, Kali Lanang

## **1 LATAR BELAKANG**

Air merupakan sumber daya alam yang menjadi bagian terpenting bagi kehidupan manusia. Untuk dapat memanfaatkan potensi air yang ada diperlukan sarana sehingga kebutuhan air dapat terpenuhi berdasarkan konsepsi, rancangan, rencana dan operasi dari sarana yang ada. (Linsley,1985:1). Sistem penyediaan air irigasi di DAS kali lanang belum optimal sehingga waktu musim kemarau air irigasi tidak cukup untuk lahan pertanian seluas  $\pm 457$  Ha. Sedangkan di DAS kali lanang masih ada potensi SDA yang cukup yang belum dimanfaatkan.

Untuk memanfaatkan potensi SDA yang ada maka perlu adanya bangunan-bangunan air. Bangunan air yang biasa digunakan diantaranya adalah waduk, Bendungan, Embung dan

Bendung yang di sesuaikan dengan kebutuhan dan lokasinya. Di lihat dari topografi lokasi studi maka bangunan air yang sesuai adalah embung. Dimana embung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung air hujan maupun air dari suatu sumber guna persediaan suatu daerah di musim kemarau.

Pada saat ini di DAS Kali Lanang sudah ada bangunan air yaitu Dam Kali Lanang namun pada musim kemarau air irigasi yang berasal dari Dam Kali Lanang belum bisa memenuhi kebutuhan air irigasi untuk lahan pertanian seluas  $\pm 457$  Ha. Jadi pada saat musim kemarau para petani bergiliran untuk mengambil air irigasi yang ada, sedangkan dihilir Dam Kali Lanang terdapat potensi mata air yang cukup besar dan topografi yang sesuai dengan embung. Dengan adanya Embung Kali Lanang maka

kekurangan air pada saat musim kemarau dapat terpenuhi dan luas lahan pertanian dapat bertambah menjadi ± 550 Ha .

Pembangunan Embung Kali Lanang perlu direncanakan secara berkesinambungan, supaya sesuai dengan fungsi dan umur bangunan. Oleh karena itu maka perlu adanya studi perencanaan dan desain gambar yang tepat. Dengan melihat kondisi diatas, perlu diupayakan suatu cara yang sistematis untuk mendukung upaya pemecahan permasalahan di bidang Sumber Daya Air.

**1.1 Maksud dan Tujuan**

Maksud dari Tugas Akhir ini ialah merencanakan Embung Kali Lanang untuk menyediakan air irigasi pada areal persawahan seluas ± 550 Ha. Sedangkan tujuannya adalah untuk mendapatkan desain Embung Kali Lanang yang sesuai dengan fungsinya.

**2 LANDASAN TEORI**

**2.1 Analisa Hidrologi**

**2.1.1. Analisa Sebaran Curah Hujan**

Dalam kajian ini digunakan metode Polygon Thiessen untuk menganalisa sebaran curah hujan pada setiap masing-masing Sta. hujan.

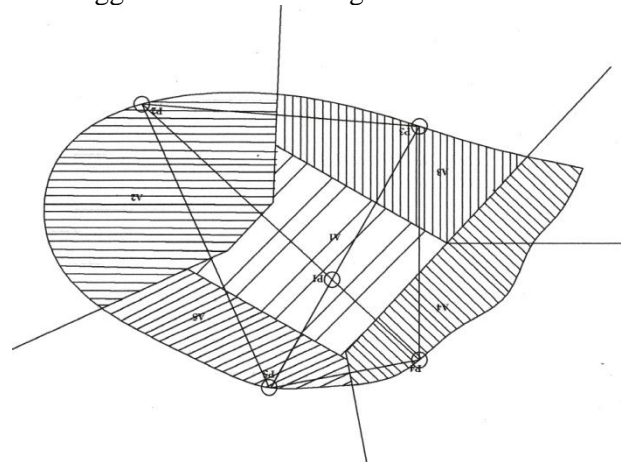
**A. Polygon Thiessen**

Cara ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted average*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan (faktor pembobot) untuk mengakomodasi ketidak seragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat .

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS, antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung
- b) Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk Poligon Thiessen
- c) Luas areal pada tiap-tiap Poligon dapat diukur dengan menggunakan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan seluruh luasan polygon.

d) Hujan rata-rata DAS dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 2.1 Polygon Thiessen

**B. Analisa Curah Hujan Rancangan**

**1) Metode Gumbel**

Adapun rumusan yang dipakai adalah sebagai berikut :

$$X = X + S \cdot K \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

X = harga rata-rata sample

S = penyimpangan baku sample

Faktor frekuensi K untuk harga-harga ekstrim Gumbel ditulis dengan rumus berikut :

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

$Y_T$  = reduced variate

$Y_n$  = reduced mean yang tergantung dari besarnya sampel n

$S_n$  = reduced standard deviation yang tergantung dari besarnya sampel n

Dari rumus di atas, diperoleh :

$$X_T = X + S \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$= X - \frac{Y_n \cdot S}{S_n} + \frac{Y_T \cdot S}{S_n} \dots\dots\dots (2.5)$$

Jika dimasukkan  $\frac{S_n}{S} = a$  dan  $X - \frac{Y_n \cdot S}{S_n} = b$

$$X_T = b + \frac{1}{a} Y_n \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

$X_T$  = debit banjir dengan waktu balik  $T_r$  tahun

$Y_T$  = reduced variate

**2) Metode Log Person Type III**

Sebelum mendapatkan persamaan “**Log Pearson Type III**”,perlu dihitung terlebih dahulu parameter-parameter statistik sebagai berikut:

a) Curah hujan rata-rata:

$$\text{Log } x = \frac{\sum_{i=1}^n \log xi}{n} \dots\dots\dots(2.7)$$

b) Standar Deviasi:

$$\delta \log xi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log xi})^2}{(n-1)}} \dots\dots(2.8)$$

c) Koefisien Kepencengan:

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log xi})^3}{(n-1)(n-2).S_i^3} \dots\dots\dots(2.9)$$

d) Persamaan Log Pearson Type III

$$\text{Log } X_T = \log x + (K.S_i) \dots\dots\dots(2.10)$$

Menghitung Logaritma Curah Hujan Rancangan dengan waktu balik x tahun adalah untuk dipakai pada percanaan :

Dengan:

Log  $X_T$  = Logaritma Debit Alir

K = Nilai Skewness

$\sigma \log xi$  = Standart Deviasi

**C. Uji Distribusi Frekuensi**

**1) Uji Smirnov Kolmogorov**

- Data disusun masing-masing secara berurutan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Data grafik hasil plotting didapat berbeda hasil atau harga distribusi maksimum atau  $\Delta$  max.berdasarkan table nilai kritis dari smirnov dapat ditentukan Cr max.
- Pengujian hipotesa dapat dilakukan dengan membandingkan antara  $\Delta$  max dan  $\Delta$ pkritis, jika  $\Delta p \text{ max} < \Delta p \text{ kritis}$  maka hipotesa diterima.
- Menghitung p distribusi log normal:  

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \dots\dots\dots(2.11)$$
 (Rumus Cv diatas didapat dari buku hidrologi aplikasi metode statistik untuk analisa data)
  - Banyak data ( n )
  - Taraf significant (  $\alpha$  )
  - Dengan n, dan  $\alpha$  dapat diperoleh harga  $\Delta Cr$
  - $\Delta \text{ max} < \Delta Cr$
  - Maka ditarik kesimpulan, jika  $\Delta \text{ max} < \Delta Cr$  maka uji smirnov-kolmogrov pada log person type III diterima. Dan sebaliknya).

**2) Uji Chi kuadrat**

Bila terdapat K kelas frekuensi, maka rumus Chi Kuadrat ( $X^2$ ) adalah:

$$X^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(Q_j - E_j)^2}{E_j} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

$X^2$  = harga Chi- Kuadrat terhitung.

K = jumlah sub-kelompok.

$Q_j$  = jumlah pengamatan pada sub-kelompok ke-i.

$E_j$  = jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke-i.

Derajat bebas v adalah:

- $V = k - 1$  bila frekuensi dihitung tanpa estimasi parameter dari sample.
  - $V = k - 1 - m$  bila frekuensi dihitung tanpa m estimasi parameter dari Sampel
- Pada uji chi square untuk kesesuaian distribusi, diambil Hipotesa:
- $H_0$  = sampel memenuhi syarat yang diuji.
  - $H_1$  = sampel tidak memenuhi distribusi yang diuji.

Harga  $X^2$  tabel dicari pada tabel distribusi Chi Kuadrat, antara v dengan signifikan tertentu. Bila  $x^2_{hitung} < x^2_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima tetapi bila sebaliknya maka  $H_0$  ditolak. Uji kesesuaian distribusi memakai chi square dengan  $\alpha$

Harga K didapat dari tabel distribusi Log Pearson III dengan cara interpolasi secara linear.

Perumusan :

Untuk menentukan pembagian kelas harus menggunakan rumus:

$$1 + 3.3 \times \log n \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Log } X_T = \overline{\log x} + K. \delta \log x \dots\dots\dots(2.14)$$

$$X_T 10^{\overline{\log x} + K. \delta \log x} \dots\dots\dots(2.15)$$

**2.1.2 Analisa Debit Banjir Rancangan**

**2.1.2.1. Koefisien Limpasan( $\alpha$ )**

Koefisien limpasan (*Run off*) adalah perbandingan antara limpasan permukaan (*Run off*) dengan hujan dan untuk itu ada beberapa pendapat:

1. Melchior: angka koefisien limpasan  $\alpha$  berkisar antara: 0,42 – 0,62 dan Melchior menganjurkan:  $\alpha = 0,52$ .
2. Weduwen: mendapatkan rumus untuk  $\alpha$  sebagai berikut:



$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{q + 7}$$

3. Haspers: mendapatkan rumus untuk  $\alpha$  sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times f^{0,7}}{1 + 0,075 \times f^{0,7}}$$

4. Jepang: memakai angka koefisien limpasan (*Run off*) dari hasil penyelidikan yang di lakukan di Jepang seperti pada Tabel di bawah ini.

**Tabel 2.1**  
**Hubungan antara koefisien run off dan daerah aliran**

Uraian Daerah	Cp
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 - 0,90
Daerah perbukitan	0,7~0,8
Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,5~0,75
Daerah daratan yang digarap	0,45~0,60
Daerah persawahan Irigasi	0,70~0,80
Sungai didaerah pegunungan	0,75~0,85
Sungai kecil didaerah daratan	0,45~0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari daratan	0,50~0,75

Sumber: *Bendungan Tipe Urugan, Ir. Suyono Susradarso, hal 38*

### 2.1.2.2. Analisa Distribusi Hujan Jam-Jaman

Curah hujan jam-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:

$$R = R_o \left( \frac{5}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana:

R = rata-rata hujan dari awal sampai dengan jam ke T

T = waktu dari awal sampai jam ke T

$R_o = R_{24}/5$

$R_{24}$  = jumlah hujan sehari

$R_t = (T * R) - [(T - 1) * R - 1]$

Dimana :

$R_t$  = presentase intensitas.

Dengan curah hujan jam-jaman di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_n = X_t * C_p * R_t$$

Dimana:

$R_n$  = Curah Hujan Jam-Jaman

$C_p$  = Koefisien pengaliran

$X_t$  = Curah hujan rencangan

$R_t$  = Presentase intensitas

### 2.1.2.3. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Nakayasu berasal dari Jepang, telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Ia membuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikannya. Penggunaan metode ini, memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti : Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)

- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- Luas daerah aliran sungai
- Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
- Koefisien pengaliran

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah (C.D.Soemarto, 1987):

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})}$$

dengan :

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

$R_o$  = Hujan satuan (mm)

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

$T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

$A$  = Luas daerah pengaliran sampai outlet

$C$  = Koefisien pengaliran

Untuk menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan pendekatan rumus berikut :

$$T_p = tg + 0,8 t_r$$

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

$$t_r = 0,5 tg \text{ sampai } tg$$

$tg$  adalah waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).  $tg$  dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km :  $tg = 0,4 + 0,058 L$

- Sungai dengan panjang alur  $L < 15$  km :  $tg = 0,21 L^{0,7}$

dengan :

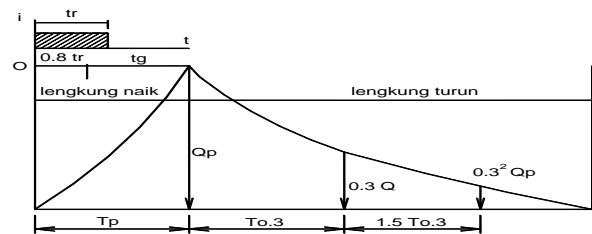
$t_r$  = Satuan Waktu hujan (jam)

$\alpha$  = Parameter hidrograf, untuk

$\alpha = 2 \Rightarrow$  Pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5 \Rightarrow$  Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3 \Rightarrow$  Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat



**Gambar2.3 Sketsa Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu**

**a. Pada waktu naik :  $0 < t < T_p$**

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

$Q(t)$  = Limpasan sebelum mencari debit puncak ( $m^3$ )

$t$  = Waktu (jam)

**b. Pada kurva turun (decreasing limb)**

**a) Selang nilai :  $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$**

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

**b) Selang nilai :  $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$**

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

**c) Selang nilai :  $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$**

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5 \cdot T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}}}$$

## 2.2. 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 (Linsey et al, 1989:144)

### 2.2.1. Kapasitas Tampungan Embung

Debit andalan 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 hubungan antara produksi dan kapasitas konstruksi embung dalam interval waktu tertentu. Untuk keperluan perencanaan maupun pengoperasian perlu diketahui karakteristik embun, seperti hubungan antara elevasi air, volume tampungan dan luas genangan (*Ir. Sudiby, 1993:227*)

### 2.2.2. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

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

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

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

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

Dimana :

$$Q = \text{Rata-rata outflow (m}^3/\text{dtk)}$$

$$C = \text{Variabel koefisien debit}$$

$$B = \text{Lebar pintu efektif (m)}$$

$$H = \text{Tinggi muka air tampungan (m)}$$

### 2.2.3. Tipe Tubuh Embung

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.

### 2.2.4. Lebar Puncak Embung

Lebar puncak embung/mercu embung di ambil dari table berikut :

Tabel 2.2 Lebar puncak tubuh embung

Tipe	Tinggi (m)	Lebar Puncak (m)
Urugan	1). $\leq 5,00$	2,00
	2). 5,00 – 10,00	3,00
Pasangan Batu/Beton	Sampai maksimal 7,00	1,00

Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil (Ibnu Kasiro, Dkk. 1997:5.4)

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.

### 2.2.5. 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.

### 2.2.6. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertical 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 factor seperti kondisi tempat kedudukan embung, karakteristik banjir abnormal, jebolnya

embung dan sebagainya, maka tinggi jagaan (Hf) dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana :

$\Delta h$  = Tinggi kenaikan muka air embung akibat banjir maksimum

$H_w$  = Tinggi ombak akibat tiupan angin

$h_e$  = Tinggi ombak akibat gempa

$h_a$  = Tinggi kenaikan permukaan air embung apabila terjadi kemacetan pada operasi pintu pelimpah.

$h_i$  = tinggi tambahan yang didasarkan pada tingkat kepentingan

### 2.2.7. Tinggi Tubuh Embung

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

$$H_d = H_k + H_b + H_f$$

Dimana :

$H_d$  = 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)

Untuk tipe urugan diperlukan cadangan untuk penurunan yang diperkirakan sebesar 0,25 m (Ibnu Kasino, Dkk, 1987) sehingga  $H_d$  menjadi :

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

## 3. METODOLOGI

### 3.1. Umum

Untuk merencanakan Embung Kali Lanang hal yang pertama dilakukan ialah mengumpulkan data – data penunjang seperti data geologi, data klimatologi, data topografi dan

data hidrologi. Dari data – data ini maka di lakukan analisa untuk mendapatkan grafik lengkung kapasitas, jumlah kebutuhan air irigasi dan debit banjir rancangan, jadi dari hasil analisa ini maka kita dapat menentukan dimensi embung sesuai dengan kebutuhan. Dan hal terakhir yang dilakukan ialah menganalisa dimensi embung stabil apa tidak dari aliran air ifiltrasi yang mengalir melalui celah-celah antara butiran-butiran tanah pembentuk embung dan gejala-gejala longsor baik pada lereng hulu maupun lereng hilir embung tersebut.

### 3.2. Jenis dan Sumber Data

Penentuan lokasi embung beserta dimensi embung ditentukan melalui analisa data. Untuk itu tahapan – tahapan yang di lakukan dalam studi ini adalah :

#### 1) Survey dan peninjauan lokasi.

Survey dan peninjauan lokasi ini di lakukan untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya di daerah studi sehingga dalam perencanaan kita dapat mengambil keputusan yang benar.

#### 2) Studi literature

Studi Literature dilakukan sebagai tambahan dalam mencari materi dan referensi yang berhubungan dengan kegiatan studi agar dalam merencanakan embung tidak terjadi kesalahan yang dapat merusak embung tersebut.

#### 3) Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data penunjang dalam penyusunan studi ini, diantaranya:

##### ▪ Data Geologi

Data geologi di gunakan untuk mengetahui jenis tanah dan batuan yang ada di sekitar lokasi.

##### ▪ Data Topografi

Dari data topografi maka kita dapat menghitung luas lahan pertanian yang akan dialiri air irigasi dari embung kali lanang, serta dari data topografi ini juga kita dapat merencanakan grafik

**Program Studi Teknik Sipil Konsentrasi Teknik Sumber Daya Air S-1,  
Institut Teknologi Nasional Malang**

lengkung kapasitas yang di gunakan untuk mengetahui volume tambungan, luas genangan dan elevasi embung.

▪ **Data Hidrologi**

Data hidrologi terdiri dari data curah hujan dan data debit sungai, dari data ini di lakukan analisa untuk mendapatkan curah hujan rancangan, debit andalan dan debit banjir rancangan. Dari hasil analisa ini maka kita dapat merencanakan dimensi embung kali lanang.

▪ **Data Klimatologi**

Data klimatologi ini di gunakan untuk menghitung evapotranspirasi dengan menggunakan metode penman dan perencanaan Pola tata tanam (PTT) yang digunakan untuk menganalisa kebutuhan air irigasi

**4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Analisa Hidrologi**

**4.1.1. Analisa Hujan Rancangan**

Tabel 4.1 Analisa perhitungan curah hujan rancangan metode Log Pearson Type III dan E.J Gumbel dengan beberapa periode ulang (tahun)

R (Tahun)	E.J Gumbel (mm)	Log Pearson type III (mm)
2	80.562	80.738
5	93.665	91.095
10	102.341	97.444
20	110.663	102.453
50	121.434	110.499
100	129.506	115.771

Sumber : Hasil Perhitungan

**4.1.2. Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi**

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Simirnov Kolmogorof curah hujan rancangan metode Log Pearson Type III dan E.J. Gumbel

Perbandingan	E.J Gumbel	Log Peason Type III
Banyak Data (n)	10	10
$\alpha$	5%	5%
$\Delta Cr$	0.409	0.409
$\Delta max$	0.091	0.04531
Hasil uji	<b><u>DI TERIMA</u></b>	<b><u>DI TERIMA</u></b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Chi Square curah hujan rancangan metode Log Pearson Type III dan E.J. Gumbel

Perbandinga n	E.J Gumbel	Log Peason Type III
Banyak Data (n)	10	10
$\alpha$	5%	5%
$\gamma$	1	1
$X_2 cr$	3.841	3.841
$X_2 hitung$	8.4	2
Hasil uji	<b><u>DI TOLAK</u></b>	<b><u>DI TERIMA</u></b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**4.1.3. Analisa Debit Banjir Rancangan**

Table 4.4 Perhitungan curah hujan jam-jaman

Jam	Ratio (%)	Rn 2 (thn)	Rn 5 (thn)	Rn 10 (thn)	Rn 20 (thn)	Rn 50 (thn)	Rn 100 (thn)
1	58	33.72	38.04	40.6	42.78	46.14	48.35
2	16	9.30	10.49	11.2	11.80	12.73	13.34
3	10	5.81	6.56	7.02	7.38	7.96	8.34
4	8.2	4.77	5.38	5.75	6.05	6.52	6.84
5	7.8	4.53	5.12	5.47	5.75	6.21	6.50

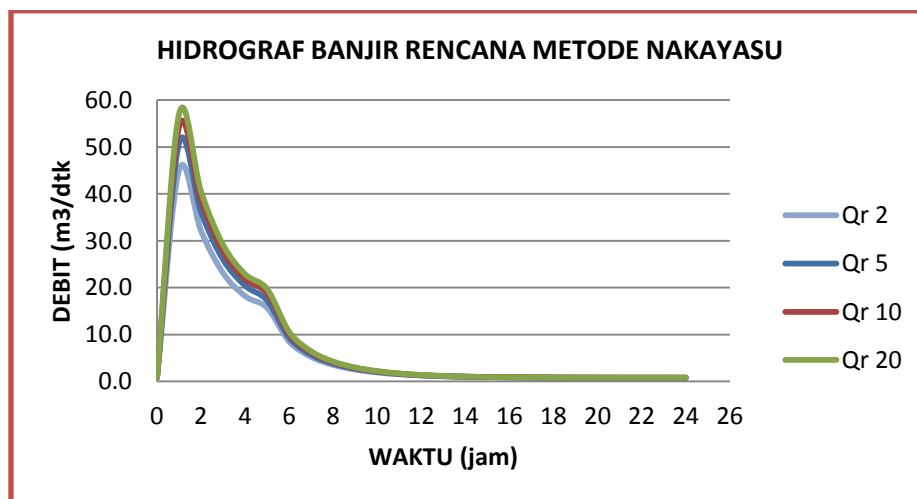
Sumber : Hasil Perhitungan

Table 4.5 Perhitungan Rekapitulasi Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dengan periode ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun

Tabel 4.5

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Qr 2 th	Qr 5 th	Qr 10 th	Qr 20 th
0	0	0.798	0.798	0.798	0.798
1	1.5521	45.13517	50.82271	54.30870	57.05994
2	0.6664	32.06452	36.07537	38.53369	40.47386
3	0.3296	23.10979	25.97192	27.72618	29.11068
4	0.1838	18.19501	20.42668	21.79452	22.87405
5	0.1107	15.68537	17.24988	18.76563	19.68943
6	0.0714	8.50647	9.32454	10.10139	10.57972
7	0.0461	5.23041	5.70380	6.14750	6.42254
8	0.0297	3.51476	3.80592	4.07687	4.24545
9	0.0192	2.52052	2.70448	2.87691	2.98380
10	0.0124	1.90926	2.02795	2.13919	2.20814
11	0.0080	1.51492	1.59149	1.66325	1.70774
12	0.0051	1.26051	1.30991	1.35621	1.38491
13	0.0033	1.09638	1.12825	1.15812	1.17664
14	0.0021	0.99050	1.01106	1.03033	1.04227
15	0.0014	0.92219	0.93545	0.94788	0.95559
16	0.0009	0.87812	0.88668	0.89470	0.89967
17	0.0006	0.84969	0.85521	0.86038	0.86359
18	0.0004	0.83135	0.83491	0.83825	0.84031
19	0.0002	0.81951	0.82181	0.82396	0.82530
20	0.0002	0.81188	0.81336	0.81475	0.81561
21	0.0001	0.80695	0.80791	0.80881	0.80936
22	0.0001	0.80378	0.80439	0.80497	0.80533
23	0.0000	0.80173	0.80212	0.80250	0.80273
24	0.0000	0.80040	0.80066	0.80090	0.80105

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.7 Grafik Hidrograf Banjir Rencana Metode Nakayasu

**4.2. Analisa Kebutuhan Air**

**4.2.1. Analisa evapotranspirasi**

Dalam pekerjaan ini untuk perhitungan evapotranspirasi digunakan Metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia. Berikut adalah contoh perhitungan untuk bulan januari 10 harian pertama dengan menggunakan metode Penman Modifikasi :

$$\begin{aligned} E_{to} &= c * (w * R_n * (1-w) + F(u) * (e_a - e_d)) \\ &= 1.087 * (0.743 * 5.4829 * 0.257 \\ &\quad * 1.067 * 6.598) \\ &= 6.396 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

**4.2.2. Analisa debit andalan metode F.J.Mock**

Tabel 4.6 Hasil analisa debit andalan berdasarkan data hujan pada DAS Kali Lanang tahun 2002 - 2011

No	Tahun	Debit	Tahun Urut	Debit Urut	P (%)
1	2002	0.881	2006	0.856	9.090
2	2003	0.886	2005	0.866	18.18
3	2004	0.895	2002	0.881	27.27
4	2005	0.866	2009	0.881	36.36
5	2006	0.856	2003	0.886	45.45
6	2007	0.891	2007	0.891	54.54
7	2008	0.906	2004	0.895	63.63
8	2009	0.881	2011	0.896	72.72
9	2010	0.997	2008	0.906	81.81
10	2011	0.896	2010	0.997	90.90

Sumber : Hasil Perhitungan

**4.2.3. Kebutuhan air irigasi**

Kebutuhan irigasi dihitung dengan persamaan berikut, contoh perhitungan untuk bulan januari :

$$\begin{aligned} D_r &= \frac{NWR}{Eff * 8,64} \\ &= \frac{2.45}{0.67 * 8,64} \\ &= 0,42 \text{ lt/det/ha} \end{aligned}$$

Maka dari hasil perhitungan keseluruhan di dapat kebutuhan air maksimum adalah 0,433 lt/det/ha.

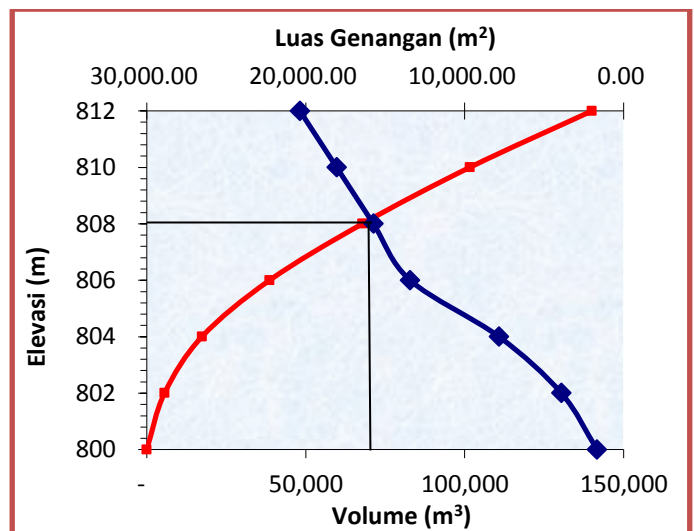
**4.3. Perencanaan Teknis Embung**

**4.3.1. Lengkung kapasitas tampungan embung**

Table 4.7 Hubungan elevasi, Luas genangan dan Volume tampungan Embung Kali Lanang

Elevasi	Luas Genangan	Volume Genangan	Kom. Volume Genangan	Luas Genangan
(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(ha)
800.00	1673			-
802.00	3919	5592	5592	0.3919
804.00	7839	11758	17350	0.7839
806.00	13431	21270	38620	1.3431
808.00	15742	29173	67793	1.5742
810.00	18053	33795	101588	1.8053
812.00	20365	38418	140006	2.0365

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.1 Hubungan Elevasi, Luas Genangan, dan Volume Tampungan

Dari Gambar 5.1 Hubungan elevasi, Luas genangan, dan Volume Tampungan di dapatkan elevasi muka air normal adalah ± 807,80 m dengan volume tampungan 64875,70 m<sup>3</sup> dengan luas genangan 15510,90 m<sup>2</sup> atau 1,55109 ha.

