

## PENELUSURAN BANJIR PADA EMBUNG LAMBADEUK KABUPATEN ACEH BESAR

Tithan Radityo<sup>1</sup>, Masimin<sup>2</sup>, Eldina Fatimah<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,  
email: tithanradityo@gmail.com

<sup>2,3)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,  
email: masimin\_mas@yahoo.com<sup>2</sup>, eldinafatimah@unsyiah.ac.id<sup>3</sup>

**Abstract:** *Lambadeuk Dam whose construction was completed in 2013. The main source of water from Lambadeuk Dam comes from a river channel located in the Lambadeuk mountain area which has a wide watershed of  $\pm 3,1 \text{ Km}^2$ , with the storage reservoir is  $\pm 6 \text{ Ha}$ . This study is intended to recalculate the flood discharge plan and re-analyze flood tracking. To calculate the duration of hour-time rain used Alternating Block Method that converts hourly rain. A procedure is needed to determine the flow time and flow at a point on a flow based on a known hydrograph upstream. So flooding in the dam can be calculated the form hydrograph flood in the downstream using Hidrograf Unit Synthetic SCS. Flood search analysis in the dam using Level Pool Routing method. With a rain of 1.000 year repeat period of 268,102 mm. The flood discharge of the  $Q_{1000}$  plan is  $59,772 \text{ m}^3/\text{s}$ . Has a storage capacity of  $258.992,80 \text{ m}^3$  at  $+17.80 \text{ m}$  elevation. The peak inflow of  $59,772 \text{ m}^3/\text{s}$  occurred at 11,7 hours. Dam can reduce the outflow to  $42,552 \text{ m}^3/\text{s}$  and slow down the peak flow until the hour to 12,35, water level above the overflow ( $H_d$ ) is 1,6 m with a width of 10 m spill. Thus the highest water elevation is at  $+ 19,40 \text{ m}$ , if taken free board of 2 m, then the crest embung elevation is at  $+ 21,40 \text{ m}$ . Continuous rain does not cause the water level of the pond to continue rising. From the results of this study can be concluded that when the peak rain conditions dam only able to accommodate the amount of flowing flow until the hour to 12,35 only. The results of this study are expected to provide information for flood forecasting and flood early warning system and support flood prevention programs both physically and non-physically.*

**Keywords :** *dam, flood routing, level pool routing*

**Abstrak:** Embung Lambadeuk selesai dibangun tahun 2013. Sumber air utama embung Lambadeuk berasal dari alur yang berada di kawasan pegunungan Lambadeuk yang mempunyai luas DAS sebesar  $\pm 3,1 \text{ Km}^2$ , dengan luas genangan  $\pm 6 \text{ Ha}$ . Penelitian ini dimaksudkan untuk menghitung kembali debit banjir rencana dan menganalisis kembali penelusuran banjir. Untuk menghitung durasi hujan jam-jaman digunakan *Alternating Block Method* yang mengkonversi hujan jam-jaman. Perlu dilakukan suatu prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui di sebelah hulu. Maka dilakukan penelusuran banjir di embung agar dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di bagian hilirnya menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik SCS. Analisis penelusuran banjir di embung menggunakan metode *Level Pool Routing*. Dengan hujan rencana periode ulang 1000 tahun sebesar 268,102 mm. Debit banjir rencana  $Q_{1000}$  didapat sebesar  $59,772 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Memiliki kapasitas tampungan sebesar  $258.992,80 \text{ m}^3$  pada elevasi  $+17,80 \text{ m}$ . Puncak aliran masuk (*inflow*) sebesar  $59,772 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi pada jam ke 11,7. Embung dapat mereduksi aliran yang keluar (*outflow*) menjadi  $42,552 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan memperlambat terjadinya aliran puncak sampai pada jam ke 12,35, ketinggian air di atas pelimpah ( $H_d$ ) adalah 1,6 m dengan lebar pelimpah 10 m. Dengan demikian elevasi air tertinggi berada pada  $+ 19,40 \text{ m}$ , jika diambil tinggi jagaan (*free board*) sebesar 2,0 m, maka elevasi *crest* embung berada pada  $+21,40 \text{ m}$ . Hujan yang terus menerus tidak menyebabkan tinggi muka air embung terus menerus naik. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa saat kondisi hujan embung hanya mampu menampung jumlah debit yang mengalir

sampai pada jam ke 12,35 saja. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi untuk peramalan banjir dan sistem peringatan dini banjir dan mendukung program-program penanggulangan banjir baik secara fisik maupun nonfisik.