**4.3.2. Elevasi dead storage, mercu spillway, tampungan efektif dan elevasi puncak embung**

Tabel 4.8 Hasil analisa tampungan efektif Embung Kali lanang

**Program Studi Teknik Sipil Konsentrasi Teknik Sumber Daya Air S-1,  
Institut Teknologi Nasional Malang**

**Tabel 4.8**

Bulan	Debit Andalan	Vol. Inflow m3/det	Kum. Inflow m3/det	Kebutuhan Air Irigasi m3/det	Vol. Inflow m3/det	Kum. Inflow m3/det	$\Delta$ Volume m3/det
Jan	0.321	859.77	859.77	0.412	1066.68	1066.68	-206.91
	0.311	832.98	1692.75	0.412	1068.45	2135.13	-442.38
	0.401	1074.04	2766.79	0.418	1084.62	3219.74	-452.96
Feb	0.678	1815.43	4582.21	0.422	1094.93	4314.68	267.54
	1.004	2689.19	7271.41	0.412	1068.43	5383.11	1888.30
	0.753	2015.95	9287.36	0.427	1105.81	6488.92	2798.44
Mar	1.078	2887.71	12175.07	0.429	1111.13	7600.06	4575.01
	0.580	1554.46	13729.54	0.425	1101.55	8701.61	5027.93
	0.862	2308.03	16037.57	0.425	1101.18	9802.79	6234.77
Apr	0.657	1758.97	17796.53	0.408	1057.19	10859.98	6936.55
	0.884	2646.26	20442.79	0.420	1089.30	11949.28	8493.52
	0.458	1226.55	21669.35	0.419	1086.52	13035.80	8633.55
Mei	0.841	2251.72	23921.07	0.417	1080.44	14116.24	9804.82
	0.447	1198.32	25119.38	0.416	1077.09	15193.33	9926.05
	0.746	1996.77	27116.15	0.414	1074.24	16267.57	10848.58
Jun	0.473	1266.65	28382.80	0.313	810.48	17078.05	11304.75
	0.676	1809.83	30192.63	0.304	787.76	17865.82	12326.81
	0.446	1195.70	31388.33	0.304	787.73	18653.55	12734.79
Jul	0.708	1895.10	33283.44	0.304	787.73	19441.27	13842.16
	0.490	1311.96	34595.40	0.316	820.20	20261.47	14333.93
	0.682	1826.45	36421.85	0.318	823.01	21084.48	15337.37
Agt	0.798	2137.36	38559.21	0.320	828.86	21913.34	16645.87
	0.770	2062.26	40621.47	0.320	828.28	22741.62	17879.85
	0.798	2137.36	42758.83	0.319	825.68	23567.30	19191.54
Sep	0.815	2183.59	44942.42	0.319	826.68	24393.98	20548.45
	0.554	1483.86	46426.28	0.318	823.17	25217.15	21209.14
	0.847	2268.62	48694.90	0.316	820.29	26037.44	22657.46
Okt	0.572	1532.48	50227.38	0.320	829.62	26867.06	23360.32
	0.871	2332.86	52560.24	0.404	1046.92	27913.98	24646.26
	0.584	1564.49	54124.73	0.426	1105.36	29019.34	25105.39
Nov	0.884	2366.45	56491.18	0.420	1089.93	30109.27	26381.91
	0.568	1520.86	58012.04	0.422	1094.57	31203.84	26808.20
	0.899	2407.90	60419.94	0.428	1110.24	32314.08	28105.86
Des	0.881	2358.90	62778.84	0.431	1115.98	33430.06	29348.78
	0.912	2442.60	65221.44	0.431	1117.70	34547.76	30673.68
	0.680	1821.02	67042.46	0.428	1110.33	35658.09	31384.37
Minimum							-452.96
Maksimum							31384.37
Total Tampungannya Efektif							31837.32

Sumber : Hasil Perhitungan



Tabel 4.9 Hasil analisa tampungan mati dan mercu spilway

Elevasi	Luas Genangan	Luas Genangan Rata-rata	INT. Vol. Tampungan	Total Vol Tampungan	El. Dead Storage	El. Mercu Spillway
800.00	1673.00				<b>800.84</b>	<b>806.86</b>
802.00	3919.00	2796.00	5,592	5592.00		
804.00	7839.00	5879.00	11,758	17350.00		
806.00	13431.00	10635.00	21,270	38620.00		
808.00	15742.00	14586.50	29,173	67793.00		
810.00	18053.00	16897.50	33,795	101588.00		
812.00	20365.00	19209.00	38,418	140006.00		

Sumber : Hasil Perhitungan

Elevasi Dasar sungai = ± 800,00 m  
 Debit Sedimen Rerata/tahun = 117,88 m<sup>3</sup>/tahun  
 Rencana Umur Efektif Embung = 20 tahun  
 Volume Dead Storage = 2.357,57 m<sup>3</sup>  
 Elevasi Dead Storage (20) = ± 800,84 m  
 Volume pada Elev. Tamp. Efektif = 34.194,89 m<sup>3</sup>  
 Elevasi Mercu Spillway = ± 806,86 m  
 Tinggi Pelimpah = 6,01 m

#### 4.3.3. Tipe tubuh embung

Kondisi lapisan tanah dan jenis bebatuan di alur sungai, serta di daerah sekitar lokasi embung terdapat bahan urugan tanah yang berkualitas dan kuantitasnya tersedia dan kemiringan sungai yang tidak terlalu lebar maka embung tipe urugan homogen merupakan alternatif yang memungkinkan untuk pembangunan di lokasi tersebut (*lihat tabel 2.5*)

#### 4.3.4. Tinggi jagaan embung

Tinggi jagaan embung ditentukan berdasarkan tabel 2.8 diambil sesuai dengan tipe tubuh embung yaitu homogen, sebesar = 0,50 m.

#### 4.3.5. Tinggi tubuh embung

Tinggi tubuh embung Glagah dapat ddihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_d = H_k + H_b + H_f$$

Berdasarkan penelusuran banjir melalui embung diketahui bahwa :

$H_d$  = tinggi tubuh embung desain (m)

$H_k$  = 6,01 m pada elevasi ± 806.86 m (tinggi muka air kolam pada kondisi penuh (m))

$H_b$  = 2,86 m pada elevasi ± 808,87 m

$H_f$  = 0,50 (tinggi Jagaan)

$H_d$  = (6,01 + 2,86 + 0,50) = 9.37 m

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

$$H_d = (6,01 + 2.86 + 0,50 + 0,25) = 9.62 \text{ m}$$

#### 4.3.6. Lebar puncak embung

Lebar puncak embung kali lanang ditentukan berdasarkan tabel 2.6 yaitu untuk tipe urugan tanah dengan tinggi 5,00 m s/d 10,00 m dengan ketentuan yang ada dilihat dari tinggi embung kali kanang yang tingginya 9.62 m maka lebar puncak embung adalah tiga meter (3 m).

#### 4.3.7. Kemiringan lereng embung

Kemiringan lereng embung Kali Lanang ditentukan berdasarkan tabel 2.7 untuk tipe urugan tanah yaitu bagian hulu 1: 3,00 dan bagian hilir 1: 2,25 dengan ketinggian 9.62 m

#### 4.3.8. Analisa stabilitas embung terhadap aliran filtrasi

Dari hasil analisa aliran filtrasi maka di dapatkan  $Q_f = 0,00527 \text{ m}^3/\text{hari} < Q_{f_{ijin}} = 0,0197 \text{ m}^3/\text{hari}$  sehingga stabilitas embung terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman.

#### 4.3.9. Volume tampungan setelah embung selesai di bangun

Berdasarkan volume galian untuk urugan embung sebesar 4.845,48 m<sup>3</sup> yang di ambil dari lokasi didepan embung, maka volume teampungan embung bertambah besar dan analisa volume tampungan selanjutnya di sajikan dalam bentuk table berikut  
 Table 4.10 Lengkung kapasitas tampungan setelah pengerukan

Tabel 4.10

El.	Luas Genangan	Volume Genangan	Kom. Volume Genangan	Luas Genangan
(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(ha)
800.0	1673			-
802.0	5142	6815	6815	0.5142
804.0	8134	13276	20091	0.8134
806.0	14602	22736	42827	1.4602
808.0	19352	33954	76781	1.9352
810.0	21726	41078	117858	2.1726
812.0	25210	45827	163686	2.4101

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel Lengkung kapasitas embung setelah pengerukan maka volume tampungan embung pada elevasi ± 807,80 m menjadi 73884,20 m<sup>3</sup> dengan luas genangan 19640,80 m<sup>2</sup> atau 1,964 ha, yang sebelum pengerukan volume tampungannya adalah 64875,70 m<sup>3</sup> dengan luas genangan 15510,90 m<sup>2</sup> atau 1,55109 ha.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

- Kebutuhan air irigasi maksimum selama 1 tahun dengan periode tanam 10 harian sebesar 0.433 Liter/dtk/Ha.
- Berdasarkan analisa hidrologi dihasilkan besarnya debit banjir rancangan dengan kala ulang 20 thn (Q<sub>20</sub>) sebesar 57.059 m<sup>3</sup>/dt.
- Besarnya volume tampungan efektif embung setelah jadi adalah 73.884,20 m<sup>3</sup> dengan luas genangan 19640,80 m<sup>2</sup> atau 1,964 ha
- Dari analisa pada bab sebelumnya dapat diketahui dimensi ukuran rencana embung ialah :
  - Embung urugan tipe homogen
  - El. Dasar sungai = ± 800,00
  - Lebar puncak embung = 3,00 m
  - Kemiringan lereng embung
    - Bagian hulu = 1: 3
    - Bagian hilir = 1 : 2,25
  - Tinggi Jagaan = 0,50 m
  - Tinggi tubuh embung = 8,77 m

### 5.2. Saran

- Pada perencanaan Embung Kali Lanang terdapat kelebihan air disarankan sebaiknya dipergunakan untuk keperluan lain.

- Keseriusan serta kemauan dalam proses pengerjaan studi sangat diperlukan, mengingat dalam perencanaan serta analisa perhitungan mulai awal hingga akhir kita dituntut untuk selalu teliti dalam pengerjaannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1986. **Buku Petunjuk Perencanaan Irigasi, Bagian Penunjang Untuk Standar Perencanaan Irigasi.** Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 1997. **Pedoman Kriteria Desain embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia.** PT.Medisa. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 1986. **Standart Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bangunan Utama, KP-02.** Jakarta
- Montarcih , Lily, 2009, **Hidrologi Teknik Terapan,** CV Citra. Jakarta
- Soemarto. C D, Ir. B.I.E. Dipl. H, 1986. **Hidrologi Teknik.** Usaha Nasional. Surabaya
- Sosrodarsono Suyono, Ir, Kenzaku Takeda ,1997. **Bendungan Type Urugan.** Pradnya Paramita. Jakarta
- Subarkah Imam, 1978. **Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air.** Idea Dharma. Bandung

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang menjadi bagian terpenting bagi kehidupan manusia. Untuk dapat memanfaatkan potensi air yang ada diperlukan sarana sehingga kebutuhan air dapat terpenuhi berdasarkan konsepsi, rancangan, rencana dan operasi dari sarana yang ada. (*Linsley, 1985:1*). Sistem penyediaan air irigasi di DAS kali lanang belum optimal sehingga waktu musim kemarau air irigasi tidak cukup untuk lahan pertanian seluas  $\pm 457$  Ha. Sedangkan di DAS kali lanang masih ada potensi SDA yang cukup yang belum dimanfaatkan.

Untuk memanfaatkan potensi SDA yang ada maka perlu adanya bangunan-bangunan air. Bangunan air yang biasa digunakan diantaranya adalah waduk, Bendungan, Embung dan Bendung yang di sesuaikan dengan kebutuhan dan lokasinya. Di lihat dari topografi lokasi studi maka bangunan air yang sesuai adalah embung. Dimana embung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung air hujan maupun air dari suatu sumber guna persediaan suatu daerah di musim kemarau.

Pada saat ini di DAS Kali Lanang sudah ada bangunan air yaitu Dam Kali Lanang namun pada musim kemarau air irigasi yang berasal dari Dam Kali Lanang belum bisa memenuhi kebutuhan air irigasi untuk lahan pertanian seluas  $\pm 457$  Ha. Jadi pada saat musim kemarau para petani bergiliran untuk mengambil air irigasi yang ada, sedangkan dihilir Dam Kali Lanang terdapat potensi mata air yang cukup besar dan topografi yang sesuai dengan embung. Dengan adanya

Embung Kali Lanang maka kekurangan air pada saat musim kemarau dapat terpenuhi dan luas lahan pertanian dapat bertambah menjadi  $\pm 550$  Ha .

Pembangunan Embung Kali Lanang perlu direncanakan secara berkesinambungan, supaya sesuai dengan fungsi dan umur bangunan. Oleh karena itu maka perlu adanya studi perencanaan dan desain gambar yang tepat. Dengan melihat kondisi diatas, perlu diupayakan suatu cara yang sistematis untuk mendukung upaya pemecahan permasalahan di bidang Sumber Daya Air.

### **1.2. Maksud Dan Tujuan**

Maksud dari Tugas Akhir ini ialah merencanakan Embung Kali Lanang untuk menyediakan air irigasi pada areal persawahan seluas  $\pm 550$  Ha. Sedangkan tujuannya adalah untuk mendapatkan desain Embung Kali Lanang yang sesuai dengan fungsinya.

### **1.3. Identifikasi Masalah**

Daerah irigasi Kali Lanang mempunyai areal yang cukup luas namun belum dapat dimanfaatkan sepenuhnya untuk areal persawahan karena kurangnya pemanfaatan sumber air yang maksimal, dalam mengatasi masalah ini, maka dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- Masih terdapat banyak lokasi yang dapat dikembangkan untuk areal irigasi.
- Tersedianya potensi SDA dari Kali Lanang yang belum di dimanfaatkan.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Karena keterbatasan waktu maka batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Tidak menghitung laju erosi permukaan di DAS sehingga data tampungan mati di ambil dari data sekunder.
- Tidak merencanakan jaringan irigasi dan bangunan pelengkap lainnya.

#### **1.5. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

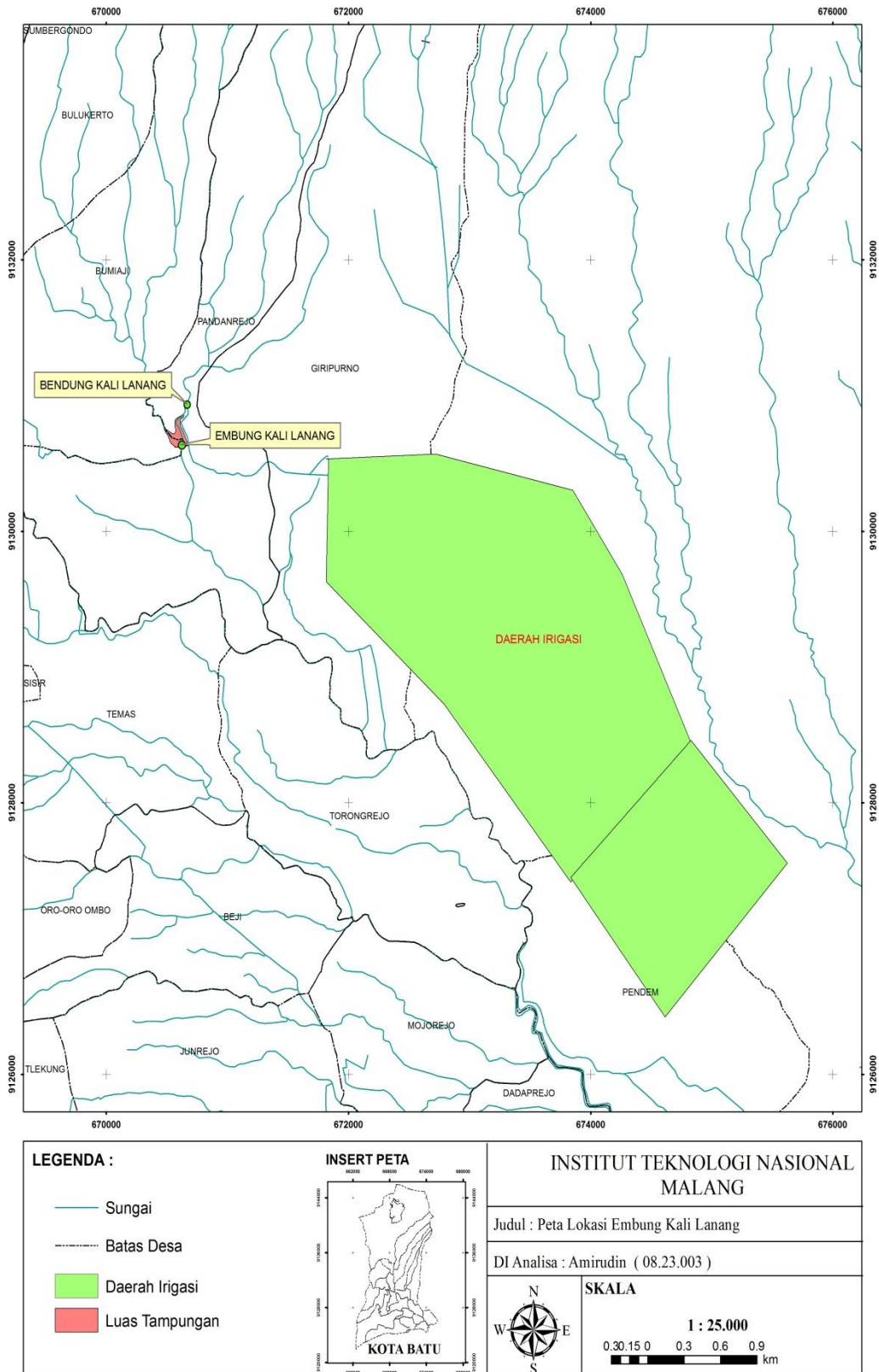
- Berapa kebutuhan air untuk lahan irigasi?
- Berapakah debit banjir rancangan dan debit andalan yang dapat dimanfaatkan untuk irigasi?
- Berapa dimensi embung dan bagaimana setabilitasnya?

#### **1.6. Lokasi Studi**

Lokasi rencana Embung Kali Lanang secara administrasi terletak di Desa Pandanrejo, Kecamatan Bumiaji Kota Batu. Di desa pandanrejo terdapat sebuah sungai, yaitu sungai kali lanang.

Batas-batas wilayah Desa Pandanrejo (gambar 1.1) adalah :

- Utara : Desa Bumiaji
- Timur : Desa Bumiaji dan Sidomulyo
- Selatan : Desa Temas dan Torongrejo
- Barat : Desa Giripurno



Gambar 1.1 Lokasi Embung Kali Lanang



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Gambaran Umum

Embung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung air hujan maupun air dari suatu sumber guna persediaan suatu daerah di musim kering. Selama musim kering air akan di manfaatkan oleh daerah untuk memenuhi kebutuhan penduduk, ternak, dan sedikit kebun. Di musim hujan embung tidak beroperasi karena air diluar embung tersedia cukup kecuali embung yang digunakan untuk air bersih.

Oleh karena itu pada setiap akhir musim hujan sangat diharapkan kolam embung dapat terisi penuh air sesuai desain.

#### 2.2. Kriteria Perencanaan Embung

Jenis-jenis embung menurut tinggi tanggul dan volume tampungan adalah :

1. Embung Kecil :

- Volume tampungan  $100.000 \text{ m}^3$
- Luas *catchment area*  $1 \text{ km}^2$
- Tinggi timbunan  $< 10 \text{ m}$ .

2. Embung Sedang :

- Volume tampungan  $1.000.000 \text{ m}^3 - 10.000.000 \text{ m}^3$
- Luas *catchment area*  $10 \text{ km}^2$
- Tinggi timbunan  $10-15 \text{ m}$

3. Embung besar atau bendungan

- Volume tampungan  $> 10.000.000 \text{ m}^3$
- Luas *catchment area*  $10-40 \text{ km}^2$
- Tinggi timbunan  $> 15 \text{ m}$ .

### 2.3. Fungsi Embung

Untuk mengatasi masalah kekeringan seperti sekarang ini, sangat dibutuhkan suatu teknologi penyediaan air yaitu dengan pembuatan embung.

Embung adalah kolam yang dibuat oleh manusia untuk menampung air pada musim hujan atau menampung air dari suatu sumber air seperti waduk dan diharapkan dapat terus menyalurkan air di musim kemarau.

Tujuan pembuatan embung antara lain :

- 1) Menyediakan air untuk pengairan tanaman di musim kemarau,
- 2) Meningkatkan produktivitas lahan, intensitas hujan, dan pendapatan petani di lahan tadah hujan,
- 3) Mengaktifkan tenaga kerja pada musim kemarau sehingga mengurangi urbanisasi dari desa ke kota,
- 4) Mencegah luapan air di musim hujan, menekan resiko banjir,
- 5) Pengisian kembali air tanah,

Pembuatan embung tidak terikat oleh luas pemilikan lahan, petani yang berlahan sempit atau luas, dapat membuat embung sesuai kebutuhannya.

Embung dapat dibangun secara bertahap :

- Awalnya dibuat dengan ukuran kecil lalu diperbesar pada masa berikutnya,
- Memperdalam embung yang ada,
- Membuat embung yang serupa di tempat lain.

Kebutuhan tenaga kerja dan modal dalam pembuatan embung dapat dicicil atau dijadwalkan dan dapat dibuat dengan alat mekanik seperti *backhoe*

dan *bulldozer* juga *excavator* atau dengan alat sederhana dan dilakukan secara gotong royong.

Daerah-daerah yang sangat memerlukan embung adalah daerah yang kondisinya lebih kurang sebagai berikut :

- 1) Kekurangan air sebesar 50-1000 mm/tahun,
- 2) Wilayah tipe iklim C dengan 5-6 bulan basah, wilayah tipe iklim D dengan 3-4 bulan basah, wilayah tipe iklim E dengan kurang dari 3 bulan basah,
- 3) Daerah yang tergolong kekurangan air yaitu, sebagian Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara, Maluku, Kalimantan Timur, dan Aceh Utara,
- 4) Lahan tadah hujan yang kekurangan air diperkirakan di Indonesia seluas 800 ribu hektar.

#### **2.4. Manfaat Embung**

Air embung dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti memenuhi kebutuhan air tanaman padi dan palawija pada saat musim kemarau. Apabila ketersediaan air di dalam embung terbatas, perlu di pertimbangkan penggunaannya apakah untuk mengairi padi dan palawija (kebutuhan air setiap hektar pertanaman padi lebih kurang 200 mm/bulan atau debit air 1 liter/detik).

Penggunaan air embung untuk tanaman padi perlu mempertimbangkan jumlah air yang ada. Pemberian air untuk tanaman padi hanya dilakukan pada saat kritis, yaitu pada *fase primordial* (bunting), pembuangan dan pengisian gabah. Air disalurkan ke petak pertanaman menggunakan pompa dan slang

plastic sehingga hingga kondisi tanah jenuh air. Pengairan pada tanaman palawija atau hortikultura disarankan menyiram seputar pangkal tanaman.

## **2.5. Analisa Hidrologi**

Untuk mengetahui besarnya debit banjir rancangan, maka terlebih dahulu harus diketahui debit hujan rencana dengan berpedoman kepada luas Daerah Aliran Sungai (DAS), tata guna lahan dan karakteristik dari daerah pengaliran tersebut.

### **2.5.1 Curah Hujan Harian Areal Maksimum**

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

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

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

Ketiga cara diatas akan diuraikan dibawah ini, akan tetapi didalam laporan ini yang akan dipakai dalam menganalisa curah hujan dengan metode yaitu Metode Polgon 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:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_1^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

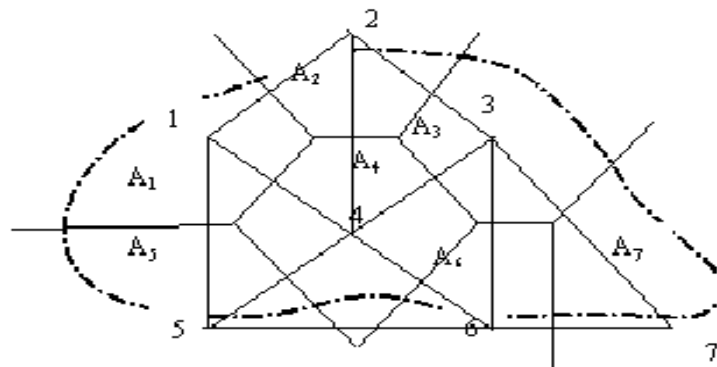
dimana:

- 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 didasarkan atas rata-rata timbang (*weight average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambar garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar. (*Hidrologi Teknik; C. D. Soemarto, 32:1986*)



Gambar 2.1 Peta Polygon Thiessen

Misal A1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A2 adalah luas daerah pos penakar 2, dan seterusnya.

Jumlah  $A_1 + A_2 + \dots + A_n = A$ , merupakan jumlah luas daerah/seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya.

Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan R1, pos penakar 2 menakar hujan R2 hingga pos penakar n menakar hujan Rn, maka untuk menghitung tinggi hujan dengan metode Polygon Thiessen dipakai rumus sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + A_3 \cdot R_3 \cdots A_n \cdot R_n}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

A = Luas daerah

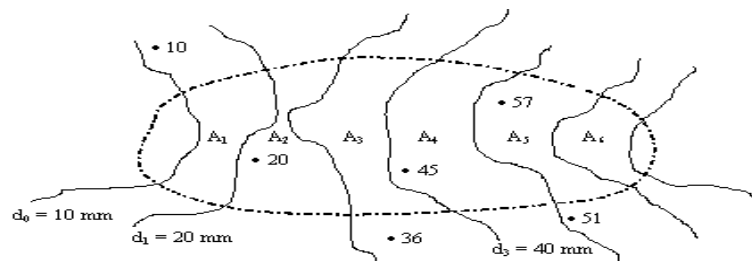
$\bar{R}$  = Tinggi curah hujan rata-rata areal

$R_0, R_1, R_2, \dots, R_n$  = 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 poligon pos penakar yang bersangkutan

**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 2.2 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 :

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2} A_1 + \frac{d_1+d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_{n-1}+d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_1^n \frac{d_{i-1}+d_i}{2} A_i}{\sum_i^n A_i} = \frac{\sum_1^n \frac{d_{i-1}+d_i}{2} A_i}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

A = Luas daerah

d = Tinggi curah hujan rata-rata areal

d<sub>0</sub>, d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>,...d<sub>n</sub> = Tinggi curah hujan pada pos penakar 0, 1, 2,...n

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>,...A<sub>n</sub> = 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*)

**2.5.2 Analisa Curah Hujan Rancangan**

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di dalam suatu daerah dengan kala ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perencanaan dimensi suatu bangunan. Dalam analisa curah hujan rancangan ada dua metode yang sering digunakan yaitu :

**a. Metode Log Pearson Type III.**

Terdapat 12 buah distribusi Pearson, tapi hanya distribusi Log Pearson Type III yang dipakai dalam analisa hidrologi. Tidak ada syarat khusus dalam distribusi ini, disebut Log Pearson Type III karena memperhitungkan 3 parameter statistic. Prosedur perhitungan :

1. Mengubah data sebanyak n buah ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) menjadi  $\text{Log } x_1, \text{Log } x_2, \dots, \text{Log } x_n$ . .....(2.4)

2. Menghitung curah hujan rata-rata:

$$\text{Log } x = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

3. Menghitung haraga simpangan baku (standar deviasi) :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x_i})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.6)$$

4. Menghitung Koefisien Kepencengan:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x_i})^3}{(n-1)(n-2) \times S_i^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

5. Menghitung nilai ekstrim :

$$\text{Log } x_T = \log x + (G \times Sd) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

Log  $x_T$  = Nilai ekstrim dengan kala ulang t tahun

Log x = Nilai rata-rata curah hujan

G = Fungsi dari Cs dan Probabilitas.

S<sub>d</sub> = Simpangan baku.

6. Mencari antilog dari Log  $x_t$  untuk mendapatkan hujan (debit banjir) rancangan yang di kehendaki.

**b. Metode E. J. Gumbel.**

Metode ini di analisa berdasarkan data dari analisa curah hujan areal maksimum. Prosedur perhitungan :

**a.** Mencari Curah Hujan Rata-rata ( $\bar{x}_i$ )

$$(\bar{x}_i) = \frac{\sum xi}{n} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

$\sum xi$  = Curah Hujan

n = Banyaknya data/sampel

**b.** Standart Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x}_i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

Sd = Standart Deviasi

$x_i$  = Curah hujan

$\bar{x}$  = Curah hujan rata-rata

c. Syarat distribusi Gumbel (*Lily Montarich, 2009:63*):

- Koefisien kepengangan (skewnes) :  $C_s = 1,14$
- Koefisien puncak (kurtosis) :  $C_k = 5,4$

Rumus koefisin kepengangan  $C_s$  dan koefisien puncak ( $C_k$ ) :

$$C_s = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) \times Sd^3}$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2) \times Sd^4}$$

d. Menghitung *Reduced Variate* sebagai Fungsi Balik ( $Y_t$ )

Untuk kala ulang 5 tahun

$$Y_t = \ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(Tr - 1)}{Tr} \right\} \right] \dots\dots\dots (2.11)$$

e. Menghitung Frekuensi  $K$  untuk harga-harga ekstrim Metode E. J.

Gumbel sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

$K$  = Faktor Frekuensi

$Y_t$  = Reduced Variabel sebagai fungsi balik

$Y_n$  = Reduced Mean

$S_n$  = Reduced Standart Variate

f. Menghitung Debit Hujan Rancangan ( $Q_t$ )

$$X_t = \bar{x} + K \times S \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

$X_i$  = Curah Hujan Rancangan

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

K = Faktor Frekuensi

Sd = Standart Deviasi

### 2.5.3 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui:

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran hipotesa (diterima/ditolak).

Metode yang digunakan adalah:

- **Uji secara vertikal dengan Chi Square**

Uji chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal. apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis.

Perhitungannya dengan menggunakan persamaan (*Lily Montarich, 2009:77*)

$$(X^2)_{\text{Hitung}} = \sum_{i=1}^K \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t} \dots\dots\dots (2.14)$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan rumus (*Lily Montarich, 2009:80*) :

$$K = 1 + 3,322 \log n \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

$X^2_{hitung}$  = Harga Chi Square hitung

$F_e$  = Frekuensi pengamatan kelas j

$F_t$  = Frekuensi teoritis kelas j

k = Jumlah kelas

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $X^2 < X^2_{Cr}$ . Harga  $X^2_{Cr}$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya (*level of significant*).

**Uji secara horisontal dengan Smirnov – Kolmogorov**

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, maka uji ini digunakan pada daerah studi.

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

- ✓ Menghitung peluang empiris dengan memasukan nomor urut data mulai dari data terkecil sampai dengan data terbesar dengan persamaan :

$$P_e = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

- ✓ Mencari nilai Log Xi dari hujan rerata

- ✓ Mencari nilai G dengan persamaan

$$G = (\text{Log } X_i - \text{Log } X) / S \dots\dots\dots (2.17)$$

- ✓ Mencari harga Pr melalui Table Distribusi Log Person Type III,

- ✓ Menghitung nilai Pt (x) dengan persamaan



$$P_t(x) = (100 - P_r)/100 \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

✓ Menghitung nilai  $P_e$  dan  $P_t$  dengan persamaan

$$\Delta_{maks} = (P_e - P_t) \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Kemudian di bandingkan antara  $\Delta_{maks}$  dan  $\Delta_{cr}$  distribusi yang dipilih dapat diterima apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ , dan jika  $\Delta_{maks} > \Delta_{cr}$  berarti gagal.

**2.5.4 Analisa Debit Banjir Rancangan**

**2.5.4.1. Koefisien Limpasan( $\alpha$ )**

Koefisien limpasan (*Run off*) adalah perbandingan antara limpasan permukaan (*Run off*) dengan hujan dan untuk itu ada beberapa pendapat:

1. Melchior: angka koefisien limpasan  $\alpha$  berkisar antara: 0,42 – 0,62 dan Melchior menganjurkan:  $\alpha = 0,52$ .
2. Weduwen: mendapatkan rumus untuk  $\alpha$  sebagai berikut:

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{q + 7} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

3. Haspers: mendapatkan rumus untuk  $\alpha$  sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times f^{0,7}}{1 + 0,075 \times f^{0,7}} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

yang di dasarkan atas data dari sungai Bendo.

4. Jepang: memakai angka koefisien limpasan (*Run off*) dari hasil penyelidikan yang di lakukan di Jepang seperti pada Tabel di bawah ini.

**Tabel 2.1**  
**Hubungan antara koefisien run off dan daerah aliran**

Uraian Daerah	Cp
Daerah pegunungan berlereng terjal	0.75 -.90
Daerah perbukitan	0,7~0,8
Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,5~0,75
Daerah daratan yang digarap	0,45~0,60
Daerah persawahan Irigasi	0,70~0,80
Sungai didaerah pegunungan	0,75~0,85
Sungai kecil didaerah daratan	0,45~0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari daratan	0,50~0,75

Sumber: *Bendungan Tipe Urugan, Ir. Suyono Susradarso, hal 38*

**2.5.4.2. Analisa Distribusi Hujan Jam-Jaman**

Curah hujan jam-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:

$$R = R_o \left( \frac{5}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana:

R = rata-rata hujan dari awal sampai dengan jam ke T

T = waktu dari awal sampai jam ke T

R<sub>o</sub> = R<sub>24</sub>/5

R<sub>24</sub> = jumlah hujan sehari

$$R_t = ( T * R ) - [ ( T - 1 ) * R - 1 ] \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

R<sub>t</sub> = presentase intensitas.

Dengan curah hujan jam-jaman di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_n = X_t * C_p * R_t \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

$R_n$  = Curah Hujan Jam-Jaman

$C_p$  = Koefisien pengaliran

$X_t$  = Curah hujan rencangan

$R_t$  = Presentase intensitas

### 2.5.4.3. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik

Untuk membuat hidrograf banjir pada sungai-sungai yang tidak ada atau sedikit sekali dilakukan observasi hidrograf banjirnya, maka perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut terlebih dahulu, misalnya waktu untuk mencapai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*), lebar dasar, luas kemiringan, panjang alur terpanjang (*length of the longest channel*), koefisien limpasan (*runoff coefficient*) dan sebagainya. Dalam hal ini biasanya kita gunakan hidrograf-hidrograf sintetik yang telah dikembangkan dinegara-negara lain, dimana parameter-parameternya hanya disesuaikan terlebih dulu dengan karakteristik daerah pengaliran yang ditinjau.

Hidrograf satuan sintetik terdiri dari dua macam yaitu:

#### 1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

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

Penggunaan metode ini, memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)

- a. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- b. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- c. Luas daerah aliran sungai
- d. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
- e. Koefisien pengaliran

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah (C.D.Soemarto, 1987):

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \cdot \dots\dots\dots (2.25)$$

dengan :

- $Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/det$ )
- $R_o$  = Hujan satuan (mm)
- $T_p$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- $T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak
- $A$  = Luas daerah pengaliran sampai outlet
- $C$  = Koefisien pengaliran

Untuk menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan pendekatan rumus berikut :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots\dots\dots (2.26)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots (2.27)$$

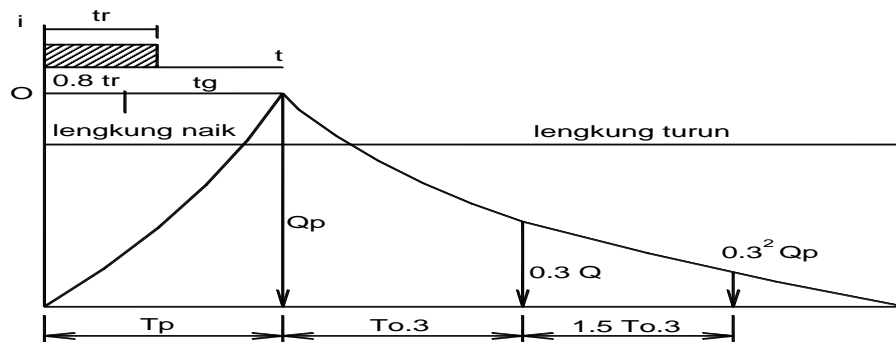
$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots (2.28)$$

tg adalah waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). tg dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km :  $tg = 0,4 + 0,058 L$
- Sungai dengan panjang alur  $L < 15$  km :  $tg = 0,21 L^{0,7}$

dengan :

- $t_r$  = Satuan Waktu hujan (jam)
- $\alpha$  = Parameter hidrograf, untuk
- $\alpha = 2$  => Pada daerah pengaliran biasa
- $\alpha = 1,5$  => Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat
- $\alpha = 3$  => Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat



Gambar2.3 Sketsa Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu

a. Pada waktu naik :  $0 < t < T_p$

$$Q_p = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} Q_p \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana :

$Q_{(t)}$  = Limpasan sebelum mencari debit puncak ( $m^3$ )

$t$  = Waktu (jam)

b. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

g. Selang nilai :  $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots (2.30)$$

**h.** Selang nilai :  $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5 T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}} \dots\dots\dots (2.31)$$

**i.** Selang nilai :  $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5 \cdot T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}}} \dots\dots\dots (2.32)$$

**2. Hidrograf Satuan Sintetik Snyder**

Tahun 1938, F. F. Snyder dari Amerika Serikat mengembangkan rumus empiris yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran.

Hidrograf satuan tersebut ditentukan secara cukup baik dengan tinggi  $d=1$  cm, dan dengan ketiga unsur yang lain, yaitu  $Q_p$  ( $m^3/detik$ ),  $T_b$  serta  $t_r$  (jam)

Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan

A = Luas daerah pengaliran ( $km^2$ ),

L = Panjang aliran utama (km)

$L_c$  = Jarak antara titik berat dengan pelepasan (outlet) yang diukur sepanjang aliran utama

Dengan unsur-unsur tersebut diatas, snyder membuat rumus-rumusny sebagai berikut:

$$t_p = C_i (L L_c)^{0,3} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$t_r = \frac{t_p}{5,5} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$Q_p = 2,78 \frac{C_p A}{t_p} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$T_b = 72 + 3 t_p \dots\dots\dots (2.36)$$

Koefisien-koefisien  $C_t$  dan  $C_p$  harus ditentukan secara empiris, karena besarnya berubah-ubah antara daerah yang satu dengan daerah yang lain. Besarnya  $C_t = 0,75 - 3,00$ , sedangkan besarnya  $C_p = 0,90 - 1,40$

Pada umumnya  $C_t$  dan  $C_p$  ini mempunyai nilai yang terbukti cukup konstan untuk sejumlah daerah pengaliran yang terukur dalam suatu wilayah, sehingga koefisien-koefisien dapat dipakai didaerah pengaliran yang tidak terukur (ungauqed) diwilayah yang sama. Kalau tidak demikian, haruslah dicoba dengan fungsi lain, karena bukan saja koefisien-koefisiennya yang empiris, tetapi fungsinya juga empiris, yang tidak didasarkan atas hukum-hukum hidrolika.

**2.6. Kebutuhan Air Irigasi**

Kebutuhan air irigasi adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan bercocok tanam pada petak sawah ditambah dengan kehilangan air pada pola jaringan irigasi. Untuk menghitung kebutuhan air irigasi menurut rencana pola tata tanam, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Pola tanam yang diusulkan
- b. Kebutuhan air pada petak sawah
- c. Luas areal yang akan ditanami
- d. Efisiensi irigasi

Penentuan jumlah kebutuhan air irigasi dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

### 2.6.1. Analisis Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses penguapan dari permukaan tanah bebas, sedangkan transpirasi adalah penguapan yang berasal dari tanaman. Jika kedua proses tersebut terjadi secara bersamaan disebut evapotranspirasi. Besar nilai evaporasi dipengaruhi oleh iklim, sedangkan transpirasi dipengaruhi oleh iklim, jenis, varietas serta umur tanaman.

Dalam pekerjaan ini untuk perhitungan evapotranspirasi digunakan Metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia. Perhitungan Metode Penman Modifikasi adalah dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_{to}^* = W ( 0.75 R_s - R_{n1} ) + (1-W) f(u) (e_a - e_d) \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

W = Faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah  
 Untuk daerah Indonesia dengan elevasi antara 0 – 500 m  
 hubungan antara t dan W

R<sub>s</sub> = Radiasi gelombang pendek (mm/hari)  
 = (0.25 + 0.54 n/N) R<sub>a</sub>

R<sub>a</sub> = Radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luas atmosfer



(angka angot) Besaran angka angot (dalam besaran evaporasi ekuivalen mm/hari) dalam hubungannya dengan letak lintang daerah

$Rn1$  = Radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)

$$= f(t) \cdot F(ed) \cdot f(n/N)$$

$f(t)$  = Fungsi suhu =  $\sigma \cdot Ta^4$

$f(ed)$  = Fungsi tekanan uap

$$= 0,34 - 0,044 (ed)^{1/2}$$

$f(n/N)$  = Fungsi kecerahan

$$= 0,1 + 0,9 n/N$$

$f(u)$  = Fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 meter (m/det)

$$= 0,27 (1+0,864 u)$$

$(ea-ed)$  = Perbedaan tekanan uap jenuh dengan uap sebenarnya

$$ed = ea \cdot RH$$

Besar ea sehubungan dengan besaran t

$RH$  = Kelembaban udara relatif (%)

$C$  = angka koreksi Penman yang besarnya melihat kondisi siang dan malam

### 2.6.2. Analisa Debit Andalan

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

Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada Daerah Aliran Sungai (*catchment area*) sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi limpasan permukaan (*direct run off*) dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Infiltrasi ini pertama-tama akan menjenuhkan top-soil dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dengan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebagai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Aliran dalam sungai adalah jumlah aliran yang langsung di permukaan tanah (*direct run off*) dan aliran dasar (*base flow*).

Metode Mock mempunyai dua prinsip pendekatan perhitungan aliran permukaan yang terjadi di sungai, yaitu neraca air di atas permukaan tanah dan neraca air bawah tanah yang semua berdasarkan hujan, iklim dan kondisi tanah.

Rumus untuk menghitung aliran permukaan terdiri dari :

a. Hujan netto

$$R_{net} = (R - E_{ta}) \dots\dots\dots (2.38)$$

dimana :

$$E_{ta} = E_{tp} - E$$

$$E = E_{tp} \cdot N_d / 30.m$$

$$N_d = 27 - 3/2 \cdot N_r$$

b. Neraca air di atas permukaan:

$$WS = R_{net} - SS \dots\dots\dots (2.39)$$

dimana :

$$SS = S_{Mt} + S_{Mt-1}$$

$$S_{Mt} = S_{Mt-1} + R_{net}$$

c. Neraca air di bawah permukaan

$$dV_t = V_t - V_{t-1} \dots\dots\dots (2.40)$$

dimana:

$$I = C_1 \cdot WS$$

$$V_t = \frac{1}{2} (1+k) \cdot I + k \cdot V_{t-1}$$

d. Aliran permukaan

$$RO = BF + DRO \dots\dots\dots (2.41)$$

Dalam satuan debit

$$Q = 0,0116 \cdot RO \cdot A/H \dots\dots\dots (2.42)$$

dimana :

$$BF = I - dV_t$$

$$DRO = WS - I$$

dimana notasi rumus di atas :

$$R_{net} = \text{hujan netto, mm}$$

$$R = \text{hujan, mm}$$

$$E_{tp} = \text{evapotranspirasi potensial, mm}$$

$$E_{ta} = \text{evapotranspirasi aktual, mm}$$

$$N_d = \text{jumlah hari kering (tidak hujan), hari}$$

$$N_r = \text{jumlah hari hujan, hari}$$

$$WS = \text{kelebihan air, mm}$$

$$SS = \text{daya serap tanah atas air, mm}$$

$$SM = \text{kelembaban tanah, mm}$$

$$dV = \text{perubahan kandungan air tanah, mm}$$

$$V = \text{kandungan air tanah, mm}$$

$$I = \text{laju infiltrasi, mm}$$

$$C_i = \text{koefisien resapan (<1)}$$

$$k = \text{koefisien resesi aliran air tanah (<1)}$$

$$DRO = \text{aliran langsung, mm}$$

$$BF = \text{aliran air tanah (mm)}$$

$$RO = \text{aliran permukaan, mm}$$

- H = jumlah hari kalender dalam sebulan, hari
- A = luas DAS, km<sup>2</sup>
- Q = debit aliran permukaan, m<sup>3</sup>/det
- t = waktu tinjau (periode sekarang t dan yang lalu t-1)

### 2.6.3. Analisa Kebutuhan Air irigasi

Koefisien pertumbuhan tanaman, angka yang menunjukkan tingkat besarnya kebutuhan air irigasi untuk tiap periode penanaman.

Koefisien tanaman untuk masing-masing jenis tanaman sangat berbeda dan tergantung pada:

- Macam tanaman : padi, jagung, tebu, sayuran dan lain-lain
- Macam varietas dan umur tanaman
- Masa pertumbuhan

Penentuan jumlah air irigasi di perkirakan sebagai berikut :

#### a. Penggunaan konsumtif (ET<sub>c</sub>)

Penggunaan konsumtif air oleh tanaman diperkirakan berdasarkan metode prakin empiris, dengan menggunakan data iklim, koefisien tanaman pada tahap pertumbuhan dihitung dengan persamaan berikut :

$$ET_c = K_c * E_t \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

K<sub>c</sub> = Koefisien Tanaman

E<sub>t</sub> = Evapotranspirasi Potensial

Table 2.2  
Koefisien Tanaman

% Umur Tanam	K				
	Padi	Palawija			
		Kacang Buncis	Kacang Tanah	Jagung	Kedelai
0	1.08	0.2	0.14	0.2	0.14
10	1.18	0.3	0.25	0.3	0.2
20	1.27	0.4	0.34	0.47	0.25
30	1.38	0.65	0.45	0.65	0.32
40	1.42	0.89	0.55	0.8	0.43
50	1.4	0.9	0.61	0.9	0.55
60	1.31	0.9	0.65	0.9	0.71
70	1.22	0.8	0.63	0.84	0.8
80	1.11	0.79	0.6	0.73	0.71
90	1.02	0.54	0.45	0.6	0.6
100	0.94	0.2	0.31	0.51	0.51

Sumber : Koefisien tanaman padi dan palawija (Soemarto, 1987 :79)

b. Penentuan kebutuhan air untuk pengolahan tanah dan persemaian.

Berdasarkan pengalaman maka dikemukakan beberapa asumsi-asumsi sebagai berikut (Poedjiraharjo,):

- Padi musim hujan                    200 mm
- Padi musim kemarau                150 mm
- Palawija (bila diperlukan)        75 mm

c. Perkolasi Lahan

Perkolasi lahan adalah perjalanan air kebawah dari daerah tidak jenuh (Soemarto, 1987 : 80). Menurut hasil penelitian dilapangan untuk berbagai jenis tanah dengan tanah bagian atas (*topsoil*) dengan ketebalan 50 cm dari atas permukaan tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.3**  
**Angka Perkolasi**

Angka perkolasi		
Tekstur tanah	Padi (mm/hari)	Palawija (mm/hari)
Tanah lunak	1	2
Tanah sedang	2	4
Tanah keras	3	10

Sumber : Angka Perkolasi (Soemarto, 1987 :80)

**d.** Curah hujan efektif

Untuk perencanaan kebutuhan air irigasi, curah hujan yang dipakai adalah hujan efektif, yaitu bagian hujan yang secara efektif tersedia untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Curah hujan efektif untuk tanaman padi adalah 70% dari curah hujan tengah bulanan terlampaui 80% dari waktu dalam periode tersebut, sedangkan untuk palawija adalah 70% dari curah hujan tengah bulanan terlampaui 50% dari waktu dalam periode tersebut.

Adapun persamaan yang digunakan :

$$Re_{padi} = \frac{0,70R_{80}}{15} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$Re_{palawija} = \frac{0,70R_{50}}{15} \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana :

- Re = Curah hujan efektif (mm)
- R<sub>80</sub> = Curah hujan andalan 80% (mm)
- R<sub>50</sub> = Curah hujan andalan 50% (mm)

**e.** Penentuan efisiensi irigasi, angka perbandingan dan jumlah air nyata yang terpakai untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman dengan jumlah

air yang keluar dari pintu pengambilan. Efisiensi irigasi secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.4**  
**Efisiensi Irigasi**

Efisiensi irigasi	padi	Tegal (Tanah berat)	Tegal (Tanah sedang)
▪ Efisiensi penyaluran air	80%	80%	80%
▪ Efisiensi pemberian air	100%	80%	70%
▪ Efisiensi secara keseluruhan	80%	64%	56%

Sumber : Ir. Didik Poerdjirahardjo, *keb air untuk tanaman p – 32*

- f. Perhitungan kebutuhan air disawah, didasarkan pada kesetimbangan air yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Didik Poerdjiraharjo, kebutuhan air irigasi untuk tanaman)

- Untuk tanaman padi

$$NWR = ET_c + NR + LR + PR - ER \dots\dots\dots (2.46)$$

- Untuk tanaman palawija

$$NWR = ET_c + PR - ER \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

$NWR$  = Kebutuhan air disawah (mm)

$ET_c$  = Kebutuhan air untuk tanaman (mm)

$NR$  = Kebutuhan air untuk pembibitan

$LR$  = Kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm)

$PR$  = Nilai perkolasi

$ER$  = Curah hujan efektif

g. Pola tata tanam, penjadwalan tanam dan jenis tanaman yang diterapkan pada suatu jaringan irigasi supaya dapat memanfaatkan air irigasi seefektif dan seefisien mungkin sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Secara umum pola tata tanam dimaksudkan untuk :

- Menghindari ketidakseragaman tanaman
- Melaksanakan waktu tanam sesuai dengan jadwal tanam yang telah ditentukan
- Menghemat air irigasi

h. Perhitungan kebutuhan irigasi yang perlu disediakan pada pintu pengambilan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Dr = \frac{NWR}{Eff * 8.64} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

$Dr$  = Kebutuhan air irigasi pada pintu pengambilan (m<sup>3</sup>/dt)

$NWR$  = Kebutuhan air irigasi pada lahan pertanian (ltr/dt/Ha)

$Eff$  = Efisiensi Irigasi

## 2.7 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 (*Linsey et al,1989:144*)

Dalam kondisi tersebut kapasitas embung sudah tertentu, yang menjadi persoalan adalah menetapkan jumlah pengambilan dari embung tersebut (*Sudjarwadi,1989:59*). Hasil pengambilan air dalam hal ini adalah jumlah dari volume tampungan yang dapat dimanfaatkan ditambahkan dengan aliran masuk yang bermanfaat selama periode kritis.

### **2.7.1. Kapasitas Tampungan Embung**

Debit andalan 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 hubungan antara produksi dan kapasitas konstruksi embung dalam interval waktu tertentu. Untuk keperluan perencanaan maupun pengoperasian perlu diketahui karakteristik embun, seperti hubungan antara elevasi air, volume tampungan dan luas genangan (*Ir. Sudiby, 1993:227*)

### **2.7.2. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)**

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

Penelusuran banjir yang dihitung untuk mengetahui besarnya hidrograf limpasan banjir yang mungkin terjadi pada pelimpah yang dilalui setelah melalui

tampungan pada waduk sama dengan selisih antara inflow dan outflow (CD.Soemarto,1989:188).

$$I - Q = ds / dt \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana :

$$I = \text{Rata-rata inflow (m}^3\text{/dtk)}$$

$$Q = \text{Rata-rata outflow (m}^3\text{/dtk)}$$

$$S = \text{Simpanan air (m}^3\text{)}$$

$$T = \text{Tenggang waktu (jam)}$$

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 (2.55) dapat diubah menjadi :

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

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

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

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \psi = \varphi \dots\dots\dots (2.50)$$

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

$$Q = C \times B \times H^{2/3} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

- $Q$  = Rata-rata outflow (m<sup>3</sup>/dtk)
- $C$  = Variabel koefisien debit
- $B$  = Lebar pintu efektif (m)
- $H$  = Tinggi muka air tampungan (m)

### 2.7.3. Data Tanah Timbunan dan Pondasi (Geologi)

Bahan timbunan atau tubuh embung dari lempung. Secara umum karakteristik lempung adalah muda mengembang (*Swelling*) apabila basah dan menyusut (*Shrinkage*) jika kering, sehingga dapat menurunkan kekuatan geser (*Shear Streng*) material itu sendiri.

Karakter tanah bahan timbunan diketahui dengan melakukan pengambilan sample terganggu (*Distrubed*) dari masing-masing sumur uji. Parameter yang diuji adalah kadar air asli, berat jenis, analisa besar butir, batas *atterberg*, kompaksi standart, triaksial, konsolidasi dan permeabilitas.

Parameter bahan timbunan diperlukan terutama untuk analisa kemiringan lereng (*Slope Stablity Analysis*) dan untuk analisa pemadatan saat pelaksanaan.

Untuk analisa pemadatan saat pelaksanaan, umumnya toleransi yang diperkenankan adalah sebesar  $\pm 3 \%$  untuk kadar air optimum dan 95 % untuk berat isi maksimum. Untuk mencapai kadar air optimum dan berat isi maksimum di lapangan perlu dilakukan pengujian pemadatan (*Trialembankment*) sehingga

dapat diketahui jenis dan bobot peralatan yang digunakan serta jumlah lintasan yang optimum.

Kondisi geologi lokasi penyelidikan diketahui dengan pengamatan geologi permukaan dan bawah permukaan. Pengamatan geologi permukaan dilakukan melalui pemetaan geologi permukaan dengan cara mengamati karakteristik material (tanah/batuan). Sedangkan pengamatan geologi bawah permukaan dilakukan melalui pemboran inti dan sumuran uji.

As embung berada pada suatu lembah perbukitan dengan dasar relatif datar dan kemiringan lereng relatif sedang - curam. Dasar lembah dimana alur sungai Bendo terdapat, alur sungai memiliki lebar 17 meter.

#### **2.7.4. 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 Kasiro, Dkk, 1987:5.5*). dalam perencanaan embung ini direncanakan tipe urugan tanah (*Homogen*) yang dilengkapi dengan drainase horizontal pada kaki tubuh embung dibagian hilir. Drainase ini diperlukan untuk menurunkan garis depresi, karena semakin rendah garis depresi dibagian hilir tubuh embung tipe homogeny, ketahanan terhadap gejala longsor akan semakin meningkat, embung urugan masih dibagi menjadi tiga jenis :

- Embung urugan serba sama (*Homogeneous Dams*)
- Embung Urugan berlapis (*Zona Dams, Rokfill Dams*) adalah embung urugan yang terdiri dari beberapa lapisan kedap air, lapisan batu, lapisan batu teratur dan lapisan pengering.
- Embung urugan dengan lapisan kedap air dimuka adalah adalah embung urugan batu berlapis-lapis yang lapisan kedap airnya terletak disebelah hulu embung.

**Tabel 2.5**  
**Kesesuaian Antara Tipe Tubuh Embung dengan Jenis Pondasi, Lembah, dan Bahan Bangunan**

Tipe Tubuh Embung	Jenis Pondasi	Ukuran Lembah	Jenis Bahan Bangunan
1. Urugan	1. Batu	1. Lebar	1. Lempung atau Tanah Berlempung
	2. Tanah	2. Sempit	2. Pasir sampai Batu Pecah
2. Beton/Pasangan	Batu	Sempit	Pasir sampai batu
3. Komposit	Batu	Lebar	1. Lempung atau Tanah Berlempung
			2. Pasir sampai Batu Pecah

Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil (*Ibnu Kasiro, Dkk. 1997:2.4*)

### 2.7.5. Lebar Puncak Embung

Lebar puncak embung/mercu embung di ambil dari table berikut :

**Tabel 2.6**  
**Lebar puncak tubuh embung**

Tipe	Tinggi (m)	Lebar Puncak (m)
Urugan	1). $\leq 5,00$	2,00
	2). 5,00 – 10,00	3,00
Pasangan Batu/Beton	Sampai maksimal 7,00	1,00

Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil (Ibnu Kasiro, Dkk. 1997:5.4)

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.