**Kata kunci :** *embung, penelusuran banjir, level pool routing.*

Banjir adalah merupakan musibah yang cukup sering menelan kerugian materi dan jiwa. Untuk itu banyak yang meneliti tentang pergerakan banjir dan pemantauan banjir, baik di sungai maupun lewat kolam penampungan (*reservoir*). Kolam penampungan adalah suatu kolam yang akan menampung air dikala musim hujan dan memanfaatkannya dikala musim kemarau. Dilihat dari kejadiannya maka kolam penampungan ada yang alami (danau), dan ada yang dibangun oleh manusia (waduk/embung).

Embung Lambadeuk berjarak sekitar  $\pm$  12 Km dari Kota Banda Aceh, tepatnya di Desa Lambadeuk, Kecamatan Peukan Bada, Kabupaten Aceh Besar. Dengan letak geografis  $05^{\circ}32'44''$  LU  $95^{\circ}14'15''$  BT  $05^{\circ}32'29''$  LU  $95^{\circ}14'22''$  BT. Dengan topografi yang terletak pada ketinggian 7 m DPL dengan daerah berbukit-bukit dan kemiringan medan  $> 15\%$ . Sumber air utama embung Lambadeuk berasal dari alur yang berada di kawasan pegunungan Lambadeuk yang mempunyai luas Daerah Aliran Sungai (DAS)  $\pm 3,10$  Km<sup>2</sup>. Luas genangan  $\pm 6$  Ha.

Penelusuran banjir (*flood routing*) adalah prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui disebelah hulu (Triatmodjo, 2009).

Penelusuran banjir melalui embung dimaksudkan untuk menganalisis faktor

retensi embung jika dilewati banjir dengan peluang kejadian tertentu. Penelusuran banjir disini dianalisis jika fasilitas outlet yang ada adalah pelimpah. Perhitungan penelusuran banjir dilakukan karena hidrograf banjir sebelum melimpah melalui spillway mengalir melalui tampungan bendungan, dengan demikian maka puncak banjir akan direduksi oleh fungsi tampungan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi hidrograf outflow melalui penelusuran banjir, sebagai salah satu upaya mitigasi bencana. Menghitung debit banjir rencana Embung Lambadeuk dan menganalisis penelusuran banjir pada Embung Lambadeuk.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi untuk peramalan banjir dan sistem peringatan dini banjir serta dapat memberi informasi dan mendukung program - program penanggulangan banjir baik secara fisik maupun nonfisik dan memberikan gambaran kepada instansi terkait mengenai potensi banjir yang akan terjadi.

Ruang lingkup penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi banjir di embung Lambadeuk dengan penelusuran banjir untuk curah hujan jam-jaman. Penelusuran banjir yang dilakukan ini dibatasi hanya mengenai pengendalian banjir, dan tidak meninjau fungsi-fungsi lain dari embung.

## KAJIAN KEPUSTAKAAN

### Data curah hujan

Menurut Chow (1988) pada analisa hidrologi data curah hujan yang diperoleh dari stasiun-stasiun pengamatan hujan harus dihitung curah hujan rerata arealnya. Untuk menghitung curah hujan areal diperlukan data curah hujan yang telah dicatat dari stasiun hujan yang terdekat paling sedikit 10 tahun.

Bila pada suatu kawasan DAS terdapat stasiun pencatat hujan dan iklim lengkap sepanjang tahun dan lokasi stasiun tersebut berdekatan dengan daerah penelitian, maka analisa curah hujan dapat dihitung dengan menggunakan data stasiun tersebut.

### Curah hujan harian maksimum rata-rata

Menurut Sosrodarsono & Takeda (1987) hal yang penting dalam pembuatan rancangan dan rencana adalah distribusi curah hujan. Distribusi curah hujan adalah berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (jumlah curah hujan sebulan), curah hujan harian (jumlah curah hujan 24 jam), curah hujan per jam.

### Distribusi curah hujan

#### a. Parameter statistik

Analisis kecocokan distribusi menggunakan parameter statistik yang meliputi: harga rata-rata ( $\bar{R}$ ), standar deviasi ( $S_d$ ), koefisien variasi ( $C_v$ ), koefisien asimetri ( $C_s$ ), dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ). Rumusan parameter

disajikan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, I = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{R}} \quad (3)$$

$$C_s = \frac{n \sum (R_i - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \quad (4)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \quad (5)$$

Dimana :

- Ri = curah hujan (mm);
- Cv = koefisien variasi curah hujan;
- Sd = standar deviasi curah hujan;
- Cs = koefisien kemencengan;
- Ck = koefisien kurtosis;
- n = jumlah data;

#### b. Jenis Sebaran

##### - Distribusi normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi *Gauss* (Suripin, 2002). Distribusi Normal memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrisnya (*skewness*) hampir sama dengan nol ( $C_s \approx 0$ ) dan koefisien *kurtosis* ( $C_k \approx 3$ ).