### 2.7.6. 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 2.7**  
**Kemiringan lereng urugan untuk tinggi maksimum 10 m**

Material Urugan	Material Utama	Kemiringan Lereng Vertical : 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 diapragama	Pecahan Batu	1 : 1,50	1 : 1,25
2.2. Kerikil-Kerakal dengan inti Lempung atau dinding diapragama	Kerikil-kerakal	1 : 2,50	1 : 1,75

*Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil (Ibnu Kasiro, Dkk. 1997:5.5)*

### 2.7.7. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertical 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 factor seperti kondisi tempat kedudukan embung, karakteristik banjir abnormal, jebolnya embung dan sebagainya, maka tinggi jagaan (*H<sub>f</sub>*) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_f \geq \Delta h - h_w + \frac{h_e}{2} \cdot h_i \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana :

- $\Delta h$  = Tinggi kenaikan muka air embung akibat banjir maksimum
- $H_w$  = Tinggi ombak akibat tiupan angin
- $h_e$  = Tinggi ombak akibat gempa
- $h_a$  = Tinggi kenaikan permukaan air embung apabila terjadi kemacetan pada operasi pintu pelimpah.
- $h_i$  = tinggi tambahan yang didasarkan pada tingkat kepentingan

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

**Tabel 2.8**  
**Tinggi Jagaan Embung**

Tipe Tubuh Embung	Tinggi Jagaan (m)
1. Urungan Homogen dan Majemuk	0.50
2. Pasangan Batu/Beton	0.00
3. Komposit	0.50

*Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil (Ibnu Kasiro, Dkk. 1997:5.6)*

### 2.7.8. Tinggi Tubuh Embung

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

$$H_d = H_k + H_b + H_f \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

- $H_d$  = 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)

Untuk tipe urugan diperlukan cadangan untuk penurunan yang diperkirakan sebesar 0,25 m (*Ibnu Kasino, Dkk, 1987*) sehingga  $H_d$  menjadi :

$$H_d = H_k + H_b + H_f + 0,25 \dots\dots\dots (2.54)$$

### 2.7.9. Bangunan Pelimpah

Secara umum tipe pelimpah yang dapat diterapkan pada embung adalah :

- Pelimpah tipe saluran terbuka
- Pelimpah tipe ogee (*overflow*) dengan peredam energy USBR tipe 1

Pelimpah type saluran terbuka dipilih bilamana tubuh embung bertipe urugan. Pelimpah ini harus diletakan terpisah dengan tubuh embung dan dapat dibangun di atas bukit tanah atau batu. Bilamana pondasi berjenis batu sehingga tubuh embung dipilih dari tipe pasangan batu atau beton atau komposit, maka pelimpah akan bertipe ogee. Pelimpah jenis ini dibangun menyatu dengan tubuh embung.

Pelimpah yang sering digunakan berdasarkan pertimbangan nilai ekonomisnya adalah pelimpah tipe saluran terbuka yang digali pada satuan tanah atau satuan batu di bukit tumpu. Tempat pelimpah dipilih pada tempat dimana alirannya tidak akan menyebabkan erosi pada kaki hilir tubuh embung. Bagian saluran pemasukan pelimpah dapat dibuat datar ataupun dengan kemiringan yang cukup landai. Air dari kolam mengalir bebas kebagian hilirnya mengikuti

kemiringan yang tersedia. Sebagai patokan tetap bagi ketinggian dasar pelimpah, perlu dibuat lantai dari pasangan batu atau beton selebar 0,50 sampai 1,00 meter di udik saluran pemasukan. Pelimpah yang digali pada satuan tanah perlu diberi pelindung terhadap erosi dengan penanaman rumput, namun apabila terpaksa dapat dibuat lapisan pasangan batu atau beton.

Bangunan pelimpah direncanakan mampu melewati debit rencana pada periode ulang 50 tahun  $Q_{50}$  ( $m^3/dtk$ ). Tinggi muka air di atas pelimpah dihitung dengan rumus (Suyono, 1989 : p 172):

$$Q = C_d \cdot 2/3 \cdot \sqrt{\frac{2}{3}g} \cdot B_c \cdot H^{1.5} \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

$Q$  = Debit ( $m^3/dtk$ )

$C_d$  = Koefisien Debit

$B_c$  = Lebar efektif mercu

$H$  = Tinggi energy diatas mercu

**Tabel 2.9**  
**Kriteria Desain Hidraulik Pelimpah**

Tipe Pelindung Pelimpah	n
1. Rumput	0,030 -0,25
2. Batu	0,035
3. Rip-rap	0,0250
4. Pasangan batu/beton	0,0140

Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil (Ibnu Kasiro, Dkk. 1997:6.3)

**Tabel 2.10**  
**Koefisien Kekasaran Manning**

Parameter	Besaran
1. Kapasitas Pelimpah	Puncak banjir 50 tahunan
2. Tinggi aliran air maksimum di saluran tanah/batu	0.50 m
3. Kecepatan maksimum aliran pada salurantanah dengan pelindung rumput	0.60 m/dtk
4. kecepatan aliran pada saluran dengan pelindung batu/beton	2 m/dtk - 4 m/dtk
5. kemiringan dinding saluran pelimpah tanah, untuk tinggi maksimum 2.00 m	IH : IV
6. kemiringan lereng saluran pelimpah batu	Ih : 1.5 V

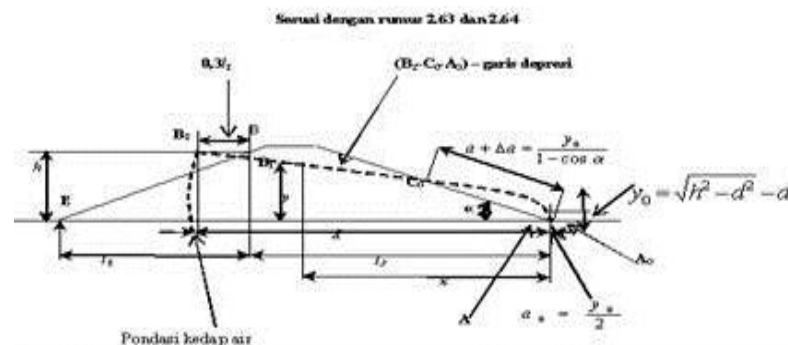
Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil (Ibnu Kasiro, Dkk. 1997:6.2)

### 2.7.10. Stabilitas Embung

#### A. Stabilitas Embung Terhadap Aliran

Konstruksi embung diharuskan mempertahankan diri terhadap gaya-gaya yang ditimbulkan 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 :

- Formasi garis aliran (*Seepage Line Fomation*)
- Kapasitas aliran filtrasi
- Kemungkinan terjadi gejala sufosi (*piping*) dan boiling (*sembulan*)



**Gambar 2.4** Garis Depresi pada Bendung Homogen

**B. Stabilitas Embung Terhadap Longsor**

Jebolnya suatu bangunan embung pada umumnya dimulai dengan terjadinya gejala longsor baik pada lereng hulu maupun lereng hilir embung tersebut, yang disebabkan kurangnya stabilitas kedua lereng itu. Karena itu stabilitas lereng merupakan hal yang sangat penting bagi tubuh embung secara keseluruhan.

Analisa stabilitas ini dilakukan dengan metode irisan bidang luncur bundar dari *Felleius* dengan rumus sebagai berikut (*Suyono Sasrodarsono, 1989, 141*) :

$$F_s = \frac{\sum [c \times L + (N - U N_e) \tan \phi]}{\sum (T + T_e)} \dots\dots\dots (2.58)$$

$$= \frac{\sum C \times L + \sum [\gamma \times A (\cos \alpha - e \times \sin \alpha) - V]}{\sum \gamma \times A (\sin \alpha + e \times \cos \alpha)} \tan \phi \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana :

- $N$  = Beban komponen vertical yang timbul dari berat setiap irisan bidang luncur ( $\gamma \times A \times \sin \alpha$ )
- $e$  = Intensitas seismes horizontal
- $F_s$  = Faktor keamanan
- $N_e$  = Komponen vertical beban seismes yang bekerja pada tiap irisan bidang luncur ( $e \times \gamma \times A \times \sin \alpha$ )
- $A$  = Luas dari tiap bahan pembentuk irisan bidang luncur
- $\phi$  = Sudut gesekan dalam bahan yang membentuk dasar tiap irisan bidang luncur

$T_e$  = Komponen vertical beban seismes yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur ( $e \times \gamma \times A \times \sin \alpha$ )

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

$Z$  = lebar setiap irisan luncur

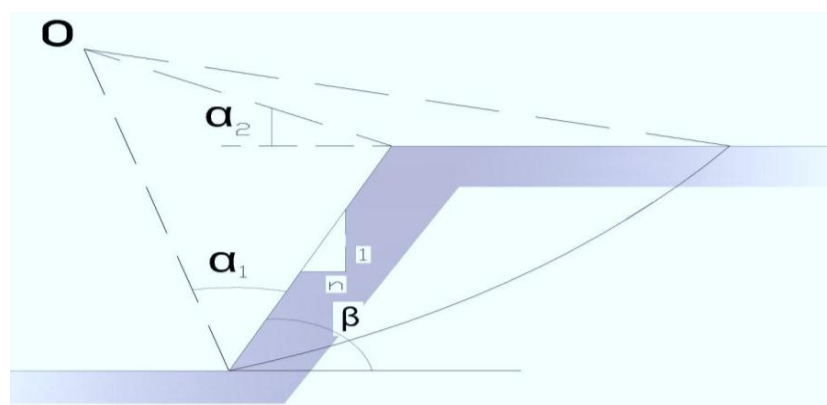
$V$  = Tekanan pori

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

$\gamma$  = Berat dari setiap bahan yang membentuk

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

Sebenarnya dalam perhitungan stabilitas lereng embung harus ditinjau dari berbagai titik koordinat lingkaran bidang longsor, sehingga dapat diperoleh factor keamanan yang minimum, dimana titik koordinat ini merupakan titik koordinat lingkaran bidang longsor yang paling kritis. Titik pusat tersebut dapat diperkirakan dengan menggunakan konstruksi Fillenius berikut ini :



Gambar 2.5 Skema Bidang Longsor Fillenius

**Tabel 2.11**  
**Harga longsor cara Fillenius**

Kemiringan Lereng	$\beta$ (°)	$\alpha_1$ (°)	$\alpha_2$ (°)
1 : 1,0	45	28	37
1 : 1,5	33,68	26	37
1 : 2,0	26,57	25	35
1 : 3,0	18,43	25	35
1 : 5,0	11,32	25	37

Sumber : Braja M – das jilid 2, hal 180

Konstruksi Fillenius :

1. Berdasarkan kemiringan lereng yang telah ditentukan, dapat diperoleh  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$  dengan menggunakan tabel 2.11
2. Dari kedua sudut tersebut ditarik garis pertemuan titik O  
Dari titik O ditarik garis tegak lurus sampai dasar bangunan, setelah itu dibuat bidang luncur dari lereng tersebut.
3. Setelah itu bidang luncur dibagi menjadi beberapa bagian irisan vertical dan walaupun bukan persyaratan yang mutlak, biasanya setiap irisan lebarnya sama
4. Gaya-gaya yang bekerja dalam setiap irisan bidang luncur digambarkan sebagai berikut :
  - 1) Berat irisan (W) dihitung berdasarkan hasil perkalian antara luas irisan (A) dengan berat isi bahan pembentuk irisan ( $\gamma$ ), jadi  $W = A \times \gamma$
  - 2) Berat komponen vertical yang bekerja pada dasar irisan bidang (N) dapat diperoleh dari hasil perkalian berat irisan (W) dengan  $\cos$  sudut rata-rata tumpuan ( $\alpha$ ) pada dasar irisan yang bersangkutan, jadi  $N = W \times \cos \alpha$
  - 3) Beban komponen tangensial (T), diperoleh dari hasil perkalian antara berat irisan (W) dengan sinus sudut rata-rata tumpuan pada dasar irisan yang bersangkutan, jadi  $T = W \times \sin \alpha$
  - 4) Beban dari tekanan hidrostatis yang bekerja pada dasar irisan (U) dapat diperoleh dari hasil perkalian antara panjang dasar

irisasi (b) dengan tekanan air rata-rata ( $u/\cos \alpha$ ) pada dasar irisasi tersebut, jadi  $U (u \times b)/ \cos \alpha$

Stabilitas daerah genangan ditinjau dari beberapa kondisi yaitu :

1. Pada saat embung kosong ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.
2. Pada saat embung penuh ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.
3. Pada saat embung banjir ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.
4. Pada saat terjadi penurunan tiba-tiba ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.

Diharapkan tercapai stabilitas tubuh embung dengan factor keamanan runtuh lereng  $fs \geq 1,25$  (Suyono Sosrodarsono, 1989,141) atau keruntuhan lereng menunjukkan bahwa :

**Tabel 2.12**  
**Hubungan Fs dengan Kejadian**

Fs	Kejadian
$F < 1,07$	Keruntuhan ias terjadi
$1,07 < Fs > 1,25$	Keruntuhan pernah terjadi
$Fs > 1,25$	Keruntuhan jarang terjadi

Sumber : Joseph E. Bowles, 1984, 547

### C. Formasi Garis Aliran Filtrasi dalam Tubuh embung

Formasi Garis depresi pada zona kedap air suatu embung dapat diperoleh dengan metode *Casagrade*. Jika angka permeabilitas vertical berbeda dengan angka permeabilitas horizontal, maka akan terjadi

perubahan bentuk garis aliran dengan mengurangi koordinat horizontal sebesar  $\sqrt{\frac{kv}{kh}}$  kali.

Pada ujung tumit embung dianggap sebagai titik permulaan koordinat dengan sumbu x dan y, maka garis depresi dapat diperoleh dengan persamaan parabola bentuk dasar (Sosrodarsono, 1989) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \\
 y &= \sqrt{2 \cdot y_0 \cdot x + y_0^2} \\
 y_0 &= \sqrt{h^2 + d^2} - d
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $h$  = jarak vertical antara titik A dan titik B
- $d$  = jarak horizontal antara A dan B

**D. Kapasitas Aliran Filtrasi**

Kapasitas aliran filtrasi adalah kapasitas rembesan air yang mengalir ke hilir melalui tubuh embung dan pondasi embung. Untuk memperkirakan besarnya aliran filtrasi suatu embung baik yang melalui embung maupun melalui lapisan pondasi dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan trayektori aliran filtrasi dengan rumus (Sosrodarsono, 1989: 165) sebagai berikut :

$$Q_f = \left[ \frac{N_f}{N_p} \right] K \cdot H \cdot L \dots\dots\dots (2.60)$$

Dimana :

- $Q_f$  = Kapasitas aliran filtrasi



$N_f$  = Angka pembagi dari garis trayektori aliran filtrasi

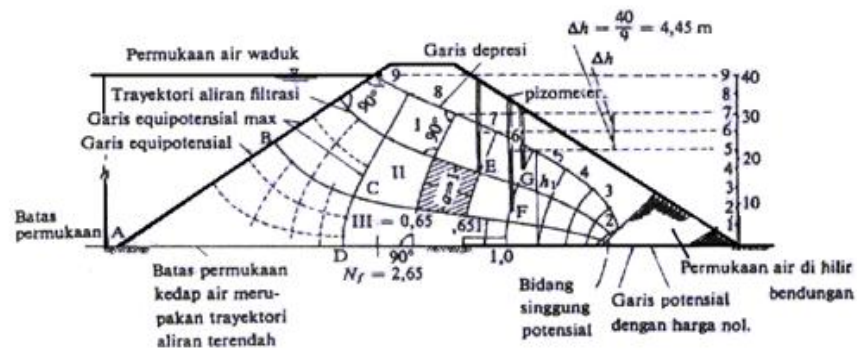
$N_p$  = Angka pembagi dari garis equi-potensial

$K$  = Koefisien filtrasi

$H$  = tinggi tekanan air total

$L$  = Panjang profil melintang tubuh embung (m)

Besarnya rembesan yang diijinkan sebesar 2% - 5% dari kapasitas tampungan total (Soedibyo, 1983:80).



Gambar 2.6 Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Dalam Tubuh Embung

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Umum**

Untuk merencanakan Embung Kali Lanang hal yang pertama dilakukan ialah mengumpulkan data – data penunjang seperti data geologi, data klimatologi, data topografi dan data hidrologi. Dari data – data ini maka di lakukan analisa untuk mendapatkan grafik lengkung kapasitas, jumlah kebutuhan air irigasi dan debit banjir rancangan, jadi dari hasil analisa ini maka kita dapat menentukan dimensi embung sesuai dengan kebutuhan. Dan hal terakhir yang dilakukan ialah menganalisa dimensi embung stabil apa tidak dari aliran air ifiltrasi yang mengalir melalui celah-celah antara butiran-butiran tanah pembentuk embung dan gejala-gejala longoran baik pada lereng hulu maupun lereng hilir embung tersebut.

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

Penentuan lokasi embung beserta dimensi embung ditentukan melaluai analisa data. Untuk itu tahapan – tahapan yang di lakukan dalam studi ini adalah :

- 1) Survey dan peninjauan lokasi.

Survey dan peninjauan lokasi ini di lakukan untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya didaerah studi sehingga dalam perencanaan kita dapat mengambil keputusan yang benar.

2) Studi literature

Studi Literature dilakukan sebagai tambahan dalam mencari materi dan referensi yang berhubungan dengan kegiatan studi agar dalam merencanakan embung tidak terjadi kesalahan yang dapat merusak embung tersebut.

3) Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data penunjang dalam penyusunan studi ini, diantaranya :

- Data Geologi

Data geologi di gunakan untuk mengetahui jenis tanah dan batuan yang ada di sekitar lokasi.

- Data Topografi

Dari data topografi maka kita dapat menghitung luas lahan pertanian yang akan dialiri air irigasi dari embung kali lanang, serta dari data topografi ini juga kita dapat merencanakan grafik lengkung kapasitas yang di gunakan untuk mengetahui volume tambungan, luas genagan dan elevasi embung.

- Data Hidrologi

Data hidrologi terdiri dari data curah hujan dan data debit sungai, dari data ini di lakukan analisa untuk mendapatkan curah hujan

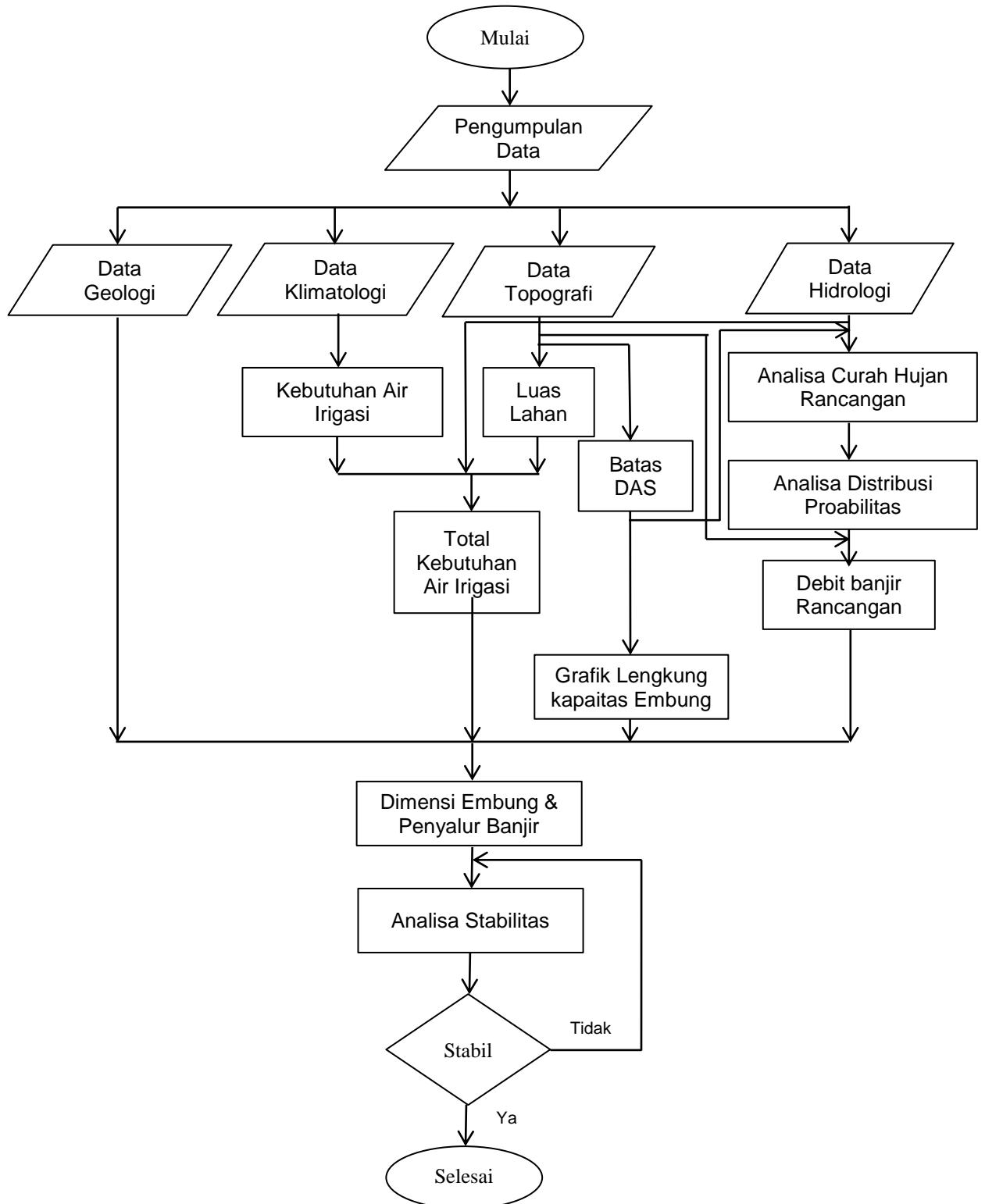
rancangan, debit andalan dan debit banjir rancangan. Dari hasil analisa ini maka kita dapat merencanakan dimensi embung kali lanang.

- Data Klimatologi

Data klimatologi ini di gunakan untuk menghitung evapotranspirasi dengan menggunakan metode penman dan perencanaan Pola tata tanam (PTT) yang digunakan untuk menganalisa kebutuhan air irigasi

### **3.3. Metode dan hasil analisa**

**Flow Chart Skripsi**  
**Rencana Embung Kali Lanang Untuk Meningkatkan Penyediaan Air Irigasi**  
**dan Pengendali Banjir DAS Kali Lanang**



## BAB IV

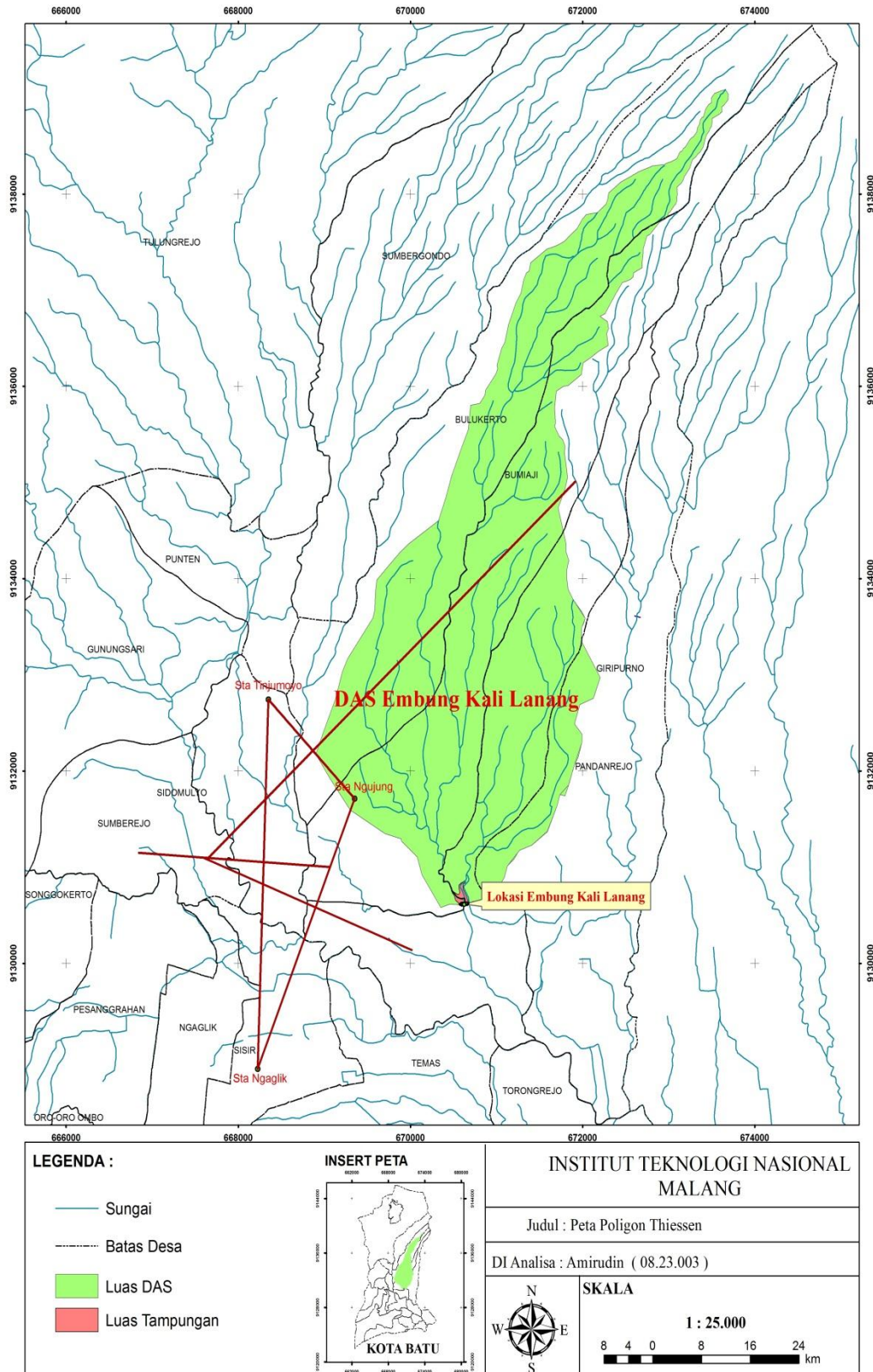
### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Hidrologi

##### 4.1.1 Curah Hujan Rerata Daerah

Keakuratan data curah hujan disuatu DAS dapat ditunjang dengan penempatan jumlah stasiun yang semakin banyak dan merata didaerah tersebut. Untuk DAS yang kecil umumnya hujan merata diseluruh daerah, sedangkan untuk DAS yang cukup luas maka hujan yang terjadi tidak sama lebatnya, sedangkan stasiun pengukuran curah hujan hanya mencatat curah hujan pada titik tertentu. Dengan demikian akan sulit menentukan besar hujan yang turun diseluruh wilayah DAS serta sulit untuk menentukan hubungan antara besarnya debit banjir dengan curah hujan yang mengakibatkan banjir tersebut.

Hujan rerata daerah dapat dihitung berdasarkan letak stasiun pengamatan curah hujan pada DAS yang ditinjau dengan menggunakan beberapa metode antara lain Metode Rerata Aljabar, Metode Poligon Thiessen, Metode Isohyet. Tetapi pada analisa ini digunakan metode Poligon Thiessen. Metode polygon thiessen di pilih karena metode ini berusaha mengimbangi tidak meratanya distribusi alat ukur dengan menyediakan suatu factor pembobot bagi masing-masing stasiun, dengan melihat hasil peta polygon thiessen (gambar 4.1) stasiun yang berpengaruh pada DAS Kali Lanang hanya ada dua yaitu stasiun Ngujung dan stasiun Tinjumoyo, maka data hujan yang dipergunakan pada analisa studi ini adalah stasiun Ngujung dan stasiun Tinjumoyo dengan data hujan selama sepuluh tahun (10 tahun) terakhir.



Gambar 4.1 Peta Poligon Thiessen Lokasi Studi

Menghitung curah hujan areal maksimum (R) dengan menggunakan metode polygon thiessen dengan cara sebagai berikut:

- Luas total DAS (A) = 13,07 Km<sup>2</sup>
- Luas pengaruh Sta. Ngujung = 8,27 Km<sup>2</sup>
- Luas pengaruh Sta. Tinjumoyo = 5,43 Km<sup>2</sup>
- Luas pengaruh Sta. Ngaglik = 0,0 Km<sup>2</sup>
- Curah hujan harian maksimum Sta. Ngujung = 75,00 mm
- Curah hujan harian maksimum Sta Tinjumoyo = 83,00 mm
- Curah hujan harian maksimum Sta Ngaglik = 75,00 mm

Contoh perhitungan curah hujan areal maksimum (R) untuk tahun 2002 dengan persamaa 2.2, sebagai berikut:

$$R = \frac{(75.00 * 8.27) + (83.00 * 5.43) + (75,00 * 0,0)}{13.70}$$

$$= 78.17 \text{ mm}$$

Perhitungan curah hujan areal maksimum selanjutnya dapat di lihat pada tabel 4.1 berikut ini :

**Tabel 4.1**  
**Curah Hujan Areal Maksimum Metode Poligon Thiessen**

Tahun	Curah hujan harian maksimum hari yang sama			R (mm)
	Sta Ngujung	Sta Tinjumoyo	Sta Ngaglik	
<b>C Thiessen</b>	<b>0.604</b>	<b>0.396</b>	<b>0.000</b>	
2002	75	83	75	78.17
2003	110	62	110	90.98
2004	70	85	70	75.95
2005	95	89	95	92.62
2006	63	89	90	73.31
2007	92	125	145	105.08
2008	72	84	74	76.76
2009	96	70	86	85.69
2010	78	75	103	76.81
2011	58	76	63	65.13

Sumber : Hasil Perhitungan



#### 4.1.2 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah merupakan curah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi disuatu daerah atau hujan dengan kemungkinan periode ulang tertentu. (C.D. Soemarto, 1987). Maka berdasarkan perhungan hujan maksimum harian rata-rata tahunan diatas dapat dihitung besar curah hujan rencana dengan menggunakan metode Log Pearson Type III dan metode E.J Gumbel.

##### 4.1.2.1 Metode Log Pearson Type III

Metode Log Pearson Type III tidak mempunyai sifat khas yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan jenis distribusi ini. Perhitungan distribusi Log Pearson Type III menggunakan persamaa 2.4 sampai 2.8, hasil perhitungan parameter statistik metode Log Pearson III dapat di lihat pada tabel 4.2 di bawah ini:

**Tabel 4.2**  
**Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Type III**

No	Tahun	Hujan Max. (Xi)	Log Xi	Log Xi - Log X	[Log Xi - Log X] <sup>2</sup>	[Log Xi - Log X] <sup>3</sup>
1	2007	105.08	2.021518254	0.111204687	0.012366482	0.001375211
2	2005	92.62	1.966713675	0.056400108	0.003180972	0.000179407
3	2003	90.98	1.958922935	0.048609368	0.002362871	0.000114858
4	2009	85.69	1.932954928	0.022641361	0.000512631	1.16067E-05
5	2002	78.17	1.893044573	-0.01726899	0.000298218	-5.14993E-06
6	2008	76.81	1.88542313	-0.02489044	0.000619534	-1.54205E-05
7	2010	76.76	1.885113491	-0.02520008	0.000635044	-1.60032E-05
8	2004	75.95	1.880500647	-0.02981292	0.00088881	-2.6498E-05
9	2006	73.31	1.865134247	-0.04517932	0.002041171	-9.22187E-05
10	2011	65.13	1.813809794	-0.09650377	0.009312978	-0.000898738
Jumlah			19.10313567		0.032218712	0.000627054
Log X			1.910313567			

Sumber : Hasil Perhitungan

- $\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{19.1031}{10} = 1.9103$
- $S_d = \sqrt{\frac{(\text{Log} X_i - \text{Log } \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.0322}{10-1}} = 0.0598$
- $C_s = \frac{n * \sum (\log X_i - \log \bar{x})^3}{(n-1) * (n-2) * S_d^3} = \frac{10 * (0.000627)}{(10-1) * (10-2) * (0.0598)^3} = 0.3253$

### Analisa Hujan Rancangan.

1) Periode ulang 2 tahun.

$$C_s = 0.3253 \quad ; \quad G_{2 \text{ tahun}} = -0.054$$

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{2 \text{ tahun}} &= \log \bar{x} + G * S_d \\ &= 1.9103 + ((-0.054) * 0.3253) \\ &= 1.907 \end{aligned}$$

$$X_{t_{2 \text{ tahun}}} = 80.738 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya terdapat pada table 4.3 berikut ini:

**Tabel 4.3**  
**Perhitungan Curah Hujan Rancangan**  
**Metode Log Pearson Type III dengan Beberapa Periode Ulang (tahun)**

No	Tr	Cs	G	Log Xt	Xt
1	2	0.3253	-0.054	1.907	80.738
2	5	0.3253	0.822	1.959	91.095
3	10	0.3253	1.311	1.989	97.444
4	20	0.3253	1.675	2.011	102.453
5	50	0.3253	2.224	2.043	110.499
6	100	0.3253	2.562	2.064	115.771

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

Tr : Tahun Rencana

Cs : Koefisien Asimetri

G : Lihat Tabel (Hubungan Cs dengan Kalah Ulang (Tr))

Log Xt :  $\log \bar{x} + G * Sd$

Xt : Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Type III

#### 4.1.2.2 Metode E.J Gumbel

Metode E.J. Gumbel memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrinya (*skewness*)  $Cs = 0,155$  dan nilai kurtosisnya  $Ck = 6,349$  (*C.D. Soemarto, 1987*).

Perhitungan parameter dasar statistik hujan harian maksimum dan analisa distribusi frekuensi E.J. Gumbel menggunakan persamaa 2.9 sampai 2.13, hasil perhitungan parameter dasar statistik metode E.J. Gumbel dapat di lihat pada tabel 4.4 di bawah ini:

**Tabel 4.4**  
**Perhitungan Parameter Statistik Metode E.J. Gumbel**

No	Tahun	Hujan Max. (Xi)	Xi - X	(Xi - X) <sup>2</sup>
1	2002	78.17	-3.879	15.044
2	2003	90.98	8.926	79.669
3	2004	75.95	-6.104	37.261
4	2005	92.62	10.572	111.777
5	2006	73.31	-8.744	76.463
6	2007	105.08	23.030	530.388
7	2008	76.76	-5.293	28.018
8	2009	85.69	3.645	13.289
9	2010	76.81	-5.238	27.442
10	2011	65.13	-16.915	286.121
<b>Σ</b>	<b>Jumlah</b>	<b>820.5</b>	<b>0.000</b>	<b>1205.472</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\bullet \quad \bar{x} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{820.5}{10} = 82.05$$

$$\bullet \quad Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1205.472}{10-1}} = 10.979$$

### Analisa Hujan Rancangan.

$n = 10$  , maka  $Y_n = 0.4952$  dan  $S_n = 0.9497$  ( dari tabel  $Y_n$  dan  $S_n$ )

✓ Periode ulang 2 tahun.

$$\begin{aligned} Y_t &= -\ln \left\{ \ln \left( \frac{T_r}{T_r-1} \right) \right\} & ; & \quad K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \\ &= -\ln \left\{ \ln \left( \frac{2}{2-1} \right) \right\} & & \quad = \frac{0.3665 - 0.4952}{0.9497} \\ &= -\ln \{ \ln ( 2 ) \} & & \quad = -0.1355 \\ &= 0.3665 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{t \text{ 2 tahun}} &= \bar{x} + K \cdot S \\ &= 82.05 + (-0.1355) * 10.979 \\ &= 80.5617 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya terdapat pada table 4.5 berikut :

**Tabel 4.5**  
**Perhitungan Curah Hujan Rancangan**  
**Metode E.J Gumbel dengan Beberapa Periode Ulang (tahun)**

No	Tr	Ln (Tr-1)/Tr	Yt	K	Xt
1	2	0.6931	0.3665	-0.1355	80.5617
2	5	0.2231	1.4999	1.0580	93.6651
3	10	0.1054	2.2504	1.8481	102.3407
4	20	0.0513	2.9702	2.6061	110.6626
5	50	0.0202	3.9019	3.5872	121.4344
6	100	0.0101	4.6001	4.3224	129.5064

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.1.3 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui:

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran hipotesa (diterima/ditolak).

Metode yang digunakan adalah:

#### 4.1.3.1 Uji secara vertikal dengan Chi Square

Uji chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal. apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $X^2 < X^2_{Cr}$ . Harga  $X^2_{Cr}$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya (*level of significant*). Perhitungannya dengan menggunakan persamaan 2.14 dan 2.15.

- **Uji Chi – Square ( $X^2$ ) Log Pearson Type III**

Pada probabilitas Log Pearson Type III

$$\begin{aligned}
 \text{Kelas distribusi} \quad K &= 1 + 3,322 \cdot \log P \\
 &= 1 + 3,322 \cdot \log 10 \\
 &= 4.25 \approx 4
 \end{aligned}$$

$$\frac{100}{4} = 25 \%$$

Interval dari 25 adalah : 25. ; 50 ; 75 ;

Dimana diketahui  $C_s = 0.3253$

$$1. \quad 75 \rightarrow G = -0.72026$$

$$\begin{aligned} \log X &= \log \bar{x} + G \cdot S \\ &= 1.910 + ((-0.72026) * 0.3253) \\ &= 1.8672 \end{aligned}$$

$$X = 73.658 \text{ mm}$$

$$2. \quad 50 \rightarrow G = -0.054$$

$$\begin{aligned} \log X &= \log \bar{x} + G \cdot S \\ &= 1.910 + ((-0.054) * 0.3253) \\ &= 1.9071 \end{aligned}$$

$$X = 80.738 \text{ mm}$$

$$3. \quad 25 \rightarrow G = 0.6759$$

$$\begin{aligned} \log X &= \log \bar{x} + G \cdot S \\ &= 1.910 + (0.6759) * 0.3253 \\ &= 1.9508 \end{aligned}$$

$$X = 89.281 \text{ mm}$$

Nilai frekuensi teoritis / yang dihitung  $F_t$  :

$$\begin{aligned}
 F_t &= 25\% * n \\
 &= 0.25 * 10 \\
 &= 2.5
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.6**  
**Uji Chi Square Log Pearson Type III**

NO	Kelas	Fe	Ft	Fe - Ft	(Fe-Ft) <sup>2</sup> /Ft
1	0 – 73.658	2	2.5	-0.5	0.1
2	73.658 – 80.738	4	2.5	1.5	0.9
3	80.738 – 89.281	1	2.5	-1.5	0.9
4	89.281 – ~	3	2.5	0.5	0.1
Jumlah		10	10		2

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

Dari table Chi-Square di dapatkan  $X^2_{cr} = 3.841$  untuk dk = 1 dan  $\alpha = 5\%$ . Sedangkan  $X^2_{hitung} = 2$

Karena  $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$  berarti data sesuai, *distribusi Log Pearson*

*Type III. Diterima*

- **Uji Chi – Square ( $X^2$ ) E.J. Gumbel**

Pada probabilitas E . J . Gumbel

$$\begin{aligned}
 \text{Kelas distribusi K} &= 1 + 3,22 \cdot \log P \\
 &= 1 + 3,22 \cdot \log 10 \\
 &= 4.22 \approx 4
 \end{aligned}$$

Batas kelas dengan sebaran peluang :

$$\frac{100\%}{k} = 25\% \quad \frac{100\%}{4} = 25\%$$

Interval dari 25 adalah : 25 ; 50 ; 75

$$Y_T = - \ln \left\{ \ln \frac{T_r}{(T_r-1)} \right\}$$

$$1. \quad T_r = 75 \rightarrow \frac{100}{75} = 1.33$$

$$\begin{aligned} Y_T &= - \ln \left\{ \ln \frac{T_r}{(T_r-1)} \right\} \\ &= - \ln \left( \ln \frac{1.33}{(1.33-1)} \right) \\ &= -0.3321 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \\ &= \frac{-0.3321 - 0.4952}{0.9497} \\ &= -0.8711 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{x} + K \cdot S \\ &= 82.05 + (-0.8711) * 10.979 \\ &= 72.486 \end{aligned}$$

$$2. \quad T_r = 50 \rightarrow \frac{100}{50} = 2$$

$$Y_T = - \ln \left\{ \ln \frac{T_r}{(T_r-1)} \right\}$$



$$= -\ln \left( \ln \frac{2}{(2-1)} \right)$$

$$= 0.3665$$

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

$$= \frac{0.3665 - 0,4952}{0.9497}$$

$$= -0.1355$$

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

$$= 82.05 + (-0.1355) * 10.979$$

$$= 80.562$$

$$3. \quad Tr = 25 \rightarrow \frac{100}{25} = 4$$

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

$$= -\ln \left( \ln \frac{4}{(4-1)} \right)$$

$$= 1.2460$$

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

$$= \frac{1.2460 - 0,4952}{0.9497}$$

$$= 0.7904$$

$$\begin{aligned}
 X_T &= \bar{x} + K \cdot S \\
 &= 82.05 + (-0.7904) \cdot 10.979 \\
 &= 90.728
 \end{aligned}$$

Nilai frekuensi teoritis / yang dihitung  $F_t$  :

$$\begin{aligned}
 F_t &= 25\% \cdot n \\
 &= 0.25 \cdot 10 \\
 &= 2.5
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.7**  
**Uji Chi Square E.J Gumbel**

NO	Kelas	Fe	Ft	Fe - Ft	(Fe-Ft) <sup>2</sup> /Ft
1	0 – 78.486	6	2.5	3.5	4.9
2	78.486 – 80.562	0	2.5	-2.5	2.5
3	80.562 – 90.728	1	2.5	-1.5	0.9
4	90.728 – ~	3	2.5	0.5	0.1
Jumlah		10	10		8.4

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

Dari table Chi-Square di dapatkan  $X_{cr}^2 = 3.841$  untuk dk = 1 dan  $\alpha$

= 5%,  $X_{hitung}^2 = 8.4$

Karena  $X_{hitung}^2 < X_{cr}^2$  berarti data tidak sesuai, *distribusi E . J .*

*Gumbel. **Ditolak***

#### 4.1.3.2 Uji secara horisontal dengan Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ , dan jika  $\Delta_{maks} > \Delta_{cr}$  berarti gagal. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan 2.16 dan 2.19.

#### ✓ Uji Smirnov Kolmogorov Pada Probabilitas Log Pearson Type III.

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

- ✓ Menghitung peluang empiris dengan persamaan 2.16 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_e &= \frac{1}{10+1} \times 100\% \\ &= 0.0909 \end{aligned}$$

- ✓ Mencari nilai Log X dari hujan rerata

$$\text{Log } 65.13 = 1.8138$$

- ✓ Mencari nilai G dengan persamaan 2.17 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} G &= (1.9103 - 1.8138) / 0.0598 \\ &= -1.6138 \end{aligned}$$

- ✓ Mencari harga Pr melalui Table Distribusi Person Type III, di dapat nilai Pr = 98.341

✓ Menghitung nilai  $P_t(x)$  dengan persamaan 2.18 sebagai berikut :

$$P_t(x) = (100 - 98.341)/100$$

$$= 0.01659$$

✓ Menghitung nilai  $P_e$  dan  $P_t$  dengan persamaan 2.19 sebagai berikut :

$$\Delta_{maks} = 0.0909 - 0.01659$$

$$= 0.07432$$

✓ Untuk data yang lain dapat di lihat pada table 4.8 berikut :

**Tabel 4.8**  
**Uji Smirnov Kolmogorov Pada Probabilitas Log Pearson Type III**

No	$P_e(X)$	X	Log x	G	Pr (%)	$P_t(\%)$	$P_e(X) - P_t(X)$
1	0.0909	65.13	1.8138	-1.6138	98.341	0.01659	0.07432
2	0.1818	73.31	1.8651	-0.7555	76.323	0.23677	-0.05496
3	0.2727	75.95	1.8805	-0.4985	66.680	0.33320	-0.06047
4	0.3636	76.76	1.8851	-0.4214	63.785	0.36215	0.00149
5	0.4545	76.81	1.8854	-0.4162	63.591	0.36409	0.09046
6	0.5455	78.17	1.8930	-0.2888	58.808	0.41192	0.13354
7	0.6364	85.69	1.9330	0.3786	35.183	0.64817	-0.01181
8	0.7273	90.98	1.9589	0.8129	20.312	0.79688	-0.06961
9	0.8182	92.62	1.9667	0.9431	17.522	0.82478	-0.00659
10	0.9091	105.08	2.0215	1.8596	3.985	0.96015	-0.05106
Jumlah			19.103136	$\Delta_{maks}$			0.04531
Log X rerata (Xrt)			1.9103136				
Simpangan Baku (Sd)			0.0598				
Koefisien Kepencengan (Cs)			0.3253				

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

Jumlah data (n) = 10

Jumlah log x = 19.103136

$$\Delta_{maks} = 0.04531$$

$$\alpha = 5\%$$

Maka  $\Delta_{cr} = 0.409$  (dari table nilai kritis Smirnov Kolmogorov)

Jadi  $-0.04531 < 0.409$ , maka distribusi ***Log Pearson Type III***

**Diterima**

- **Uji Smirnov Kolmogorov Pada Probabilitas E. J. GUMBEL**

Untuk analisa Pada Probabilitas E. J. GUMBEL ini data diurutkan dari kecil ke besar.

Keterangan :

$$Q_{rer} = 82.049 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$S_d = 10.979$$

$$Y_n = 0.495$$

$$S_n = 0.950$$

Dimana :

$$\begin{aligned} S_n(x) &= n/(m+1) & Tr &= 1-(e^{*}(-e^{*}(-Yt))) \\ &= 1/(10+1) & &= 1(\text{EXP}(\text{EXP}(0.792))) \\ &= 0.091 & &= 1.077 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= (Q-Q_{rer})/S_d & Pr &= 1/Tr \\ &= (65.13-82.049)/ 10.979 & &= 1/1.124 \\ &= -1.541 & &= 0.928 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_t &= (K*S_n)+Y_n & P_x &= 1 - Pr \\ &= (-1.541*0.950)+0.495 & &= 1 - 0.928 \\ &= -0.968 & &= 0.072 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= P_x(x) - S_n(x) \\
 &= (0.072 - 0.091) \\
 &= -0.019
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.9**  
**Uji Smirnov Kolmogorov Pada E.J Gumbel**

No.	Q (m <sup>3</sup> /dt)	S <sub>n</sub> (x)	K	Y <sub>t</sub>	Tr (tahun)	Pr	P <sub>x</sub>	D
1	65.13	0.091	-1.541	-0.968	1.077	0.928	0.072	-0.019
2	73.31	0.182	-0.796	-0.261	1.375	0.727	0.273	0.091
3	75.95	0.273	-0.556	-0.033	1.552	0.644	0.356	0.083
4	76.76	0.364	-0.482	0.037	1.617	0.618	0.382	0.018
5	76.81	0.455	-0.477	0.042	1.622	0.617	0.383	-0.071
6	78.17	0.545	-0.353	0.160	1.743	0.574	0.426	-0.119
7	85.69	0.636	0.332	0.811	2.786	0.359	0.641	0.005
8	90.98	0.727	0.813	1.267	4.075	0.245	0.755	0.027
9	92.62	0.818	0.963	1.410	4.615	0.217	0.783	-0.035
10	105.08	0.909	2.098	2.487	12.535	0.080	0.920	0.011
D Max								0.091

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\text{Banyaknya data (n)} = 10$$

$$\text{Taraf signifikan } (\alpha) = 5 \%$$

$$\Delta \text{ Max} = 0.091\% \text{ pada data peringkat } m = 2$$

Dengan (n) = 10 dan (α) = 0.05 maka harga Δ Cr = 0.409.

Karena Δ Max = 0.091 < Δ Cr = 0.409 maka dapat di simpulkan bahwa pengujian Smirnov Kolmogorof pada *hipotesa E. J. Gumbel*

**Diterima.**

Antara hasil perhitungan metode Log Pearson Type III dan Metode E.J. Gumbel, pada uji Chi-Square E.J Gumbel tidak diterima karena Δ kritis lebih kecil dari Δ hitung, maka untuk perhitungan selanjutnya metode Log Pearson Type III tersebutlah yang dijadikan acuan untuk proses analisa selanjutnya.

**Tabel 4.10**  
**Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan**

R (Tahun)	E.J Gumbel (mm)	Log Pearson type III (mm)
2	80.562	80.738
5	93.665	91.095
10	102.341	97.444
20	110.663	102.453
50	121.434	110.499
100	129.506	115.771

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.11**  
**Hasil Pengujian Dengan Simirnov Kolmogorof**

Perbandingan	E.J Gumbel	Log Peason Type III
Banyak Data (n)	10	10
$\alpha$	5%	5%
$\Delta Cr$	0.409	0.409
$\Delta max$	0.091	0.04531
Hasil uji	<b><u>DI TERIMA</u></b>	<b><u>DI TERIMA</u></b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.12**  
**Hasil Pengujian Dengan Chi Square**

Perbandingan	E.J Gumbel	Log Peason Type III
Banyak Data (n)	10	10
$\alpha$	5%	5%
$\gamma$	1	1
$X_2 cr$	3.841	3.841
$X_2 hitung$	8.4	2
Hasil uji	<b><u>DI TOLAK</u></b>	<b><u>DI TERIMA</u></b>

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.4 Analisa Debit Banjir Rancangan

##### 4.1.4.1 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara limpasan air hujan dengan total hujan penyebab limpasan. Koefisien pengaliran ditetapkan berdasarkan kondisi tata guna lahan yang ada di lokasi studi, yaitu :

- a) 75 % terdiri pegunungan, semak belukar, tegalan dan perkebunan, di ketahui bahwa angka koefisien pengaliran untuk jenis lahan ini adalah 0,70 – 0,80
- b) 25 % terdiri dari tanah bereilif berat dan berhutan kayu, di mana angka koefisien pengaliran untuk jenis lahan ini adalah 0,50 – 0,75

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{f_1 \cdot A_1 + f_2 \cdot A_2 + \dots + f_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \\
 &= \frac{((0.75 \cdot 9.8) + (0.65 \cdot 3.27))}{(9.8 + 3.27)} \\
 &= 0.72
 \end{aligned}$$

##### 4.1.4.2 Curah Hujan Jam-Jaman

Metode unit hidrograf satuan sintetik nakayasu adalah salah satu cara untuk menganalisa debit banjir rancangan berdasarkan parameter besarnya curah hujan karakteristik DAS. Untuk memperkirakan hidrograf banjir rancangan dengan cara hidrograf satuan perlu diketahui dahulu sebaran hujan jam-jaman dengan suatu interval tertentu.

Curah hujan jam-jaman sebenarnya tidak terdapat pada stasiun pengamatan curah hujan yang tidak otomatis dan data yang tersedia berupa data-data curah hujan harian. Metode pendekatan untuk memperkirakan sebaran hujan



jam-jaman harian dapat menggunakan metode pendekatan mononobe. Curah hujan jam-jaman dihitung dengan memakai persamaan 2.20 -2.22, hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk daerah di Pulau Jawa, rata-rata hujan (t) = 5 jam, maka :

$$T_1 = 1 \text{ jam, maka } R_1 = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,58 R_{24}$$

$$T_2 = 2 \text{ jam, maka } R_2 = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,37 R_{24}$$

$$T_3 = 3 \text{ jam, maka } R_3 = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{3} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,28 R_{24}$$

$$T_4 = 4 \text{ jam, maka } R_4 = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{4} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,23 R_{24}$$

$$T_5 = 5 \text{ jam, maka } R_5 = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,2 R_{24}$$

Dengan presentase intensitas curah hujan jam-jaman, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 1 \text{ jam, } R_1 &= (1.0,58R_{24}) - \{(1-1).R_0\} \\ &= 0,58 R_{24} - 0 \\ &= 58 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \text{ jam, } R_2 &= (2.0,37R_{24}) - \{(2-1).R_0\} \\ &= 0,74 R_{24} - 0,58 \\ &= 16 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ jam, } R_3 &= (3.0,28R_{24}) - \{(3-1).R_0\} \\ &= 0,84 R_{24} - 0,74 \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4 \text{ jam, } R_4 &= (4.0,23R_{24}) - \{(4-1).R_0\} \\
 &= 0,92 R_{24} - 0,84 \\
 &= 8.2 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5 \text{ jam, } R_5 &= (5.0,2R_{24}) - \{(5-1).R_0\} \\
 &= 1 R_{24} - 0,92 \\
 &= 7.8 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan curah hujan jam-jaman dengan persamaan 2.22 di mana curah hujan rancangan menggunakan hasil perhitungan metode Log Pearson type III :

Contoh perhitungan Curah hujan jam-jaman untuk Rn 2 :

- Dengan :
1. Curah hujan rancangan 2 tahun = 80.738 mm
  2. Koefisien pengaliran = 0,72

$$\begin{aligned}
 Rn 2 &= 80.738 * 0.72 * 58\% \\
 &= 33.72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat di lihat pada table 4.14 di bawah:

**Table 4.13**  
**Perhitungan Curah Hujan Jam-Jaman**

Jam	Ratio (%)	Rn 2 (Tahun)	Rn 5 (Tahun)	Rn 10 (Tahun)	Rn 20 (Tahun)	Rn 50 (Tahun)	Rn 100 (Tahun)
1	58	33.72	38.04	40.69	42.78	46.14	48.35
2	16	9.30	10.49	11.23	11.80	12.73	13.34
3	10	5.81	6.56	7.02	7.38	7.96	8.34
4	8.2	4.77	5.38	5.75	6.05	6.52	6.84
5	7.8	4.53	5.12	5.47	5.75	6.21	6.50

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.4.3 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Untuk menganalisa debit banjir rancangan, terlebih dahulu harus dibuat hidrograf banjir pada sungai yang bersangkutan dengan menggunakan persamaan 2.23 – 2.30.