##### - Distribusi log normal

Menurut Suripin (2002), jika variabel acak dilogaritmakan (curah hujan  $R_i = \log R_i$ ) terdistribusi secara normal, maka distribusi curah hujan ( $R_i$ ) mengikuti distribusi log normal. Sifat khas dari distribusi log normal adalah besaran *skewness* ( $C_s \approx 3C_v + C_v^3$ ).

- Distribusi log Pearson type III  
Menurut Suripin (2002), distribusi Log Pearson type III tidak mengikuti konsep yang melatarbelakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, distribusi ini tidak berbasis teori.
- Distribusi Gumbel Tipe I  
Digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode sebaran Gumbel Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soemarto, 1987) :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_T - Y_n) \quad (6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (7)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan  $Y_T$  dapat dihitung dengan rumus :  
untuk  $T \geq 20$ , maka :

$$Y = -\ln \left[ -\ln \frac{T - 1}{T} \right] \quad (8)$$

Dimana :

- $X_t$  = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun ( mm);
- $\bar{X}$  atau  $\bar{R}$  = Nilai rata-rata hujan (mm);
- $Y_t$  = Nilai reduksi variat (*reduced variate*) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun;
- $Y_n$  = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*) nilainya tergantung dari jumlah data (n);
- $S_n$  = Deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n).

### Menghitung hujan periode ulang untuk stasiun hujan

Perhitungan curah hujan rencana dapat dilakukan dengan analisis statistik yaitu dengan menghitung parameter statistik dari data yang dianalisis. Curah hujan rencana diprediksi berdasarkan rumus statistik sebagai berikut (Harto, 2000) :

$$R_T = \bar{R} + K S_d \quad (9)$$

Dimana :

- $\bar{R}_T$  = curah hujan rencana untuk periode ulang T tahunan (mm);
- $\bar{R}$  = curah hujan rata-rata (mm);
- K = faktor frekuensi yang tergantung pada tipe sebaran data curah hujan.

Untuk perhitungan curah hujan rata-rata dan standar deviasinya digunakan persamaan di bawah ini :

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n} \quad (10)$$

Dimana :

- n = jumlah data;
- $R_i$  = curah hujan ke i (mm).

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(R_i - \bar{R})^2}{n - 1}} \quad (11)$$

Dimana :

- Sd = standar deviasi

### Perhitungan *hyetograph* hujan rencana dengan *Alternate Block Method* (ABM)

Dalam menganalisis banjir rencana dengan menggunakan hidrograf satuan membutuhkan *hyetograph* hujan rencana pada durasi hujan tertentu. *Hyetograph* hujan rencana dibentuk dengan menggunakan

*Alternating Block Method* (Chow, 1988).

*Hyetograph* ini dapat diperoleh dari data hujan jam-jaman. Apabila data hujan yang ada hanya data hujan harian, maka untuk menghitung intensitas curah hujan jam-jaman berdasarkan data curah hujan harian tersebut digunakan rumus Mononobe :

$$I_T = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3} \quad (12)$$

Dimana :

- $I_T$  = Intensitas curah hujan selama hujan T (mm);
- $R_{24}$  = curah hujan maksimum selama 24 jam (mm);
- T = lamanya curah hujan (mm).

Sedangkan untuk menghitung waktu konsentrasinya digunakan rumus Kirpich, yaitu:

$$T_c = 0,0195 \times \left( \frac{\sqrt{L}}{S} \right)^{0,77} \quad (13)$$

Dimana :

- $T_c$  = waktu konsentrasi (jam);
- L = panjang sungai utama (m);
- S = *slope* sungai.

### Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik SCS (*Soil Conservation Service*)

Debit banjir rencana dihitung berdasarkan curah hujan rencana ( $R_T$ ) dengan mempertimbangkan kondisi permukaan DAS. Metode perhitungan hidrograf yaitu dengan mencari respon dari suatu DAS dimana debit aliran jika diberikan suatu masukan berupa curah hujan. Analisis data untuk membentuk hidrograf satuan dilakukan dengan menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m+1} \quad (14)$$

Dimana :

- $Q_n$  = debit direct *runoff* pada waktu ke;
- $P_m$  = hujan efektif pada waktu ke m;
- U = ordinat hidrograf satuan.

Metode Hidrograf Satuan Sintetik SCS berupa hidrograf non-dimensi yang ordinatnya menjelaskan perbandingan debit dengan debit puncaknya dan absisnya menjelaskan rasio interval waktu dengan waktu saat debit puncak muncul melalui persamaan berikut (Chow, 1988) :

$$q_p = (0,208 A/P_r) \quad (15)$$

$$P_r = t_r/2 + t_p \quad (16)$$

$$t_p = C_t (L.L_c)^{0,3} \text{ atau } t_p = 0,6 t_c \quad (17)$$

Dimana :

- $q_p$  = debit puncak ( $m^3/dt$ );
- A = luas DAS atau Sub-DAS ( $km^2$ );
- $t_r$  = durasi dari *effective rainfall* (jam);
- $t_p$  = waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (jam);
- $t_c$  = waktu konsentrasi (jam);
- S = kemiringan sungai;
- L = panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik tinjauan (km).