Diketahui :

- a. Luas DAS = 13.07 km<sup>2</sup>
- b. Panjang Alur Sungai Utama (L) = 5.58 km
- c. Koefisien Pengaliran = 0.72
- d. Curah Hujan Satuan (Ro) = 1 mm

Dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Mencari tegang waktu anrata debit puncak (tg) karena (L) < 15 km maka:

- $Tg = 0.21 * L^{0.7}$   
 $= 0.21 * 6.58^{0.7}$   
 $= 0.70 \text{ jam}$
- tr : 0.5 \* Tg sampai 1 \* tg, jadi tr diambil 0.6\*tg  
 $tr = 0.6 * 0.70$   
 $= 0.42$
- Mencari tegangan waktu permulaan hujan sampau puncak banjir (Tp)  
 $Tp = Tg + 0.8 * tr$   
 $= 0.920 + 0.8 * 0.70$   
 $= 1 \text{ jam}$

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

$$\alpha = \frac{0.47 * (A * L)^{0.25}}{Tg} = \frac{0.47 * (13.07 * 5.58)^{0.25}}{0.70} = 1.96$$

- Mencari penurunan debit dari puncak sungai 30 % ( $T_{0.3}$ )

$$\begin{aligned} T_{0.3} &= \alpha * Tg \\ &= 1.96 * 0.70 \\ &= 1.373 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Mencari puncak debit ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{A * R_o * C}{3.6 * (0.3 * T_p + T_{0.3})} = \frac{13.07 * 1 * 0.72}{3.6 * (0.3 * 1 + 1.373)} \\ &= 1.552 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Menentukan banjir rancangan dengan cara sebagai berikut :

- Untuk menentukan lengkung naik dengan  $0 < t < T_p$  atau  $0 < t < 1$  )

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \\ &= 1.552 * \left( \frac{1}{1} \right)^{2.4} \\ &= 1.427 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- Untuk menentukan lengkung turun dengan  $T_p < t < (T_p + T_{0.3})$  atau  $(1 < t < 2.373)$

$$\begin{aligned} Q_{d1} &= Q_p * 0.3 \wedge \frac{t - T_p}{T_{0.3}} \\ &= 1.552 * 0.3 \wedge \left( \frac{2 - 1}{1.373} \right) = 0.6664 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- Untuk menentukan lengkung turun dengan  $(T_p + T_{0.3}) < t < (T_p + T_{0.3} + 1.5 * T_{0.3})$  atau  $(2.373 < t < 3.059)$

$$\begin{aligned}
 Qd2 &= Q_p * 0.3 \wedge \left\{ \frac{(t - T_p + 0.5 * T_{0.3})}{(1.5 * T_{0.3})} \right\} \\
 &= 1.552 * 0.3 \wedge \left\{ \frac{(3 - 1 + 0.5 * 1.373)}{(1.5 * 1.373)} \right\} \\
 &= 0.3296 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

- Untuk menentukan lengkung turun dengan  $t > (T_p + T_{0.3} + 1.5 * T_{0.3})$  atau  $t > 3.059$

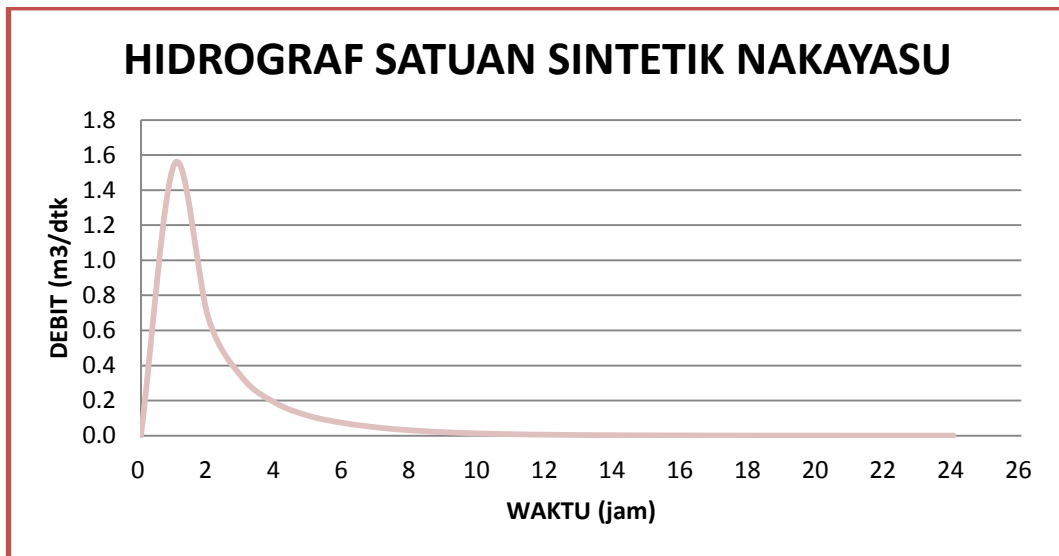
$$\begin{aligned}
 Qd3 &= Q_p * 0.3 \wedge \left\{ \frac{(t - T_p + 1.5 * T_{0.3})}{(2.0 * T_{0.3})} \right\} \\
 &= 1.552 * 0.3 \wedge \left\{ \frac{(10 - 1 + 1.5 * 1.373)}{(2.0 * 1.373)} \right\} \\
 &= 0.01237 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada table 4.15 di bawah ini :

**Tabel 4.14**  
**Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu**

Parameter	Unit	Jam	Nilai
$T_g$	Jam	0.70	0.70
$\alpha$		1.96	1.96
$T_r$	Jam	0.42	0.42
$T_p$	Jam	1.0	1.0
$T_{0.3}$	Jam	1.373	1.373
$0.5 * T_{0.3}$	Jam	0.687	0.687
$1.5 * T_{0.3}$	Jam	2.060	2.060
$2.0 * T_{0.3}$	Jam	2.747	2.747
$(T_p + T_{0.3})$	Jam	2.409	2.409
$(T_p + T_{0.3} + 1.5 * T_{0.3})$	Jam	4.469	4.469
$Q_p$	Jam	1.552	1.552
Keterangan		0	-
Bagian Lengkung Naik		1	1.55214
Interval :		2	0.66639
$0 \leq t \leq T_p$		3	0.32964
$0 \leq t \leq 1$		4	0.18376
$Q_a = Q_p * (t/T_p)^{2.4}$		5	0.11070
		6	0.07141
Bagian Lengkung Turun		7	0.04607
Interval :		8	0.02972
$T_p \leq t \leq (T_p + T_{0.3})$		9	0.01918
$1 \leq t \leq 2.373$		10	0.01237
$Q_{d1} = Q_p * (0.3)^{(t-T_p)/(T_{0.3})}$		11	0.00798
		12	0.00515
Interval :		13	0.00332
$(T_p + T_{0.3}) \leq t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5 * T_{0.3})$		14	0.00214
$2.373 \leq t \leq 3.059$		15	0.00138
$Q_{d2} = Q_p * 0.3^{(t-T_p+0.5*T_{0.3})/(1.5*T_{0.3})}$		16	0.00089
		17	0.00058
Interval :		18	0.00037
$t \geq (T_p + T_{0.3} + 1.5 * T_{0.3})$		19	0.00024
$t \geq 3.059$		20	0.00015
$Q_{d3} = Q_p * 0.3^{(t - T_p + 0.5 * T_{0.3}) / (2 * T_{0.3})}$		21	0.00010
		22	0.00006
		23	0.00004
		24	0.00003

Sumber : Hasil Perhitungan



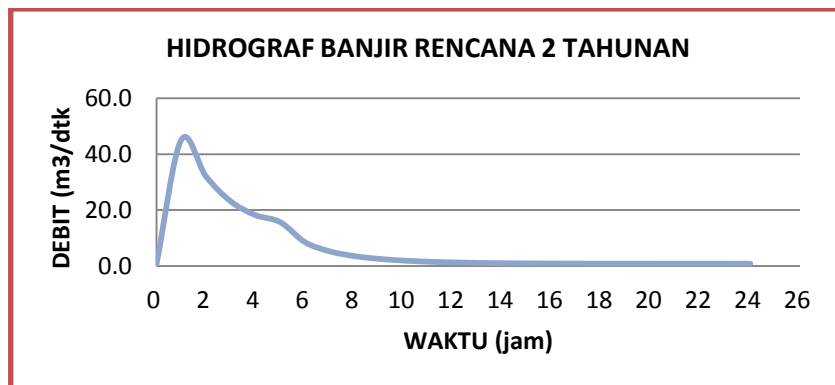
Gambar 4.2 Hidrograf Satuan Sinetik Nakayasu

Berdasarkan perhitungan maka akan dilanjutkan dengan analisa Ordinat banjir rancangan periode 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun ,20 tahun, 50 tahun dan 100 tahun, serta pembuatan garfik hubungan antara debit dan waktu pengaliran adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.15**  
**Ordinat Hidrograf Banjir Rencana 2 Tahunan**

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 2 TAHUN								
t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q banjir (m <sup>3</sup> /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		28.57	7.88	4.93	4.04	3.84		
0	0	0					0.7980	0.7980
1	1.5521	44.3372	0				0.7980	45.1352
2	0.6664	19.0356	12.2309	0			0.7980	32.0645
3	0.3296	9.4163	5.2512	7.6443	0		0.7980	23.1098
4	0.1838	5.2491	2.5976	3.2820	6.2684	0	0.7980	18.1950
5	0.1107	3.1620	1.4480	1.6235	2.6912	5.9626	0.7980	15.6854
6	0.0714	2.0400	0.8723	0.9050	1.3313	2.5600	0.7980	8.5065
7	0.0461	1.3161	0.5627	0.5452	0.7421	1.2663	0.7980	5.2304
8	0.0297	0.8490	0.3630	0.3517	0.4470	0.7059	0.7980	3.5148
9	0.0192	0.5477	0.2342	0.2269	0.2884	0.4252	0.7980	2.5205
10	0.0124	0.3534	0.1511	0.1464	0.1861	0.2743	0.7980	1.9093
11	0.0080	0.2280	0.0975	0.0944	0.1200	0.1770	0.7980	1.5149
12	0.0051	0.1471	0.0629	0.0609	0.0774	0.1142	0.7980	1.2605
13	0.0033	0.0949	0.0406	0.0393	0.0500	0.0737	0.7980	1.0964
14	0.0021	0.0612	0.0262	0.0254	0.0322	0.0475	0.7980	0.9905
15	0.0014	0.0395	0.0169	0.0164	0.0208	0.0307	0.7980	0.9222
16	0.0009	0.0255	0.0109	0.0106	0.0134	0.0198	0.7980	0.8781
17	0.0006	0.0164	0.0070	0.0068	0.0087	0.0128	0.7980	0.8497
18	0.0004	0.0106	0.0045	0.0044	0.0056	0.0082	0.7980	0.8313
19	0.0002	0.0068	0.0029	0.0028	0.0036	0.0053	0.7980	0.8195
20	0.0002	0.0044	0.0019	0.0018	0.0023	0.0034	0.7980	0.8119
21	0.0001	0.0028	0.0012	0.0012	0.0015	0.0022	0.7980	0.8070
22	0.0001	0.0018	0.0008	0.0008	0.0010	0.0014	0.7980	0.8038
23	0.0000	0.0012	0.0005	0.0005	0.0006	0.0009	0.7980	0.8017
24	0.0000	0.0008	0.0003	0.0003	0.0004	0.0006	0.7980	0.8004

Sumber : Hasil Perhitungan



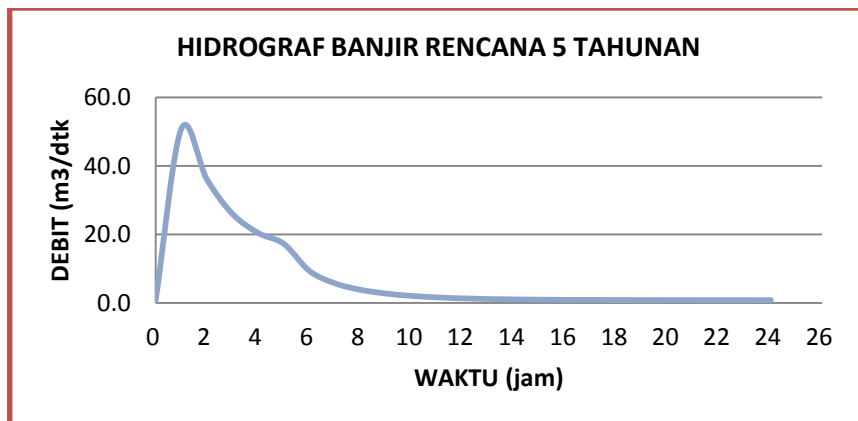
Gambar 4.3 Grafik Hidrograf Banjir Rencana 2 Tahunan



**Tabel 4.16**  
**Ordinat Hidrograf Banjir Rencana 5 Tahunan**

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 5 TAHUN								
t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q banjir (m <sup>3</sup> /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		32.23	8.89	5.56	4.56	4.33		
0	0	0					0.7980	0.7980
1	1.5521	50.0247	0				0.7980	50.8227
2	0.6664	21.4774	13.7999	0			0.7980	36.0754
3	0.3296	10.6242	5.9248	8.6249	0		0.7980	25.9719
4	0.1838	5.9224	2.9308	3.7030	7.0725	0	0.7980	20.4267
5	0.1107	3.5677	1.6338	1.8318	2.6912	6.7275	0.7980	17.2499
6	0.0714	2.3016	0.9842	1.0211	1.3313	2.8883	0.7980	9.3245
7	0.0461	1.4849	0.6349	0.6151	0.7421	1.4288	0.7980	5.7038
8	0.0297	0.9580	0.4096	0.3968	0.4470	0.7965	0.7980	3.8059
9	0.0192	0.6180	0.2643	0.2560	0.2884	0.4798	0.7980	2.7045
10	0.0124	0.3987	0.1705	0.1652	0.1861	0.3095	0.7980	2.0279
11	0.0080	0.2572	0.1100	0.1066	0.1200	0.1997	0.7980	1.5915
12	0.0051	0.1659	0.0710	0.0687	0.0774	0.1288	0.7980	1.3099
13	0.0033	0.1071	0.0458	0.0443	0.0500	0.0831	0.7980	1.1283
14	0.0021	0.0691	0.0295	0.0286	0.0322	0.0536	0.7980	1.0111
15	0.0014	0.0446	0.0191	0.0185	0.0208	0.0346	0.7980	0.9355
16	0.0009	0.0287	0.0123	0.0119	0.0134	0.0223	0.7980	0.8867
17	0.0006	0.0185	0.0079	0.0077	0.0087	0.0144	0.7980	0.8552
18	0.0004	0.0120	0.0051	0.0050	0.0056	0.0093	0.7980	0.8349
19	0.0002	0.0077	0.0033	0.0032	0.0036	0.0060	0.7980	0.8218
20	0.0002	0.0050	0.0021	0.0021	0.0023	0.0039	0.7980	0.8134
21	0.0001	0.0032	0.0014	0.0013	0.0015	0.0025	0.7980	0.8079
22	0.0001	0.0021	0.0009	0.0009	0.0010	0.0016	0.7980	0.8044
23	0.0000	0.0013	0.0006	0.0006	0.0006	0.0010	0.7980	0.8021
24	0.0000	0.0009	0.0004	0.0004	0.0004	0.0007	0.7980	0.8007

Sumber : Hasil Perhitungan

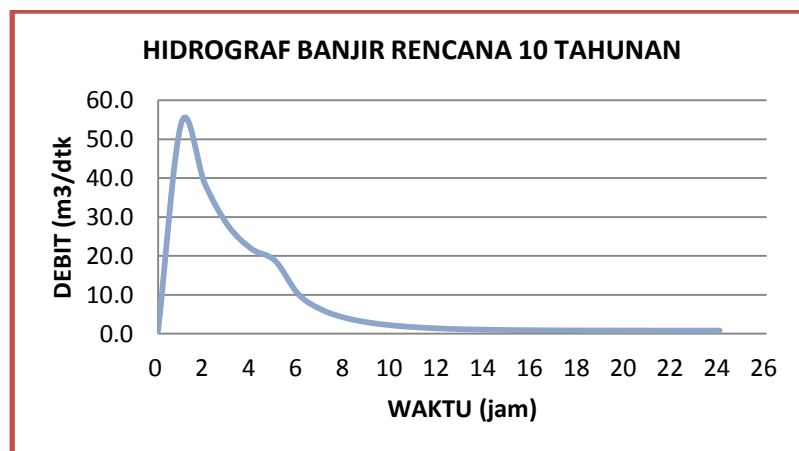


Gambar 4.4 Grafik Hidrograf Banjir Rencana 5 Tahunan

**Tabel 4.17**  
**Ordinat Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahunan**

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 10 TAHUN								
t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Q <sub>f</sub> )	Q banjir (m <sup>3</sup> /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		34.48	9.51	5.94	4.87	4.64		
0	0	0					0.7980	0.7980
1	1.5521	53.5107	0				0.7980	54.3087
2	0.6664	22.9741	14.7616	0			0.7980	38.5337
3	0.3296	11.3645	6.3377	9.2260	0		0.7980	27.7262
4	0.1838	6.3351	3.1350	3.9611	7.5653	0	0.7980	21.7945
5	0.1107	3.8163	1.7476	1.9594	3.2481	7.1963	0.7980	18.7656
6	0.0714	2.4620	1.0528	1.0923	1.6067	3.0896	0.7980	10.1014
7	0.0461	1.5884	0.6792	0.6580	0.8957	1.5283	0.7980	6.1475
8	0.0297	1.0247	0.4382	0.4245	0.5395	0.8520	0.7980	4.0769
9	0.0192	0.6611	0.2827	0.2739	0.3481	0.5132	0.7980	2.8769
10	0.0124	0.4265	0.1824	0.1767	0.2246	0.3311	0.7980	2.1392
11	0.0080	0.2751	0.1177	0.1140	0.1449	0.2136	0.7980	1.6633
12	0.0051	0.1775	0.0759	0.0735	0.0935	0.1378	0.7980	1.3562
13	0.0033	0.1145	0.0490	0.0474	0.0603	0.0889	0.7980	1.1581
14	0.0021	0.0739	0.0316	0.0306	0.0389	0.0574	0.7980	1.0303
15	0.0014	0.0477	0.0204	0.0197	0.0251	0.0370	0.7980	0.9479
16	0.0009	0.0307	0.0131	0.0127	0.0162	0.0239	0.7980	0.8947
17	0.0006	0.0198	0.0085	0.0082	0.0104	0.0154	0.7980	0.8604
18	0.0004	0.0128	0.0055	0.0053	0.0067	0.0099	0.7980	0.8382
19	0.0002	0.0083	0.0035	0.0034	0.0043	0.0064	0.7980	0.8240
20	0.0002	0.0053	0.0023	0.0022	0.0028	0.0041	0.7980	0.8148
21	0.0001	0.0034	0.0015	0.0014	0.0018	0.0027	0.7980	0.8088
22	0.0001	0.0022	0.0009	0.0009	0.0012	0.0017	0.7980	0.8050
23	0.0000	0.0014	0.0006	0.0006	0.0008	0.0011	0.7980	0.8025
24	0.0000	0.0009	0.0004	0.0004	0.0005	0.0007	0.7980	0.8009

Sumber : Hasil Perhitungan

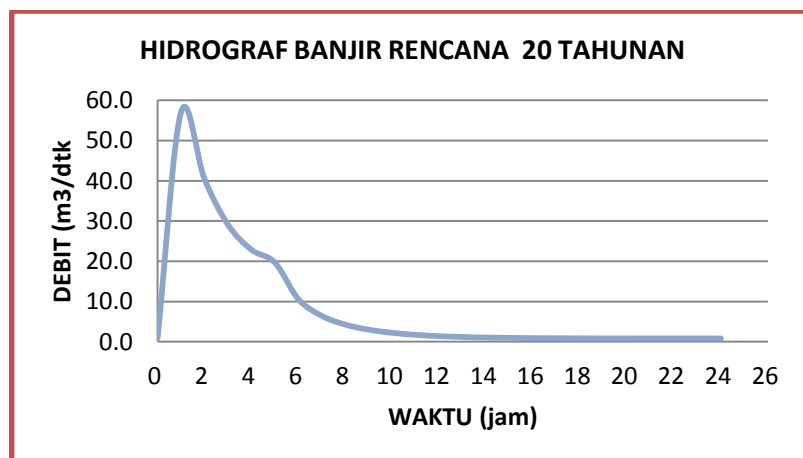


Gambar 4.5 Grafik Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahunan

**Tabel 4.18**  
**Ordinat Hidrograf Banjir Rencana 20 Tahunan**

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 20 TAHUN								
t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Q <sub>f</sub> )	Q banjir (m <sup>3</sup> /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		36.25	10.00	6.25	5.12	4.87		
0	0	0					0.7980	0.7980
1	1.5521	56.2619	0				0.7980	57.0599
2	0.6664	24.1553	15.5205	0			0.7980	40.4739
3	0.3296	11.9488	6.6635	9.7003	0		0.7980	29.1107
4	0.1838	6.6608	3.2962	4.1647	7.9543	0	0.7980	22.8740
5	0.1107	4.0125	1.8375	2.0601	3.4151	7.5663	0.7980	19.6894
6	0.0714	2.5886	1.1069	1.1484	1.6893	3.2485	0.7980	10.5797
7	0.0461	1.6700	0.7141	0.6918	0.9417	1.6069	0.7980	6.4225
8	0.0297	1.0774	0.4607	0.4463	0.5673	0.8958	0.7980	4.2454
9	0.0192	0.6951	0.2972	0.2879	0.3660	0.5396	0.7980	2.9838
10	0.0124	0.4484	0.1917	0.1858	0.2361	0.3481	0.7980	2.2081
11	0.0080	0.2893	0.1237	0.1198	0.1523	0.2246	0.7980	1.7077
12	0.0051	0.1866	0.0798	0.0773	0.0983	0.1449	0.7980	1.3849
13	0.0033	0.1204	0.0515	0.0499	0.0634	0.0935	0.7980	1.1766
14	0.0021	0.0777	0.0332	0.0322	0.0409	0.0603	0.7980	1.0423
15	0.0014	0.0501	0.0214	0.0208	0.0264	0.0389	0.7980	0.9556
16	0.0009	0.0323	0.0138	0.0134	0.0170	0.0251	0.7980	0.8997
17	0.0006	0.0209	0.0089	0.0086	0.0110	0.0162	0.7980	0.8636
18	0.0004	0.0135	0.0058	0.0056	0.0071	0.0104	0.7980	0.8403
19	0.0002	0.0087	0.0037	0.0036	0.0046	0.0067	0.7980	0.8253
20	0.0002	0.0056	0.0024	0.0023	0.0029	0.0043	0.7980	0.8156
21	0.0001	0.0036	0.0015	0.0015	0.0019	0.0028	0.7980	0.8094
22	0.0001	0.0023	0.0010	0.0010	0.0012	0.0018	0.7980	0.8053
23	0.0000	0.0015	0.0006	0.0006	0.0008	0.0012	0.7980	0.8027
24	0.0000	0.0010	0.0004	0.0004	0.0005	0.0008	0.7980	0.8011

Sumber : Hasil Perhitungan

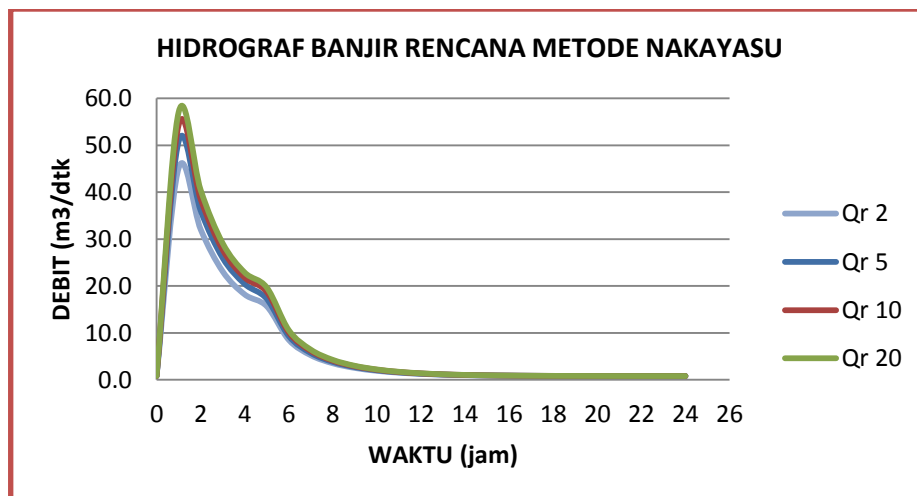


Gambar 4.6 Grafik Hidrograf Banjir Rencana 20 Tahunan

**Tabel 4.19**  
**Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rencana 2, 5, 10, dan 20 Tahunan**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Qr 2 th	Qr 5 th	Qr 10 th	Qr 20 th
0	0	0.798	0.798	0.798	0.798
1	1.5521	45.13517	50.82271	54.30870	57.05994
2	0.6664	32.06452	36.07537	38.53369	40.47386
3	0.3296	23.10979	25.97192	27.72618	29.11068
4	0.1838	18.19501	20.42668	21.79452	22.87405
5	0.1107	15.68537	17.24988	18.76563	19.68943
6	0.0714	8.50647	9.32454	10.10139	10.57972
7	0.0461	5.23041	5.70380	6.14750	6.42254
8	0.0297	3.51476	3.80592	4.07687	4.24545
9	0.0192	2.52052	2.70448	2.87691	2.98380
10	0.0124	1.90926	2.02795	2.13919	2.20814
11	0.0080	1.51492	1.59149	1.66325	1.70774
12	0.0051	1.26051	1.30991	1.35621	1.38491
13	0.0033	1.09638	1.12825	1.15812	1.17664
14	0.0021	0.99050	1.01106	1.03033	1.04227
15	0.0014	0.92219	0.93545	0.94788	0.95559
16	0.0009	0.87812	0.88668	0.89470	0.89967
17	0.0006	0.84969	0.85521	0.86038	0.86359
18	0.0004	0.83135	0.83491	0.83825	0.84031
19	0.0002	0.81951	0.82181	0.82396	0.82530
20	0.0002	0.81188	0.81336	0.81475	0.81561
21	0.0001	0.80695	0.80791	0.80881	0.80936
22	0.0001	0.80378	0.80439	0.80497	0.80533
23	0.0000	0.80173	0.80212	0.80250	0.80273
24	0.0000	0.80040	0.80066	0.80090	0.80105

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.7 Grafik Hidrograf Banjir Rencana Metode Nakayasu

Dari hasil perhitungan metode tersebut, dapat diketahui bahwa dipilihnya perhitungan debit banjir rancangan metode Nakayasu ini, karena metode Nakayasu selain memperhitungkan debit puncak juga memperhitungkan hidrograf banjir tiap jam. sehingga debit banjir rancangan yang digunakan sebagai perencanaan bangunan selanjutnya adalah *Metode Nakayasu*.

## 4.2 Analisa Kebutuhan Air

### 4.2.1. Analisa Evapotranspirasi (Eto)

Evaporasi adalah proses penguapan dari permukaan tanah bebas, sedangkan transpirasi adalah penguapan yang berasal dari tanaman. Jika kedua proses tersebut terjadi secara bersamaan disebut evapotranspirasi. Besar nilai evaporasi dipengaruhi oleh iklim, sedangkan transpirasi dipengaruhi oleh iklim, jenis, varietas serta umur tanaman.

Dalam pekerjaan ini untuk perhitungan evapotranspirasi digunakan Metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia. Berikut adalah contoh perhitungan untuk bulan januari 10 harian pertama dengan menggunakan metode Penman Modifikasi :

➤ Temperatur ( $T^{\circ}$ )

$$T_{\max} = 28.2^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{\min} = 21.4^{\circ} \text{ C}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{mean}} &= (T_{\max} + T_{\min}) / 2 \\ &= (27.2 + 21.4) / 2 = 24.1^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

➤ Kelembapan Relatif (RH)

$$Rh_{\max} = 98.00 \%$$

$$Rh_{\min} = 52.00 \%$$

$$\begin{aligned} Rh_{\text{mean}} &= (98\% + 52\%)/2 \\ &= 78.00 \% \end{aligned}$$

➤ Kecepatan Angin

Kecepatan angin rata-rata 7.7 km/jam atau 184.8 km/hari, kecepatan angin siang (Uday) adalah 70% dan kecepatan angin malam adalah 30% dari kecepatan angin rata-rata.

➤ Lama Penyinaran Matahari

Pengukuran penyinaran matahari 1 hari bersinar 8 jam, maka lama penyinaran matahari adalah  $84.5\% * 8 = 6.8$  jam/hari

➤ Besar (ea –ed)

ea pada temperatur rata-rata  $24.1^{\circ} \text{C} = 29.9$  mbar (*interpolasi tabel 5 pada lampiran*)

$$\begin{aligned} ed &= (ea * Rh_{\text{mean}}) \\ &= 29.9 * 78\% \\ &= 23.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (ea - ed) &= 29.9 - 23.39 \\ &= 6.598 \text{ mbar} \end{aligned}$$

➤ Besar  $F(u)$ 

Faktor korelasi untuk tinggi alat pada 0.5 m

$$U = 1.326 * \text{kecepatan angin dalam km/hari}$$

$$= 1.326 * 184.8$$

$$= 245.05 \text{ km/hari}$$

$$F(u) = 1.067 \text{ m/dtk (interpolasi tabel 7 pada lampiran untuk } U \\ 245.05 \text{ km/hari)}$$

➤ Besar  $(1 - w)$  dan  $w$ 

Diketahui ketinggian tempat +600 m dari permukaan laut

$$(1 - w) = 0.257 \text{ (interpolasi tabel 8 pada lampiran untuk } T_{\text{mean}} \\ 24.1^\circ \text{ C)}$$

$$w = 0.743 \text{ (interpolasi tabel 9 pada lampiran untuk } T_{\text{mean}} \\ 24.1^\circ \text{ C)}$$

➤ Nilai  $R_n$ 

Data lokasi proyek pada garis lintang  $07^\circ 45' 48''$  LS dengan ketinggian +600 m diatas permukaan laut.

$$R_a = 15.95 \text{ mm/hari (Interpolasi tabel 10 pada lampiran)}$$

$$N = 12.42 \text{ mm/hari (Interpolasi tabel 11 pada lampiran)}$$

$$n/N = 6.8 / 12.42 = 0.544$$

$$R_s = (0.25 + (0.5 * 0.544)) * 15.95 = 8.328 \text{ mm/hari}$$

$$R_{ns} = 0.388 * 15.95 = 6.184 \text{ mm/hari}$$

$$F(T) = 15.43 \text{ (interpolasi tabel 13 pada lampiran untuk } T_{mean} \text{ } 24.1^\circ \text{ C)}$$

$$F(ed) = 0.123 \text{ (interpolasi tabel 14 pada lampiran untuk } ed \text{ } 23.39)$$

$$F(n/N) = 0.5943 \text{ (interpolasi tabel 15 pada lampiran untuk } n/N \text{ } 0.54)$$

$$R_{n1} = 15.43 * 0.123 * 0.5943 = 1.1279 \text{ mm/hari}$$

$$R_n = 6.184 / 1.1279 = 5.4829 \text{ mm/hari}$$

➤ Faktor C = 1.087 ((interpolasi tabel 16 pada lampiran untuk  $R_s$  8.328)

➤ Nilai Evapotranspirasi (Eto)

$$E_{to} = c * (w * R_n * (1-w) + F(u) * (ea-ed))$$

$$= 1.087 * (0.743 * 5.4829 * 0.257 * 1.067 * 6.598)$$

$$= 6.396 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.23 berikut :



**Tabel 4.20**  
**Perhitungan Evapotranspirasi**

No	Deskripsi	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	Temperatur max (T max)	0°C	28.2	28.4	28.1	27.9	28	27.1	27.5	27.6	28.9	29.8	28.7	28.3
2	Temperatur min (T min)	0°C	21.4	21.1	20.5	20.6	20.4	18.1	17.8	17	18.9	24.3	20.6	21
3	Temperatur rata-rata (T mean)	0°C	24.1	23.9	23.3	23.4	23.5	22.1	22	21.8	22.8	27.4	24	24
4	Kelembaban relatif max (RH max)	%	98	97	98	97	100	91	96	88	93	94	96	96
5	Kelembaban relatif min (RH min)	%	52	44	52	53	48	45	41	38	38	40	50	54
6	Kelembaban relatif rata-rata (RH mean)	%	78	79	83	82	79	72	72	69	70	71	79	83
7	Kecepatan angin (u)	Km/Hari	184.8	182.4	124.8	117.6	134.4	160.8	163.2	194.4	199.2	184.8	129.6	50.4
8		Km/Jam	7.7	7.6	5.2	4.9	5.6	6.7	6.8	8.1	8.3	7.7	5.4	2.1
9	Kec. Angin Siang (U day)	Km/Hari	129.36	127.68	87.36	82.32	94.08	112.56	114.24	136.08	139.44	129.36	90.72	35.28
10		m/det	1.497	1.478	1.011	0.953	1.089	1.303	1.322	1.575	1.614	1.497	1.050	0.408
11	Kec. Angin Malam (U night)	Km/Hari	55.44	54.72	37.44	35.28	40.32	48.24	48.96	58.32	59.76	55.44	38.88	15.12
12		m/det	0.642	0.633	0.433	0.408	0.467	0.558	0.567	0.675	0.692	0.642	0.450	0.175
13	U day / U night	Km/Hari	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333	2.333
14	Lama Penyinaran Matahari	%	84.5	37.5	38	42.5	56	74.5	81	79.5	79.5	69.5	53	43
15	n	Jam/hari	6.76	3	3.04	3.4	4.48	5.96	6.48	6.36	6.36	5.56	4.24	3.44
16	ea	mbar	29.99	29.63	28.61	28.78	28.95	26.57	26.4	26.1	27.76	36.54	29.8	29.8
17	ed	mbar	23.392	23.408	23.746	23.600	22.871	19.130	19.008	18.009	19.432	25.943	23.542	24.734
18	ea-ed	mbar	6.598	6.222	4.864	5.180	6.080	7.440	7.392	8.091	8.328	10.597	6.258	5.066
19	U (km/hr)*kolerasi	Km/Hari	245.045	244.781	167.482	157.819	180.365	215.794	219.014	260.885	267.326	248.002	173.923	67.637
20	F (u)	m/det	1.068	1.059	0.853	0.827	0.887	0.982	0.990	1.102	1.119	1.068	0.870	0.589
21	i-w		0.257	0.259	0.265	0.264	0.263	0.277	0.278	0.277	0.27	0.224	0.258	0.258
22	w	mbar	0.743	0.741	0.735	0.736	0.737	0.723	0.722	0.723	0.73	0.776	0.742	0.742
23	Ra	mm/hari	15.95	16.05	15.55	14.55	13.25	12.6	12.9	13.85	14.95	15.75	15.9	15.85
24	N	mm/hari	12.42	12.34	12.1	11.92	11.78	11.68	11.72	11.86	12	12.24	12.42	12.52
25	n/N		0.544	0.243	0.251	0.285	0.380	0.510	0.553	0.536	0.530	0.454	0.341	0.275
26	Rs	mm/hari	8.328	5.963	5.841	5.713	5.832	6.365	6.791	7.176	7.699	7.515	6.689	6.140
27	$(1 - \alpha) * (0,25 + (0,50 * (n/N)))$		0.388	0.277	0.280	0.294	0.332	0.374	0.391	0.385	0.382	0.452	0.317	0.290
28	Rns	mm/hari	6.184	4.450	4.362	4.279	4.401	4.714	5.046	5.325	5.711	7.125	5.033	4.595
29	F(T)		15.425	15.38	15.26	15.28	15.3	15.02	15	15.02	15.16	16.18	15.4	15.4
30	F(ed)		0.123	0.123	0.121	0.122	0.126	0.144	0.145	0.150	0.143	0.110	0.122	0.116
31	F(n/N)		0.594	0.323	0.331	0.358	0.444	0.560	0.603	0.586	0.580	0.514	0.411	0.350
32	Rn1	mm/hari	1.128	0.611	0.613	0.668	0.854	1.215	1.311	1.320	1.256	0.918	0.775	0.627
33	Rn	mm/hari	5.483	7.282	7.116	6.408	5.153	3.881	3.849	4.033	4.547	7.764	6.497	7.332
34	c		1.087	0.997	0.994	0.990	0.993	1.010	1.025	1.038	1.056	1.049	1.021	1.003
35	eto	mm/hari	6.396	7.080	6.289	5.790	5.182	4.878	4.933	5.590	6.161	8.982	6.357	6.226

#### 4.2.2. Debit Andalan Metode F. J. Mock

Metode F. J. Mock mempunyai dua prinsip pendekatan perhitungan aliran permukaan yang terjadi di sungai, yaitu neraca air di atas permukaan tanah dan neraca air bawah tanah yang semua berdasarkan hujan, iklim dan kondisi tanah. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung debit andalan ialah persamaan 2.38 – 2.42 dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.23 untuk data hujan tahun 2002 berikut ini :

Parameter yang digunakan :

- $m = 10\% - 40\%$  untuk lahan yg tererosi(diambil 20%)
- Kapasitas kelembaban tanah  $SMC = 200 \text{ mm}$
- DAS  $= 13.07 \text{ km}^2$
- Koefisien infiltrasi ( $i$ )  $= 0-1.0$  (diambil 0.65)
- Faktor resesi aliran air tanah ( $k$ )  $= 0.75$
- Tampungannya air tanah awal ( $V_{n-1}$ )  $= 75 \text{ mm}$

**Tabel 4.24**

**Analisa debit andalan berdasarkan data hujan tahun 2002 dengan metode F. J. Mock**

*TUGAS AKHIR*

### 4.2.3. Kebutuhan air irigasi

Penentuan jumlah air irigasi di perkirakan sebagai berikut :

**a.** Penggunaan konsumtif (ETc)

Perhitungan penggunaan konsumtif air menggunakan persamaan 4.49 di mana koefisien tanaman padi dan palawija di ambil dari table 2.2 berikut contoh perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{ETc} &= Kc * Eto \\ &= 1.18 * 6.396 \\ &= 7.55 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

**b.** Penentuan kebutuhan air untuk pengolahan tanah dan persemaian.

Berdasarkan pengalaman maka dikemukakan beberapa asumsi-asumsi sebagai berikut (Poedjiraharjo,):

- Padi musim hujan                    200 mm
- Padi musim kemarau                150 mm
- Palawija (bila diperlukan)       75 mm

Dalam studi ini di ambil kebutuhan air untuk pengolahan tanah dan persemaian 200 mm untuk padi.

**c.** Perkolasi Lahan

Perkolasi lahan adalah perjalanan air kebawah dari daerah tidak jenuh (Soemarto, 1987 : 80). Melihat tekstur tanah yang ada di lokasi adalah tanah sedang maka angka perkolasi di ambil dari table 2.3 dengan angka perkolasi untuk padi 2 mm/hari dan palawija 4 mm/hari.

**d.** Curah hujan efektif

Untuk perencanaan kebutuhan air irigasi, curah hujan yang dipakai adalah hujan efektif, yaitu bagian hujan yang secara efektif tersedia untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Perhitungan menggunakan persamaan 2.50 dan 2.52, adapun contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Re_{\text{padi}} &= \frac{0,70 * 34.1}{10} \\ &= 2.39 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.25 berikut ini :

*TUGAS AKHIR*

e. Penentuan Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi secara keseluruhan adalah 67% diambil dari table 2.4. table efisiensi irigasi.

f. Perhitungan kebutuhan air disawah, dihitung dengan persamaan 2.52 dan 2.53, adapun contoh perhitungannya sebagai berikut

- Untuk tanaman padi

$$\begin{aligned} \text{NWR} &= 7.55 + 200 + 2 + 2.39 \\ &= 211.93 \text{ mm/hari} \\ &= 2.45 \text{ lt/det/hari} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada table perhitungan kebutuhan air irigasi pada lampiran:

g. Pola Tata Tanam

Secara umum pola tata tanam untuk bulan januari dapat dilihat pada tabel 4.26 :

h. Perhitungan kebutuhan irigasi

Kebutuhan irigasi dihitung dengan persamaan 2.54, adapun contoh perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Dr} &= \frac{\text{NWR}}{\text{Eff} * 8,64} \\ &= \frac{2.45}{0.67 * 8,64} \\ &= 0,42 \text{ lt/det/ha} \end{aligned}$$

Maka dari hasil perhitungan di dapat kebutuhan air maksimum adalah 0,433 lt/det/ha.

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.26 :



## BAB V

### PERENCANAAN TEKNIS EMBUNG

#### 5.1. Lengkung Kapasitas Tampungan Embung

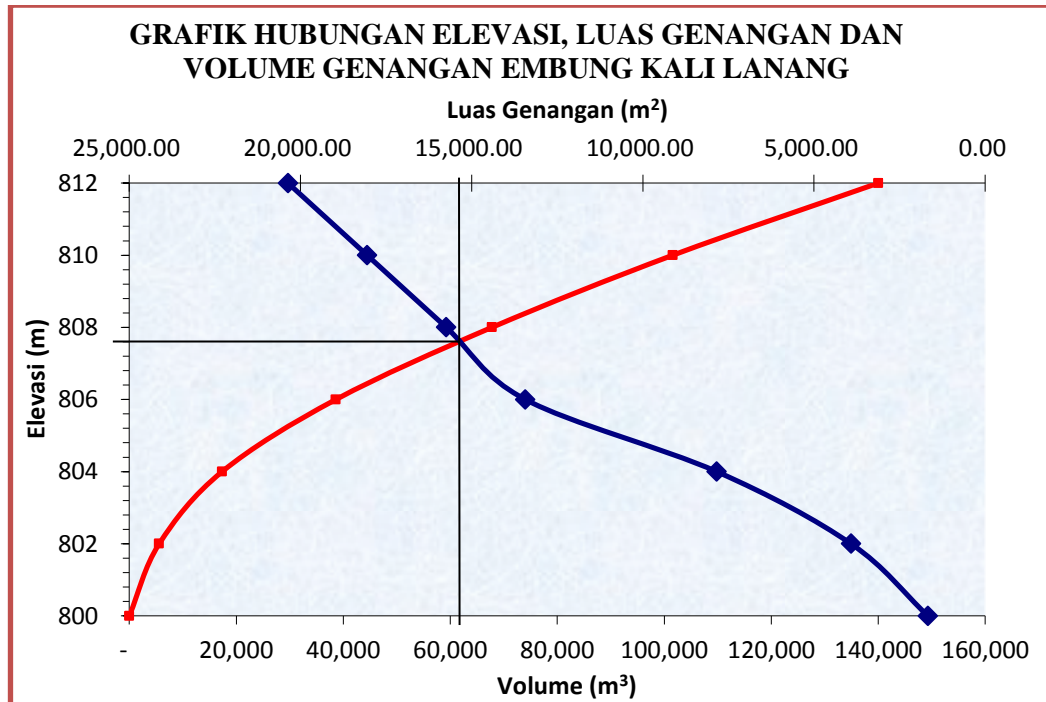
Dalam merencanakan kapasitas tampungan tidak harus terpaku pada suatu desa atau lokasi embung, namun harus memperhitungkan debit/volume air ( $V_h$ ) yang datang serta kemampuan topografi untuk menampung air ( $V_p$ ). Apabila air yang tersedia atau kemampuan topografi kecil maka embung harus didesain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

Berdasarkan pengukuran luas permukaan genangan pada peta topografi, dan analisa volume tampungan selanjutnya di sajikan dalam bentuk tabel dan grafik, berdasarkan data elevasi dengan kapasitas tampungan dan elevasi dengan luas genangan. Grafik dan tabel dapat dilihat pada gambar 5.1 dan tabel 5.1.

**Tabel 5.1**  
**Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tampungan Embung Kali Lanang**

Elevasi	Luas Genangan	Volume Genangan	Kom. Volume Genangan	Luas Genangan
(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(ha)
800.00	1673			-
802.00	3919	5592	5592	0.3919
804.00	7839	11758	17350	0.7839
806.00	13431	21270	38620	1.3431
808.00	15742	29173	67793	1.5742
810.00	18053	33795	101588	1.8053
812.00	20365	38418	140006	2.0365

*Sumber : Hasil Perhitungan*



*Gambar 5.1 Hubungan Elevasi, Luas Genangan, dan Volume Tampungan*

Dari Gambar 5.1 Hubungan elevasi, Luas genangan, dan Volume Tampungan di dapatkan elevasi muka air normal adalah  $\pm 807,80$  m dengan volume tampungan  $64875,70 \text{ m}^3$  dengan luas genangan  $15510,90 \text{ m}^2$  atau  $1,55109$  ha.

Dalam menentukan dimensi bangunan embung didasarkan pada topografi, debit yang tersedia dan debit kebutuhan dan pertimbangan debit andalan yang cukup dan tinggi yang cukup untuk mampu menampung air pada musim hujan. Namun dalam perencanaan ini dipertimbangkan berdasarkan kelayakan ekonomis bangunan, yaitu antara biaya dan manfaat yang diperoleh sesuai kebutuhan.

## 5.2. Elevasi Dead Storage, Mercu Spilway, Tampungan Efektif dan Elevasi Puncak Embung

Dalam menentukan dimensi bangunan embung didasarkan pada topografi, debit yang tersedia dan kebutuhan, dengan pertimbangan debit andalan cukup dan tinggi cukup untuk mampu menampung air pada musim hujan. Namun dalam perencanaan ini dipertimbangkan berdasarkan kelayakan ekonomis bangunan, yaitu antara biaya dan manfaat yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan.

Salah satu permasalahan yang timbul dalam kaitannya dengan tampungan efektif adalah terjadinya pendangkalan dasar embung yang dapat mengakibatkan berkurangnya volume air embung, yang selanjutnya dapat mengurangi kebutuhan air irigasi. Dalam menentukan volume tampungan mati (dead storage) diambil besar sedimentasi yang terjadi di Kota Batu yang di tinjau dari laju erosi yaitu sebesar  $9,019 \text{ m}^3/\text{tahun}$  dengan luas DAS Kali Lanang  $13,07 \text{ Km}^2$  maka volume sedimen pertahun adalah  $117,88 \text{ m}^3$  dan volume sedimen selama 20 tahun sebesar  $2357,57 \text{ m}^3$ .

Tampungan air secara optimal pada musim hujan dan kemudian dioperasikan selama musim kemarau untuk melayani kebutuhan air irigasi.

Perhitungan umur efektif embung sangat dipengaruhi oleh besarnya kebutuhan air dan potensi topografi untuk menampung air yaitu volume maksimum kolam embung yang terbentuk karena dibangun suatu embung.

Hasil perhitungan tampungan efektif embung sesuai dengan kebutuhan air dapat di lihat pada tabel 5.3 :

**Tabel 5.2**  
**Analisa Tampungang Efektif Embung Kali Lanang**

Bulan	Debit Andalan	Vol. Inflow m3/det	Kum. Inflow m3/det	Kebutuhan Air Irigasi m3/det	Vol. Inflow m3/det	Kum. Inflow m3/det	$\Delta$ Volume m3/det
Jan	0.321	859.77	859.77	0.412	1066.68	1066.68	-206.91
	0.311	832.98	1692.75	0.412	1068.45	2135.13	-442.38
	0.401	1074.04	2766.79	0.418	1084.62	3219.74	-452.96
Feb	0.678	1815.43	4582.21	0.422	1094.93	4314.68	267.54
	1.004	2689.19	7271.41	0.412	1068.43	5383.11	1888.30
	0.753	2015.95	9287.36	0.427	1105.81	6488.92	2798.44
Mar	1.078	2887.71	12175.07	0.429	1111.13	7600.06	4575.01
	0.580	1554.46	13729.54	0.425	1101.55	8701.61	5027.93
	0.862	2308.03	16037.57	0.425	1101.18	9802.79	6234.77
Apr	0.657	1758.97	17796.53	0.408	1057.19	10859.98	6936.55
	0.884	2646.26	20442.79	0.420	1089.30	11949.28	8493.52
	0.458	1226.55	21669.35	0.419	1086.52	13035.80	8633.55
Mei	0.841	2251.72	23921.07	0.417	1080.44	14116.24	9804.82
	0.447	1198.32	25119.38	0.416	1077.09	15193.33	9926.05
	0.746	1996.77	27116.15	0.414	1074.24	16267.57	10848.58
Jun	0.473	1266.65	28382.80	0.313	810.48	17078.05	11304.75
	0.676	1809.83	30192.63	0.304	787.76	17865.82	12326.81
	0.446	1195.70	31388.33	0.304	787.73	18653.55	12734.79
Jul	0.708	1895.10	33283.44	0.304	787.73	19441.27	13842.16
	0.490	1311.96	34595.40	0.316	820.20	20261.47	14333.93
	0.682	1826.45	36421.85	0.318	823.01	21084.48	15337.37
Agt	0.798	2137.36	38559.21	0.320	828.86	21913.34	16645.87
	0.770	2062.26	40621.47	0.320	828.28	22741.62	17879.85
	0.798	2137.36	42758.83	0.319	825.68	23567.30	19191.54
Sep	0.815	2183.59	44942.42	0.319	826.68	24393.98	20548.45
	0.554	1483.86	46426.28	0.318	823.17	25217.15	21209.14
	0.847	2268.62	48694.90	0.316	820.29	26037.44	22657.46
Okt	0.572	1532.48	50227.38	0.320	829.62	26867.06	23360.32
	0.871	2332.86	52560.24	0.404	1046.92	27913.98	24646.26
	0.584	1564.49	54124.73	0.426	1105.36	29019.34	25105.39
Nov	0.884	2366.45	56491.18	0.420	1089.93	30109.27	26381.91
	0.568	1520.86	58012.04	0.422	1094.57	31203.84	26808.20
	0.899	2407.90	60419.94	0.428	1110.24	32314.08	28105.86
Des	0.881	2358.90	62778.84	0.431	1115.98	33430.06	29348.78
	0.912	2442.60	65221.44	0.431	1117.70	34547.76	30673.68
	0.680	1821.02	67042.46	0.428	1110.33	35658.09	31384.37
Minimum							-452.96
Maksimum							31384.37
Total Tampungang Efektif							31837.32

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

Debit inflow	= Debit Andalan
Vol.Inflow	= inflow x detik x menit x jam x Jumlah Hari
Kum.Vol.inflow	= Kum.Vol Inflow + Vol.Inflow
Outflow	= Kebutuhan irigasi
Vol.outflow	= outflow x detik x menit x jam x Jumlah Hari
Kum.Vol.outflow	= Kum.Vol.outflow + Vol.outflow
Delta Volume	= Kum.Vol.inflow - Kum.Vol.outflow
Total Tampungn Efektif	= Maksimum – Minimum

**Tabel 5.3**  
**Analisa Tampungn Mati dan Elevasi Mercu Spillway**

Elevasi	Luas Genangan	Luas Genangan Rata-rata	INT. Vol. Tampungn	Total Vol Tampungn	El. Dead Storage	El. Mercu Spillway
800.00	1673.00				<b>800.84</b>	<b>806.86</b>
802.00	3919.00	2796.00	5,592	5592.00		
804.00	7839.00	5879.00	11,758	17350.00		
806.00	13431.00	10635.00	21,270	38620.00		
808.00	15742.00	14586.50	29,173	67793.00		
810.00	18053.00	16897.50	33,795	101588.00		
812.00	20365.00	19209.00	38,418	140006.00		

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Elevasi Dasar sungai	= ± 800,00 m
Debit Sedimen Rerata/tahun	= 117,88 m <sup>3</sup> /tahun
Rencana Umur Efektif Embung	= 20 tahun
Volume Dead Storage	= 2.357,57 m <sup>3</sup>
Elevasi Dead Storage (20)	= ± 800,84 m
Volume pada Elev.Tamp. Efektif	= 34.194,89m <sup>3</sup>
Elevasi Mercu Spillway	= ± 806,86 m
Tinggi Pelimpah	= 6,01 m

### 5.3. Penelusuran banjir (Flood Routing)

Pelimpah yang direncanakan adalah pelimpah terbuka dengan ambang tetap agar dapat mengarahkan dan mengatur aliran serta debit air yang akan melintasi pelimpah, memudahkan pelaksanaan dan juga untuk kestabilan bangunan.

Besarnya kapasitas pengaliran melalui pelimpah dapat diestimasikan dengan persamaan 2.53 sebagai :

$$Q = C * L * H^{3/2}$$

Dimana :

$$C = 2,188 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Pelimpah (L)} = 12 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Pelimpah (P)} = 6.01 \text{ m}$$

$$Q_{20 \text{ th}} = 57.059 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Dimana elevasi puncak pelimpah  $\pm 806.86 \text{ m}$  belum ada air yang melalui pelimpah maka diambil  $H = 0$  selanjutnya interval dipakai 20 cm.

$$H_d = (Q/C * L)^{(2/3)}$$

$$= (57.059/2,188 * 12)^{(2/3)}$$

$$= 1,678$$

$$a = \frac{[(1/1,6) * (2,2 - 0,0416 * (H_d/p)^{0,99} - 1)]}{[2 - (1/1,6) * \{2,2 - 0,0416 * (H_d/P)^{0,99}\}]}$$

$$= \frac{[(1/1,6) * (2,2 - 0,0416 * (1,678/12)^{0,99} - 1)]}{[2 - (1/1,6) * \{2,2 - 0,0416 * (1,678/12)^{0,99}\}]}$$

$$= 0,5815$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5.4

**Tabel 5.4**  
**Elevasi Muka Air dan Kapasitas Spillway**

Elev M.A	H	C	Leff	Q
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
806.86	0.00	1.600	12.00	0.00
807.06	0.20	1.704	11.95	1.82
807.26	0.40	1.795	11.90	5.41
807.46	0.60	1.875	11.86	10.33
807.66	0.80	1.947	11.81	16.45
807.86	1.00	2.012	11.76	23.66
808.06	1.20	2.070	11.71	31.87
808.26	1.40	2.123	11.66	41.02
808.46	1.60	2.171	11.62	51.03
808.66	1.80	2.215	11.57	61.87
808.86	2.00	2.255	11.52	73.48
809.06	2.20	2.292	11.47	85.81
809.26	2.40	2.327	11.42	98.82
809.46	2.60	2.358	11.38	112.48
809.66	2.80	2.388	11.33	126.75
809.86	3.00	2.416	11.28	141.59
810.06	3.20	2.441	11.23	156.97
810.26	3.40	2.466	11.18	172.88
810.46	3.60	2.488	11.14	189.27
810.66	3.80	2.510	11.09	206.12
810.86	4.00	2.530	11.04	223.41
811.06	4.20	2.549	10.99	241.12
811.26	4.40	2.566	10.94	259.23
811.46	4.60	2.583	10.90	277.71
811.66	4.80	2.599	10.85	296.54
811.86	5.00	2.615	10.80	315.71
812.06	5.20	2.629	10.75	335.20

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

H = 0 dengan Interval 20 cm

$C = 1,6 * (1+2*a*(H/Hd)/(1+a*(H/Hd))$

$Leff = L - (0,24*H)$

$Q = H * C * Leff$

**Tabel 5.5**  
**Parameter Debit dan Tampung Embung**

Elev M.A	Q	S	S/Δt	Q/2	ψ	φ
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
806.86	0.00	0	0	0	0	0
807.06	1.82	4570.06	1.269	0.911	0.359	2.180
807.26	5.41	7487.36	2.080	2.703	-0.623	4.782
807.46	10.33	9156.72	2.544	5.167	-2.624	7.711
807.66	16.45	12536.22	3.482	8.227	-4.745	11.709
807.86	23.66	15915.72	4.421	11.830	-7.409	16.251
808.06	31.87	19295.22	5.360	15.935	-10.575	21.295
808.26	41.02	22674.72	6.299	20.508	-14.209	26.806
808.46	51.03	26054.22	7.237	25.517	-18.280	32.754
808.66	61.87	29433.72	8.176	30.936	-22.760	39.112
808.86	73.48	32813.22	9.115	36.740	-27.625	45.854
809.06	85.81	36192.72	10.054	42.905	-32.852	52.959
809.26	98.82	39572.22	10.992	49.412	-38.420	60.404
809.46	112.48	41703.51	11.584	56.241	-44.656	67.825
809.66	126.75	45545.31	12.651	63.374	-50.722	76.025
809.86	141.59	49387.11	13.719	70.794	-57.076	84.513
810.06	156.97	53228.91	14.786	78.487	-63.702	93.273
810.26	172.88	57070.71	15.853	86.438	-70.585	102.291
810.46	189.27	60912.51	16.920	94.634	-77.713	111.554
810.66	206.12	64754.31	17.987	103.060	-85.073	121.048
810.86	223.41	68596.11	19.054	111.707	-92.652	130.761
811.06	241.12	72437.91	20.122	120.561	-100.440	140.683
811.26	259.23	76279.71	21.189	129.614	-108.425	150.802
811.46	277.71	80121.51	22.256	138.853	-116.597	161.109
811.66	296.54	83963.31	23.323	148.270	-124.946	171.593
811.86	315.71	87805.11	24.390	157.855	-133.464	182.245
812.06	335.20	91646.91	25.457	167.599	-142.142	193.057

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Keterangan :

- [1] = Elevasi Mercu Pelimpah
- [2] = Debit yang melalui pelimpah
- [3] = Interpolasi berdasarkan lengkung kapasitas tampungan efektif
- [4] = [3]/3600 ( $\Delta t = 3600$  detik)
- [5] = [2]/2
- [6] = [4] - [5]
- [7] = [4] + [5]



**Tabel 5.6**  
**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)	Elev M.A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
0	0.798				0.00	806.86
1	52.549	26.67	-19.76	6.91	8.34	807.42
2	39.229	45.89	-12.64	33.25	45.21	808.88
3	28.333	33.78	-9.14	24.64	36.25	808.31
4	22.236	25.28	-6.86	18.42	27.11	807.96
5	19.083	20.66	-5.49	15.17	21.89	807.82
6	10.580	14.83	-1.84	12.99	18.09	807.76
7	6.423	8.50	0.16	8.66	10.46	807.65
8	4.245	5.33	1.39	6.73	6.67	807.64
9	2.984	3.61	2.26	5.87	4.65	807.67
10	2.208	2.60	2.92	5.51	3.46	807.72
11	1.708	1.96	3.09	5.05	2.56	807.78
12	1.385	1.55	2.58	4.13	2.12	807.84
13	1.177	1.28	3.03	4.31	1.99	807.91
14	1.042	1.11	3.45	4.56	1.79	807.98
15	0.956	1.00	3.84	4.84	1.65	808.04
16	0.900	0.93	4.21	5.13	1.56	808.11
17	0.864	0.88	4.56	5.44	1.49	808.17
18	0.840	0.85	4.90	5.75	1.45	808.23
19	0.825	0.83	5.23	6.06	1.41	808.29
20	0.816	0.82	5.55	6.37	1.39	808.35
21	0.809	0.81	5.86	6.67	1.37	808.41
22	0.805	0.81	6.16	6.97	1.35	808.47
23	0.803	0.80	6.46	7.26	1.33	808.53
24	0.801	0.80	6.75	7.55	1.32	808.58

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Keterangan :

[1] = Waktu penelusuran banjir

[2] = Debit Inflow

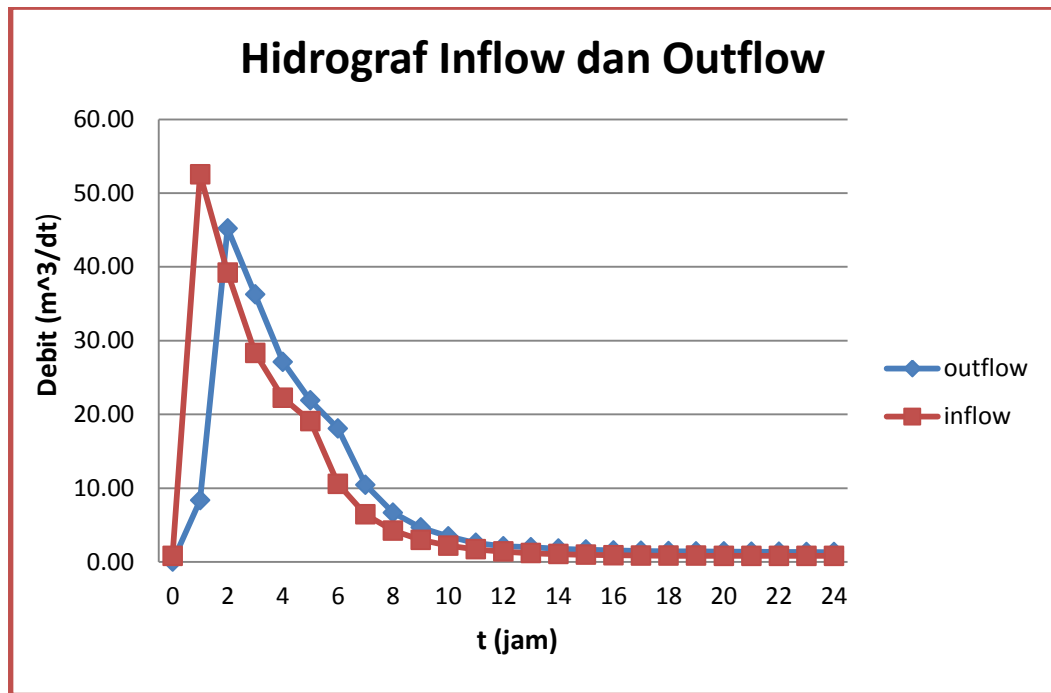
[3] = Debit Inflow rata-rata

[4] = Interpolasi antara kolom 2 dan kolom 6 pada tabel 5.5 berdasarkan [2]

[5] = [3] + [4]

[6] = Interpolasi antara kolom 2 dan kolom 7 pada tabel 5.5 berdasarkan [5]

[7] = Interpolasi antara kolom 1 dan kolom 2 pada tabel 5.5 berdasarkan [6]



Gambar 5.2 Grafik Inflow dan Outflow

#### 5.4. Tipe Tubuh Embung

Kondisi lapisan tanah dan jenis bebatuan di alur sungai, serta di daerah sekitar lokasi embung terdapat bahan urugan tanah yang berkualitas dan kuantitasnya tersedia dan kemiringan sungai yang tidak terlalu lebar maka embung tipe urugan homogen merupakan alternatif yang memungkinkan untuk pembangunan di lokasi tersebut (*lihat tabel 2.5*)

#### 5.5. Tinggi Jagaan Embung

Tinggi jagaan embung ditentukan berdasarkan tabel 2.8 diambil sesuai dengan tipe tubuh embung yaitu homogen, sebesar = 0,50 m.