Dalam perumusan hidrograf SCS dipergunakan koefisien CN (*curve number*) yang ditentukan secara empiris. Nilai CN dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain tipe tanah dan tata guna lahan. Nilai tampungan maksimum potensial (S) dihitung dengan persamaan:

$$S = (25400/CN) - 254 \quad (18)$$

Hubungan curah hujan dengan limpasannya diketahui melalui nilai  $\Phi$  indeks.

Nilai  $\Phi$  indeks bergantung pada nilai  $I_a$  (*initial abstraction*) dan  $F_a$  (*continuing abstraction*) yang dihitung menggunakan persamaan:

$$I_a = 0,2 S \quad (19)$$

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S} \quad (20)$$

Dimana :

$I_a$  = abstraksi awal;

$S$  = tampungan maksimum potensial;

$F_a$  = retensi aktual;

$P$  = presipitasi hitograf.

### Evapotranspirasi Potensial

Besaran evapotranspirasi yang terjadi dihitung dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi (FAO), dimana harga  $ET_0$  mengacu pada tanaman acuan yaitu rerumputan pendek. Persamaan Penman Modifikasi, (Sudjarwadi, 1979) dirumuskan seperti berikut :

$$ET_0 =$$

$$c \{ W.R_n + (1 - W).f(u).(e_a - e_d) \} \quad (21)$$

$$R_n = (1 - \alpha)R_s - R_{n1} \quad (22)$$

$$R_s = R_a (0,25 + 0,5 n/N) \quad (23)$$

$$R_{n1} = f(t).f(ed).f(n/N) \quad (24)$$

$$f(u) = 0,27(1 + u/100) \quad (25)$$

$$e_d = e_a \cdot \frac{R_h}{100} \quad (26)$$

Dimana :

$ET_0$  = evapotranspirasi potensial(mm/hari);

$c$  = faktor yang menunjukkan pengaruh perbedaan kecepatan angin pada siang dan malam hari;

$W$  = faktor temperatur;

$R_n$  = radiasi (mm/hari);

$(e_a - e_d)$  = perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap udara;

$\alpha$  = persentasi radiasi yang dipantulkan;

$R_a$  = radiasi yang didasarkan letak lintang;

$R_{n1}$  = radiasi netto gelombang panjang;

$R_s$  = radiasi matahari netto;

$n$  = lamanya penyinaran matahari rata rata yang terjadi;

$N$  = lamanya penyinaran matahari maksimum yang mungkin;

$f(t)$  = faktor yang tergantung pada temperatur;

$f(ed)$  = faktor yang tergantung pada uap jenuh;

$f(n/N)$  = faktor yang tergantung pada jam penyinaran;

$u$  = kecepatan Angin (Km/hari);

$R_h$  = kelembapan relatif (%).

### Debit rata-rata bulanan

Metode Dr. Mock merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghitung debit rata-rata bulanan, berdasarkan analisa keseimbangan air yang menjelaskan hubungan *run-off* dengan curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan penyimpanan didalam tanah. Langkah-langkah perhitungan metode Dr. Mock adalah sebagai berikut :

#### 1. Evapotranspirasi Aktual

$$\Delta E = ET_0 \frac{m}{20} (18 - n) \quad (27)$$

$$E = ET_0 - \Delta E \quad (28)$$

#### 2. Penyimpanan kelembapan tanah (SMC)

$$SMC = ISM + R_e - E \quad (29)$$

#### 3. Kelebihan air (WS)

$$WS = ISM + R_e - E - SMC \quad (30)$$

#### 4. Infiltrasi (inf)

$$inf = WS \times IF \quad (31)$$

#### 5. Penyimpanan air tanah pada akhir bulan (G. $STOR_t$ )

$$G. STOR_t = G. STOR_{(t-1)} \times Rc + 0,5 (I + Rc) \times inf \quad (32)$$

#### 6. Limpasan dasar ( $Q_{base}$ )

$$Q_{base} = inf - G. STOR_t + G. STOR_{(t-1)} \quad (33)$$

7. Limpasan permukaan ( $Q_{direct}$ )

$$Q_{direct} = WS \times (1 - IF) \quad (34)$$

8. Limpasan hujan sesaat ( $Q_{storm}$ )

$$Q_{storm} = Re \times PF \quad (35)$$

9. Total limpasan ( $Q_{total}$ )

$$Q_{total} = Q_{base} + Q_{direct} + Q_{storm} \quad (36)$$

10. Debit sungai ( $Q_s$ )

$$Q_s = Q_{total} \times \quad (37)$$

Dimana :

$\Delta E$  = Perbedaan antara evapotranspirasi potensial dan aktual (mm/bulan);

$ET_0$  = Evapotranspirasi potensial (mm/bulan);

$m$  = Proporsi permukaan tanah tidak ditutupi oleh vegetasi;

$n$  = Jumlah hari hujan;

$SMC$  = Simpanan kelembaban tanah (mm/bulan);

$ISM$  = Kelembaban tanah awal (mm/bulan);

$Re$  = Curah hujan bulanan (mm/bulan);

$E$  = Evapotranspirasi bulanan (mm/bulan);

$WS$  = Kelebihan air (mm/bulan);

$SMC$  = Kapasitas kelembaban tanah (m/bulan);

$IF$  = Faktor infiltrasi yaitu proporsi kelebihan curah hujan yang menyerap ke air tanah;

$PF$  = Persentase hujan bulanan;

$G. STOR_t$  = Daya tampung air tanah pada awal bulan (mm/bulan);

$G. STOR_{t-1}$  = Penyimpanan air tanah pada akhir bulan (mm/bulan);

$Rc$  = Konstanta pengurangan aliran;

$Q_{base}$  = Besar limpasan dasar (mm/bulan);

$Q_{direct}$  = Besar limpasan permukaan (mm/bulan);

$Q_{storm}$  = Besar limpasan hujan sesaat (mm/bulan);

$Q_s$  = Debit bulanan rata-rata (mm/bulan);

$A$  = Luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>).

### Embung

Embung adalah bendungan yang mempunyai ukuran tinggi tubuh bendungan maupun luas tampungannya diluar ketentuan yang ditetapkan dengan Kepmen PU No. 72/PRT/1997 yaitu tinggi tubuh bendungan  $\leq$  15 m di ukur dari dasar lembah terdalam dan volume tampungan  $<$  500.000 m<sup>3</sup> (Dep. PU, 2000).

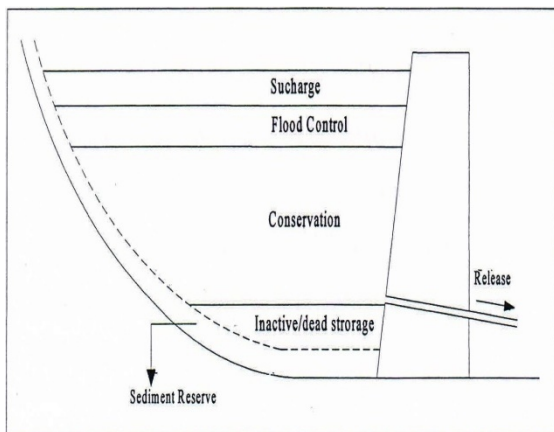
### Volume tampungan untuk melayani kebutuhan

Pembagian kapasitas tampungan dapat permanen atau berubah berdasarkan musim atau faktor lainnya. Tampungan terdiri dari beberapa zona yaitu (Wurbs, 1996) :

1. *Inactive pool*, disebut juga tampungan mati (*dead storage*). Air yang disalurkan tidak berasal dari tampungan mati, kecuali proses alam seperti evaporasi dan kebocoran.
2. *Conservation pool*, bagian ini berfungsi menyimpan air yang akan digunakan untuk mensuplai kebutuhan air serta termasuk menyimpan air pada waktu debit yang tinggi.
3. *Flood control pool*, merupakan daerah yang dikosongkan untuk menampung apabila terjadi banjir.
4. *Surcharge pool*, yaitu tampungan yang berada diatas bagian *flood*

*control* dan dibawah desain maksimum permukaan air. Bagian ini berfungsi menampung air bila terjadi banjir yang sangat besar yang sudah tidak dapat ditampung pada bagian *flood control pool*.

Zona tampungan waduk dapat diperlihatkan pada Gambar 1 berikut :



**Gambar 1 : Zona Tampungan Waduk**  
Sumber : Wurbs (1996)

### **Pelimpah (*Spillway*)**

Menurut Soedibyo (1993) bangunan pelimpah (*Spillway*) adalah bangunan beserta instalasinya untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam waduk agar tidak membahayakan keamanan bendungan.

Sebuah waduk dilengkapi dengan bangunan pelimpah. Menghitung debit yang melalui *spillway* menggunakan rumus (Soemarto, 1987) :

$$Q = CBH^{3/2} \quad (38)$$

Dimana :

- Q = debit ( $m^3/dt$ );
- C = koefisien debit bangunan pelimpah (1,7 - 2,2);
- B = lebar efektif pelimpah (m);
- H = tinggi muka air diatas pelimpah (m).

### **Penelusuran Aliran (*Flow Routing*)**

Penelusuran aliran adalah suatu prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui di sebelah hulu. Apabila aliran tersebut adalah banjir maka prosedur tersebut dikenal dengan penelusuran banjir. Penelusuran banjir dimaksudkan untuk mengetahui tinggi limpasan debit banjir pada periode waktu tertentu.