### 5.6. Tinggi Tubuh Embung

Tinggi tubuh embung Glagah dapat ddihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_d = H_k + H_b + H_f$$

Berdasarkan penelusuran banjir melalui embung diketahui bahwa :

$$H_d = \text{tinggi tubuh embung desain (m)}$$

$$H_k = 6,01 \text{ m pada elevasi } \pm 806.86 \text{ m (tinggi muka air kolam pada kondisi penuh (m))}$$

$$H_b = 2,86 \text{ m pada elevasi } \pm 808,87 \text{ m (tinggi tampungan banjir)}$$

$$H_f = 0,50 \text{ (tinggi Jagaan)}$$

$$H_d = (6,01 + 2,86 + 0,50) = 9.37 \text{ m}$$

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

$$H_d = (6,01 + 2.86 + 0,50 + 0,25) = 9.62 \text{ m)}$$

### 5.7. Lebar Puncak Embung

Lebar puncak embung kali lanang ditentukan berdasarkan tabel 2.6 yaitu untuk tipe urugan tanah dengan tinggi 5,00 m s/d 10,00 m dengan ketentuan yang ada dilihat dari tinggi embung kali kanang yang tingginya 9.62 m maka lebar puncak embung adalah tiga meter (3 m).

### 5.8. Kemiringan Lereng Embung

Kemiringan lereng embung Kali Lanang ditentukan berdasarkan tabel 2.7 untuk tipe urugan tanah yaitu bagian hulu 1: 3,00 dan bagian hilir 1: 2,25 dengan ketinggian 9.62 m

### 5.9. Analisa Stabilitas Embung Terhadap Aliran Filtrasi

#### 5.9.1. Formasi garis depresi tubuh embung kondisi sesuai dengan garis parabola

Analisa stabilitas terhadap aliran filtrasi dengan melakukan 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 Kali Lanang digunakan data-data sebagai berikut :

- Elevasi muka air banjir  $\pm 808.87$  m
- Elevasi mercu pelimpah  $\pm 808.86$  m
- Kemiringan lereng tubuh embung bagian hulu 1 : 3

Penentuan garis aliran sebagai berikut :

$$L_1 = (808.87 - 800.00) \times 3 = 26.61 \text{ m}$$

$$L_2 = 53.51 - 26.61 = 26.9 \text{ m}$$

$$0.3 \times L_1 = 0.3 \times 26.61 = 7.98 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} d &= L_2 + 0.3 \times L_1 \\ &= 26.9 + 7.98 = 34.88 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d = \sqrt{8.87^2 + 34.88^2} - 34.88 = 1.11 \text{ m}$$

$$a_0 = \frac{y_0}{2} = \frac{1.11}{2} = 0.56 \text{ m}$$

Parabola bentuk dasar dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$y = \sqrt{2 \times y_0 \times X + y_0^2} = \sqrt{2 \times 1.11 \times X + 1.11^2}$$

Dari persamaan tersebut akan di peroleh koordinat parabola dasar sebagai berikut :

**Tabel 5.7**  
**Koordinat Parabola Garis Depresi**

X (m)	Y (m)
- 0.56	0.000
0.00	1.11
4.00	3.179
8.00	4.358
12.00	5.279
16.00	6.062
20.00	6.755
24.00	7.383
28.00	7.962
32.00	8.501
34.88	8.869

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari hasil perhitungan di dapat garis depresi aliran yang keluar melalui lereng hilir embung sehingga tidak aman terhadap bangunan untuk itu perlu digunakan drainase kaki maupun drainase alas.

Permukaan air yang keluar dapat di hitung sebagai berikut :

$$\alpha = 24^\circ \implies \text{sehingga } C = 0$$

maka :

$$\alpha = 24^\circ \implies \alpha + \Delta a = \frac{y_0}{(1 - \cos \alpha)} = \frac{1.11}{(1 - \cos 24)} = 12.839$$

### 5.9.2. Formasi garis depresi tubuh embung kondisi dengan drainase kaki

Di ketahui :

$$h = 8.87 \text{ m}$$

$$L_1 = 26.61 \text{ m}$$

$$L_2 = 26.9 - 5 = 21.9 \text{ m}$$

$$\alpha = 135^\circ$$

$$d = L_2 + 0.3 \times L_1 = 21.9 + 0.3 \times 26.61 = 29.88 \text{ m}$$

Maka :

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d = \sqrt{8.87^2 + 29.88^2} - 29.88 = 1.29 \text{ m}$$

$$a_0 = \frac{y_0}{2} = \frac{1.29}{2} = 0.65 \text{ m}$$

Parabola bentuk dasar dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} y &= \sqrt{2 \times y_0 \times X + y_0^2} \\ &= \sqrt{2 \times 1.29 \times X + 1.29^2} \end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut akan di peroleh koordinat parabola dasar sebagai berikut :

**Tabel 5.8**  
**Koordinat Parabola Garis Depresi**  
**Dengan Drainase Kaki**

X (m)	Y (m)
- 0.65	0.000
0.00	1.29
3.00	3.067
6.00	4.141
9.00	4.988
12.00	5.712
15.00	6.353
18.00	6.936
21.00	7.473
24.00	7.974
27.00	8.445
29.88	8.874

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Permukaan air yang keluar dapat di hitung sebagai berikut :

$$\text{untuk } \alpha = 135^\circ \text{ maka berdasarkan grafik di dapat nilai } C = \frac{a}{a + \Delta a} = 0.15$$

maka dapat di tentukan nilai:

$$\alpha + \Delta a = \frac{y_0}{(1 - \cos \alpha)} = \frac{1.29}{(1 - \cos 135)} = 0.755$$

$$0.15 = \frac{\Delta a}{0.755}$$

Sehingga di dapat nilai :

$$\Delta a = 0.15 \times 0.755 = 0.113$$

$$\alpha = 0.755 - 0.113 = 0.642$$

### 5.9.3. Jaringan trayektori aliran filtrasi

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

$$N_f = 3$$

$$N_p = 7$$

$$K = 3.0 \times 10^{-9} \text{ m/dtk}$$

$$H = 8.87 \text{ m (tinggi muka air banjir)}$$

$$L = 53.51 \text{ m}$$

Sehingga kapasitas aliran filtrasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

$$\begin{aligned} Q_f &= \left( \frac{3}{7} \right) \times 3.0 \times 10^{-9} \times 8.87 \times 53.51 \\ &= (6.102 \times 10^{-8}) \times (24 \times 60 \times 60) \\ &= 0,00527 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q_{f \text{ ijin}} &= 5\% \times \text{Volume tampungan efektif} \\ &= 0,05 \times 34194.89 \\ &= 1709.744 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



$$= \frac{1709.744}{(24 \times 60 \times 60)}$$

$$= 0,0197 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dari aliran filtrasi yang terjadi  $Q_f = 0,00527 \text{ m}^3/\text{hari} < Q_{f_{ijin}} = 0,0197 \text{ m}^3/\text{hari}$  sehingga stabilitas embung terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman.

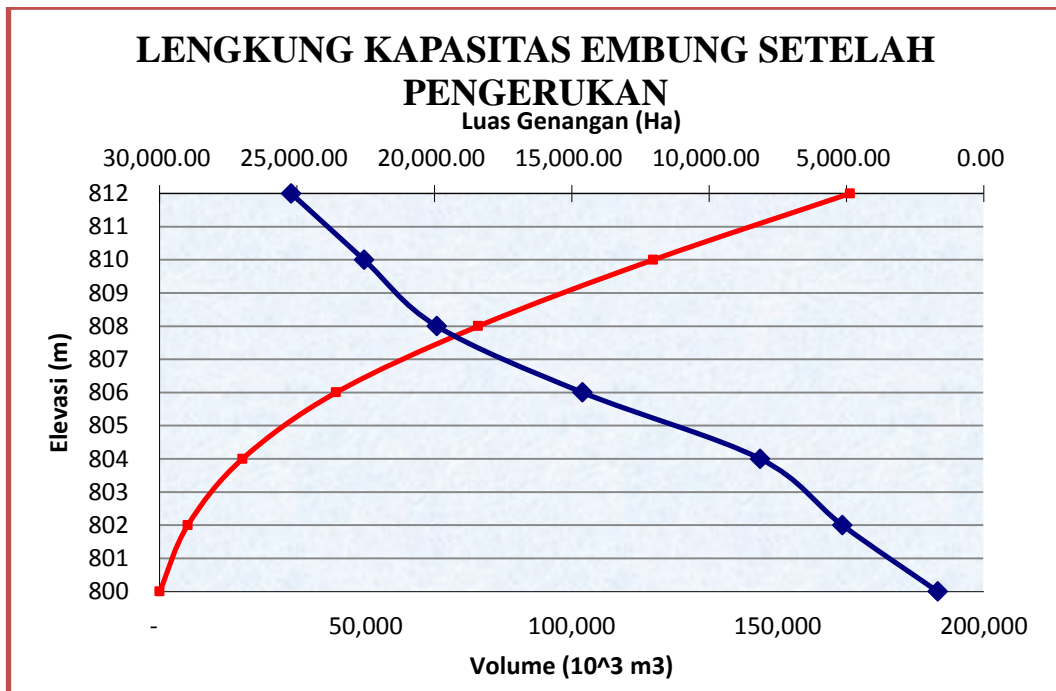
### 5.10. Volume Tampungan Setelah Embung Selesai Di Bangun

Berdasarkan volume galian untuk urugan embung sebesar  $4.845,48 \text{ m}^3$  yang di ambil dari lokasi didepan embung, maka volume teampungan embung bertambah besar dan analisa volume tampungan selanjutnya di sajikan dalam bentuk tabel dan grafik, berdasarkan data elevasi dengan kapasitas tampungan dan elevasi denagan luas genagan. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.7 dan gambar 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.9**  
**Lengkung Kapasitas Tampungan Setelah Pengerukan**

Elevasi	Luas Genangan	Volume Genangan	Kom. Volume Genangan	Luas Genangan
(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(ha)
800.00	1673			-
802.00	5142	6815	6815	0.5142
804.00	8134	13276	20091	0.8134
806.00	14602	22736	42827	1.4602
808.00	19352	33954	76781	1.9352
810.00	21726	41078	117858	2.1726
812.00	25210	45827	163686	2.4101

Sumber : Hasil Perhitungan



*Gambar 5.3 Grafik Hubungan Elevasi, Luas Genangan, dan Volume Tampungan Setelah Pengerukan*

Dari Tabel Lengkung kapasitas embung setelah pengerukan maka volume tampungan embung pada elevasi  $\pm 807,80$  m menjadi  $73884,20 \text{ m}^3$  dengan luas genangan  $19640,80 \text{ m}^2$  atau  $1,964 \text{ ha}$ , yang sebelum penggerukan volume tampungannya adalah  $64875,70 \text{ m}^3$  dengan luas genangan  $15510,90 \text{ m}^2$  atau  $1,55109 \text{ ha}$ .

### 5.11. Elevasi Dead Storage dan Mercu Spilway Setelah Embung Jadi

Salah satu permasalahan yang timbul dalam kaitannya dengan tampungan efektif adalah terjadinya pendangkalan dasar embung yang dapat mengakibatkan berkurangnya volume air embung, yang selanjutnya dapat mengurangi kebutuhan air irigasi. Dalam menentukan besar dead storage diambil besar sedimentasi yang terjadi di Kota Batu yang ditinjau dari laju erosi yaitu sebesar  $9,019 \text{ m}^3/\text{Thn}$

dengan luas DAS Kali Lanang 13,07 Km<sup>2</sup> maka volume sedimen pertahun adalah 117,88 m<sup>3</sup> dan selama 20 tahun sebesar 2.357,57 m<sup>3</sup>.

Dari grafik 5.4 maka di dapatkan volume dead storage pada elevasi ± 800,84 m bertambah sebesar 504,73 m<sup>3</sup> dari volume daed storage sebelumnya yaitu 2.357,57 m<sup>3</sup> menjadi 2.862,30 m<sup>3</sup>.

Perubahan ini terjadi disebabkan volume tampungan yang bertambah besar karena adanya pengerukan tanah di dalam tampungan embung yang di gunakan untuk bahan urugan embung. Jadi dengan bertambahnya volume tampungan embung maka umur efektif embung akan bertambah lebih lama. Untuk mengetahui berapa lama umur efektif embung bertambah adalah dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \frac{[\text{Volume daed storage setelah} - \text{vol dead strage sebelum}]}{[\text{Volume sedimen pertahun}]} \\ &= \frac{2862,30 - 2357,57}{117,88} \\ &= 4,28 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi umur efektif embung bertambah 4,28 tahun menjadi 24,8 tahun.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1. Kesimpulan

- Kebutuhan air irigasi maksimum selama 1 tahun dengan periode tanam 10 harian sebesar 0.433 Liter/dtk/Ha.
- Berdasarkan analisa hidrologi dihasilkan besarnya debit banjir rancangan dengan kala ulang 20 thn ( $Q_{20}$ ) sebesar  $57.059 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
- Besarnya volume tampungan efektif embung setelah jadi adalah  $73.884,20 \text{ m}^3$  dengan luas genangan  $19640,80 \text{ m}^2$  atau 1,964 ha
- Dari analisa pada bab sebelumnya dapat diketahui dimensi ukuran rencana embung ialah :
  - Embung urugan tipe homogen
  - El. Dasar sungai =  $\pm 800,00$
  - Lebar puncak embung = 3,00 m
  - Kemiringan lereng embung
    - Bagian hulu = 1: 3
    - Bagian hilir = 1 : 2,25
  - Tinggi Jagaan = 0,50 m
  - Tinggi tubuh embung = 8,77 m

#### 6.2. Saran

1. Pada perencanaan Embung Kali Lanang terdapat kelebihan air disarankan sebaiknya dipergunakan untuk keperluan lain.

2. Keseriusan serta kemauan dalam proses pengerjaan studi sangat diperlukan, mengingat dalam perencanaan serta analisa perhitungan mulai awal hingga akhir kita dituntut untuk selalu teliti dalam pengerjaannya.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN  
KAPASITAS PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN BANJIR  
DAS KALI LANANG

Nama : AMIRUDIN

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1 KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR

Dosen Pembimbing 1 : DR. Ir. KUSTAMAR., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	21/1/13	pola & rencana taman rekreasi Candi	
2	26/1/13	Cele dudukan kelompok & Jalan	
		 Kapasitas sungai & rencana & polder jalan dari kedar II	





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN  
KAPASITAS PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN BANJIR  
DAS KALI LANANG

Nama : AMIRUDIN

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1 KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR

Dosen Pembimbing 1 : DR. Ir. KUSTAMAR., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	2/1 '13	Das I, Caku Bler Sipubae: Cagittan dalin daku → poligon → dgh.	
2	8/1 '13	→ poligon; 2da. → pilih Guel/4? → but pudes: Cawa kapak. Guby teni Ulin Veeau	
3	10/1 '13	$E = ?$ $TR =$ $BF =$ daku daku	





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang



LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN  
KAPASITAS PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN BANJIR  
DAS KALI LANANG

Nama : AMIRUDIN

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1 KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR

Dosen Pembimbing 1 : DR. Ir. KUSTAMAR., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	2/2'13	Capth. Pellen Ruten Kads.. "teyng" salla "di keruh."	
	7/2'13	lpt diseminikan	





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN  
KAPASITAS PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN BANJIR  
DAS KALI LANANG

Nama : AMIRUDIN

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1 KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR

Dosen Pembimbing 2 : Ir. Endro Yuwono., MT

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1	05 01 '13	Lokasi study dilengkapi! Nama & da'gbr/peta. lanjutan!	
2	23 01 '13	- Bab I. diperiksa kembali ama penulisiannya! - Perbaiki Poligon Thiessen! - Metode penulisan lengkap dg flowchart. - Perhitungan Evaporasi + kebutuhan Air → dilengkapi!	
3	31 01 '13	- Kebutuhan Air → tabel hitung diperbaiki - Periksa kembali tabel Kebutuhan Air lagi	



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**

**RENCANA EMBUNG KALI LANANG UNTUK MENINGKATKAN  
KAPASITAS PENYEDIAAN AIR IRIGASI DAN PENGENDALIAN BANJIR  
DAS KALI LANANG**

Nama : AMIRUDIN

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1 KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR

Dosen Pembimbing 2 : Ir. Endro Yuwono., MT

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN
	05/01/13	Tinggi Embung Hitungan di lengkapi Lanjutan Renc. Design Embung	
	07/01/13	Rencana Design Embung di lengkapi → skala - detail gambar Lanjutan masalah Semin	





**FORM REVISI / PERBAIKAN  
 BIDANG**

Nama : AMIRUDIN  
 NIM : 05.23.003  
 Hari / tanggal : KAMIS / 21 Februari 2013

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

- 1. Gambar 3 Rencana Embry potongan memanjang & melintang blm ada → denah & diperbaiki lagi
- 2. Sempurnakan perhitungan & gambar stabilitas perencanaan embangnya
- 3. Sumber 2 pd tabel dicetak / diperbaiki penulisannya (judul, tm parafit, halaman)
- 4. Perluasan penelusuran bayir Flood Rontj bahwa debit seharusnya 52,578 kade 56,61 ? → cek perluasan ke belakang
- 5. Daftar pustaka diteliti & harus ada

*perbaiki dulu Revisinya*  
*[Signature]*  
*[Signature]*

Perbaiki Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari tertinggal sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 04 - 04, 2013.  
 Dosen Penguji

*[Signature]*  
 ( ERNI YULIANTI, ST. MT. )

Malang, 21 Februari 2013  
 Dosen Penguji

*[Signature]*  
 ( ERNI YULIANTI, ST. MT. )





**FORM REVISI / PERBAIKAN**  
**BIDANG KEAIRAN**

Nama : AMIRUDIN  
NIM : 08.23.009  
Hari / tanggal : KamU / 21-02-2013

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Bagan alir Perbaiki  
Ae Perhitungannya  
Perbaiki Guai Saram

Ae 13/2/13

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, \_\_\_\_\_ 2013  
Dosen Penguji

(\_\_\_\_\_)

Malang, \_\_\_\_\_ 20  
Dosen Penguji

(\_\_\_\_\_)







**BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
STASIUN KLIMATOLOGI KARANGPLOSO**

Jl. Zentana No.33 Karangploso Malang  
Telp : (0341) 464827, 461585 ; Fax : (0341) 464827 ; Email : zentana33@yahoo.com , Website : staklimkarangploso.net

**DATA KLIMATOLOGI TAHUN 2007**

Nama Pos : *Staklim Karangploso*  
Koordinat : *07° 45' 48" LS*  
*112° 35' 48" BT*

Desa : *Ngijo*  
Kecamatan : *Karangploso*  
Kabupaten : *Malang*  
Tinggi : *600 m*

No	Unsur Klimatologi	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Temp. Rata-rata	°C	23,8	23,7	23,5	23,8	23,8	23,1	22,2	21,7	22,7	24,4	23,9	23,6
	Temp. Maximum	°C	28,5	28,6	28,0	28,6	29,1	27,9	27,5	26,8	28,5	30,1	29,0	28,2
	Temp. Minimum	°C	20,4	20,9	21,2	20,8	20,1	19,7	18,8	17,8	17,7	19,7	20,3	20,6
	Temp. Max. Absolut	°C	30,0	20,1	30,6	29,5	30,4	28,7	29,3	29,9	30,3	32,0	30,8	32,0
	Temp. Min. Absolut	°C	18,3	19,5	18,2	19,7	18,0	16,8	16,0	14,3	15,2	18,0	19,0	19,6
2	Lembab Nisbi Rata-rata	%	78	82	84	83	75	75	73,0	73	71	71	79	83
	Lembab Nisbi Maximum	%	98	97	98	97	90	91	91	95	92	88	96	100
	Lembab Nisbi Minimum	%	48	52	42	53	43	60	48	44	27	40	47	55
3	Curah Hujan	Millimeter	129	182	173	235	6	15	7	1	10	61	272	423
	Hari Hujan	Hari	12	22	24	22	8	9	5	4	3	6	16	26
4	Hujan Maximum	Millimeter	46	37	30	63	3	5	4	1	10	33	56	81
	Tanggal Hujan Maximum		21	18	20	2	7	4	14	4	6	9	3	20
5	Penyinaran Matahari	%	59	55	75	64	75	69	81	79	89	84	78	45
	Radiasi Matahari	Kal/cm2	369,1	329,7	256,4	349,3	377,9	356,0	341,9	331,3	378,4	400,9	374,4	280,4
6	Penguapan	Millimeter	129	106,5	87,5	108,7	138,4	118,9	136,7	142,8	174,8	175,3	147,7	112,6
	Kecepatan Angin	Km/Jam	7,5	6,3	7,7	7,2	9,0	5,4	7,2	10,8	11,0	6,0	9,0	9,0
7	Arah Angin Terbanyak	Mt angin	S	S	T	T	T	S	S	S	S	S	S	T
	Kec. Angin Maximum	Km/Jam	46,8/S	28,8/S	32,4/U	36,0/T	32,4/T	21,6/T	32,4/T	28,8/S	28,8/S	16,0/T	25,2/S	36/B
	Tekanan Udara Rata-rata	Millibar	948,3	947,9	946,4	947,9	948,4	947,0	948,8	948,8	949,5	949,3	948,7	947,8
	Tekanan Udara Maximum	Millibar	950,2	950,5	948,9	949,3	950,3	949,4	951,2	951,2	950,6	952,0	950,4	945,5
	Tekanan Udara Minimum	Millibar	944,1	945,7	941,6	946,5	946,5	942,8	947,0	948,4	946,8	945,7	950,4	943,7





**BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
STASIUN KLIMATOLOGI KARANGPLOSO**

Jl. Zentana No.33 Karangploso Malang  
Telp : (0341) 464827, 461595 ; Fax : (0341) 464827 ; Email : zentana33@yahoo.com , Website : staklimkarangploso.net

**DATA KLIMATOLOGI TAHUN 2010**

Nama Pos : *Stasiun Karangploso* Desa : *Ngijo*  
 Koordinat : *07° 45' 48" LS* Kecamatan : *Karangploso*  
*112° 35' 48" BT* Kabupaten : *Malang*  
 Tinggi : *600 m*

No	Unsur Klimatologi	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
1	Temp. Rata-rata	°C	23,8	24,0	24,4	23,9	24,5	23,8	23,2	23,4	23,8	24,1	24,4	23,8
	Temp. Maximum	°C	28,4	29,0	29,2	28,7	28,7	28,3	28,6	28,2	28,3	28,6	28,9	28,0
	Temp. Minimum	°C	21,1	21,2	21,6	21,3	21,9	20,6	19,8	19,9	20,8	20,9	20,8	21,0
	Temp. Max. Absolut	°C	30,3	30,3	30,4	29,9	30,2	30,1	30,2	29,4	30,6	30,2	30,0	29,6
	Temp. Min. Absolut	°C	19,9	19,8	19,8	20,2	20,4	18,0	18,2	18,2	19,0	18,9	18,4	18,6
2	Lembab Nisbi Rata-rata	%	83	84	83	86	83	80	81,0	78	80	80	78	82
	Lembab Nisbi Maximum	%	99	98	98	97	98	94	98	94	96	98	99	97
	Lembab Nisbi Minimum	%	48	53	56	59	57	46	62	64	55	47	45	51
3	Curah Hujan	Millimeter	346	219	352	525,7	348,8	30	93	134	187	142	466	261
	Hari Hujan	Hari	29	23	22	27	25	11	9	11	19	16	20	24
	Hujan Maximum	Millimeter	59	32,1	152	67,7	58,4	9	33	39	52	32	131	45
	Tanggal Hujan Maximum		26	7	5	9	5	11	12	31	13	22	8	6
4	Penyinaran Matahari	%	44	55	59	56	54	67	72	82	67	66	59	35
5	Radiasi Matahari	Kal/cm2	322,6	333,8	337,5	365,9	303,7	315,0	326,1	369,4	348,0	367,9	361,1	289,8
6	Penguapan	Millimeter	104,4	101,5	134,6	96,1	106,2	111,9	116,2	133,6	126,6	130,9	122,7	98,7
	Kecepatan Angin	Km/Jam	4,1	4,9	5,8	16,0	7,0	4,7	4,1	5,2	4,5	7,2	5,2	4,0
	Arah Angin Terbanyak	Mt angin	S	T	T	T	T	S	S	S	S	S	S	S
	Kec. Angin Maximum	Km/Jam	27/B	21,6/T	28,8	25,2/T	36/TL	30,6/TL	28,8/T	36,0/TL	28,8/S	46,0/U	43,2/TL	45,0/S
7	Tekanan Udara Rata-rata	Millibar	946,0	946,6	946,5	946,0	944,8	946,5	946,4	946,7	946,2	945,6	945,2	945,0
	Tekanan Udara Maximum	Millibar	948,5	948,0	951,1	948,0	947,9	947,9	948,9	948,7	947,7	947,3	947,4	947,2
	Tekanan Udara Minimum	Millibar	943,3	945,1	943,8	944,0	941,3	945,3	943,6	945,2	944,8	943,8	942,9	941,0



Dharmasulistiyorini, Sp  
 20820 199503 2 001









INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp.(0341) 551431 Malang 65145

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Amirudin**  
NIM : **08.23.003**  
Program Studi : **TEKNIK SIPIL S-1/KONSENTRASI TEKNIK SUMBERDAYA AIR**  
Fakultas : **TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“Rencana Embung Kali Lanang Untuk Meningkatkan Kapasitas Penyediaan Air Irigasi dan Pengendalian Banjir DAS Kali Lanang Kota Batu”** adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya yang tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, April 2013  
Yang membuat pernyataan,

  
(Amirudin) 