### ***Level pool routing***

*Level pool routing* merupakan salah satu metode penelusuran banjir yang digunakan untuk menghitung hidrograf *outflow* dari suatu tampungan dengan permukaan air yang horizontal, dengan menggunakan persamaan kontinuitas yang diperlihatkan seperti di bawah ini (Chow, 1988) :

$$S_{j+1} - S_j = \frac{I_j + I_{j+1}}{2} \Delta t - \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2} \Delta t \quad (39)$$

Dimana :

- $I$  = inflow ( $m^3/dt$ );
- $Q$  = outflow ( $m^3/dt$ );
- $S$  = storage ( $m^3$ );
- $t$  = waktu.

*Inflow* merupakan aliran yang masuk ke dalam embung, yang berasal dari hujan yang jatuh disekitar embung dan aliran permukaan dari anak sungai yang mengarah ke embung.

*Outflow* adalah aliran yang keluar dari embung, dapat dihitung dari pencatatan debit yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan air dan air yang keluar dari bangunan



pelimpah. *Outflow* juga termasuk penguapan (evaporasi) air di embung dan aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah (infiltrasi).

## METODE PENELITIAN

### Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hidrologi (curah hujan), data klimatologi, peta (peta wilayah administrasi Provinsi Aceh dan peta administrasi Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar) dan data teknis Embung Lambadeuk.

### Data Hidrologi (Curah Hujan)

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan di daerah lokasi studi/atau daerah sekitarnya yang dikeluarkan oleh stasiun pengamatan hujan. Data curah hujan diperlukan untuk perhitungan hujan areal di DAS, perhitungan hujan rencana dan perhitungan hidrograf banjir, data yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahunan, panjang pencatatan minimal 10 tahun.

Dalam penelitian ini data curah hujan yang dikumpulkan yaitu stasiun hujan milik Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Blang Bintang di Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh dengan panjang data hujan dari 1985-2014.

### Data Klimatologi

Data iklim yang digunakan adalah data klimatologi di daerah lokasi studi/ atau daerah sekitarnya. Data klimatologi diperlukan untuk perhitungan evapotranspirasi potensial, data

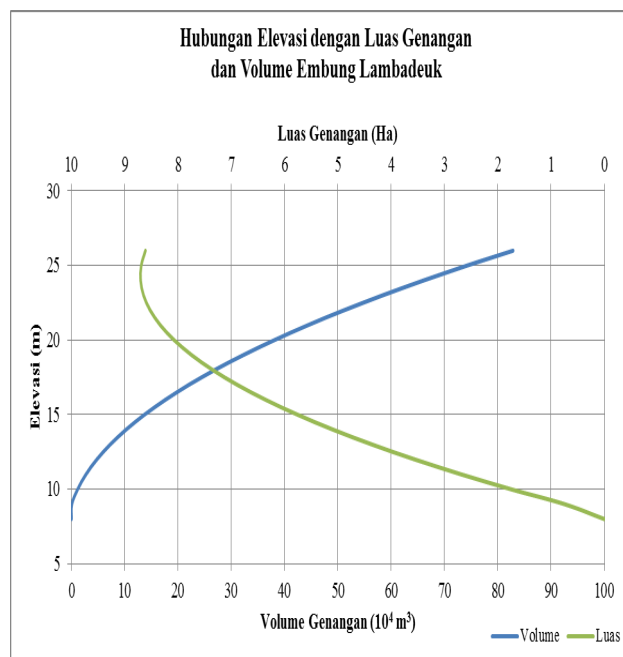
yang digunakan adalah data klimatologi, dengan panjang pencatatan minimal 10 tahun.

Dalam penelitian ini data klimatologi yang dikumpulkan yaitu milik Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Blang Bintang di Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh dengan panjang data klimatologi dari 2005-2014.

### Data Teknis Embung Lambadeuk

Data-data teknis ini meliputi luas DAS, panjang sungai, slope sungai, elevasi dasar embung, kapasitas existing embung, dan lebar pelimpah. Dalam penelitian ini data-data teknis Embung Lambadeuk diambil dari Balai Wilayah Sungai Sumatera - I.

Data kapasitas existing embung dapat dilihat pada grafik lengkung kapasitas embung atau grafik hubungan antara elevasi dengan volume dan luas tampungan embung. Grafik dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** : Lengkung Kapasitas Embung Lambadeuk

Sumber : BWS Sumatera – I (2013)

## **Analisis Data**

### **Analisis curah hujan rencana**

Data curah hujan harian maksimum yang diperoleh minimal 10 tahun. Pengumpulan data curah hujan untuk menghitung data curah hujan maksimum tahunan adalah hal yang paling pertama dilakukan untuk memulai penelitian ini. Untuk menghitung curah hujan rencana dihitung dengan metode sebaran Normal, Log Normal, Log Pearson Tipe III dan Gumbel tipe I dengan menerapkan rumus (1) sampai (11).

### **Analisis curah hujan jam-jaman**

Untuk mendapatkan besarnya intensitas hujan digunakan metode Mononobe dengan menerapkan persamaan (12). Transformasi hujan harian menjadi curah hujan jam-jaman dilakukan dengan menggunakan metode *Alternating Block Method* (ABM) dengan menerapkan persamaan (13).

### **Analisis debit banjir**

Selanjutnya mengumpulkan data yang mendukung perhitungan hidrograf banjir yang akan digunakan untuk menganalisis lebih lanjut nilai debit banjir rencana dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) SCS (*Soil Conservation Service*) menggunakan persamaan (14) sampai (20). Langkah selanjutnya akan dihitung beberapa variabel untuk mendukung metode HSS SCS. Setelah mendapatkan semua variabel yang dibutuhkan maka metode HSS SCS dapat digunakan dan akan menghasilkan grafik hidrogaf banjir sehingga akan

didapatkan besaran nilai debit banjir rencana.

### **Analisis evapotranspirasi potensial**

Perhitungan ini untuk mengetahui besarnya evapotranspirasi, dengan data yang dipakai temperatur udara, kelembapan udara, kecepatan angin, penyinaran matahari, ketinggian dari permukaan air laut dan letak geografis daerah penelitian. Persamaan yang dipakai yaitu persamaan (21) sampai (26).

### **Analisis debit rata-rata bulanan**

Perhitungan debit rata-rata bulanan menggunakan metode Dr. Mock dengan menggunakan persamaan (27) sampai (37).

### **Analisis debit yang melalui pelimpah (*spillway*)**

Apabila terjadi kecepatan aliran yang besar akan terjadi olakan (turbulensi) yang dapat mengganggu jalannya air sehingga menyebabkan berkurangnya aliran air yang masuk ke bangunan pelimpah. Untuk menghitung debit yang melalui *spillway* menggunakan persamaan (38).

### **Analisis penelusuran banjir didalam embung**

Penelusuran banjir lewat embung dimana penampungannya adalah merupakan fungsi langsung dari aliran keluar (outflow) yang mempunyai hubungan antara volume tampungan, aliran masuk, dan debit keluaran akan dihitung dengan menggunakan metode Level Pool Routing menggunakan persamaan (39).

## HASIL PEMBAHASAN

### Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan nilai hujan rencana yang diperoleh dari sebaran data uji Log Pearson III untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 dan 1000 tahunan adalah sebesar 122,196 mm; 157,271 mm; 177,292 mm; 199,714 mm; 214,673 mm; 228,334 mm; 241,054 mm; dan 268,102 mm. Untuk perhitungan debit banjir rencana digunakan hujan rencana periode ulang 1000 tahunan sebesar 268,102 mm.

Tabel 1 merupakan hasil hitungan nilai hujan rencana, dimana nilai k yang digunakan adalah nilai k yang didapat dari sebaran data uji Log Pearson III.

### Curah Hujan Jam-jaman

Dalam menganalisa banjir rencana dengan menggunakan hidrograf satuan membutuhkan hitograf hujan rencana pada durasi hujan tertentu. Hitograf hujan rencana dibentuk dengan menggunakan Alternate Block Method (ABM).

### Hitograf Hujan dengan Metode Alternate Block Method (ABM)

Dari hasil perhitungan waktu konsentrasi dengan persamaan Kirpich didapat  $T_c = 0,650$  jam dengan intensitas curah hujan maksimum selama 24 jam diperoleh 80,514 mm pada jam ke 11,70. Tabel 2 berikut ini hasil perhitungan hitograf hujan dengan ABM.

Hasil perhitungan curah hujan jam-jaman menghasilkan sebuah grafik hitograf yang diperlihatkan pada Gambar 3 .

### Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung berdasarkan curah hujan rencana ( $R_T$ ) dengan mempertimbangkan kondisi permukaan DAS. Metode perhitungan hidrograf yaitu dengan mencari respon dari suatu DAS dimana debit aliran jika diberikan suatu masukan berupa curah hujan.

Berdasarkan hasil perhitungan didapat perbandingan antara debit dan waktu pada UHS dengan metode SCS ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil perhitungan, absis dan ordinat hidrograf satuan sintetik SCS dapat diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel. 1 Hujan Rencana dari Uji Sebaran Log Pearson III

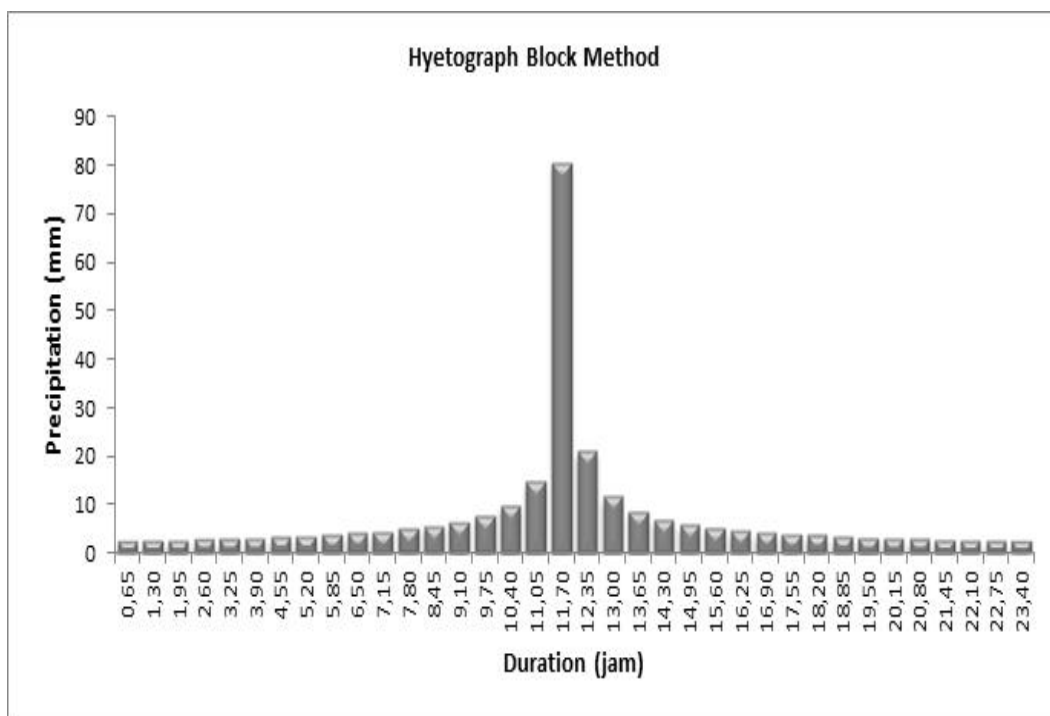
T	K	LOG Xmean	LOG Xt	$R_T$ (mm)
2	0,069	2,077	2,087	122,196
5	0,855	2,077	2,197	157,271
10	1,229	2,077	2,249	177,292
25	1,600	2,077	2,300	199,714
50	1,825	2,077	2,332	214,673
100	2,017	2,077	2,359	228,334
200	2,186	2,077	2,382	241,054
1000	2,517	2,077	2,428	268,102
PMP	15	2,077	4,168	14.717,501

**Tabel 2. Pembentukan Hitograf Hujan Dengan ABM**

Duration (jam)	Intensity (mm/jam)	Cumulative Depth (mm)	Incremental Depth (mm)	Time (jam)	Precipitation (mm)
0,650	123,864	80,514	80,514	0 - 0,650	2,533
1,300	78,029	101,442	20,927	0,650 - 1,300	2,635
1,950	59,547	116,122	14,680	1,300 - 1,950	2,749
2,600	49,155	127,809	11,687	1,950 - 2,600	2,877
3,250	42,361	137,678	9,869	2,600 - 3,250	3,020
3,900	37,512	146,304	8,627	3,250 - 3,900	3,182
4,550	33,849	154,019	7,714	3,900 - 4,550	3,368
5,200	30,966	161,029	7,010	4,550 - 5,200	3,583
5,850	28,627	167,477	6,448	5,200 - 5,850	3,837
6,500	26,686	173,463	5,986	5,850 - 6,500	4,142
7,150	25,043	179,062	5,599	6,500 - 7,150	4,514
7,800	23,631	184,332	5,270	7,150 - 7,800	4,984
8,450	22,403	189,316	4,984	7,800 - 8,450	5,599
9,100	21,323	194,051	4,735	8,450 - 9,100	6,448
9,750	20,365	198,566	4,514	9,100 - 9,750	7,714
10,400	19,507	202,884	4,318	9,750 - 10,400	9,869
11,050	18,735	207,025	4,142	10,400 - 11,050	14,680
11,700	18,034	211,007	3,982	11,050 - 11,700	80,514
12,350	17,396	214,845	3,837	11,700 - 12,350	20,927
13,001	16,811	218,550	3,705	12,350 - 13,001	11,687
13,651	16,273	222,133	3,583	13,001 - 13,651	8,627
14,301	15,776	225,605	3,471	13,651 - 14,301	7,010

**Tabel 2. Pembentukan Hitograf Hujan Dengan ABM (Lanjutan)**

Duration (jam)	Intensity (mm/jam)	Cumulative Depth (mm)	Incremental Depth (mm)	Time (jam)	Precipitation (mm)
14,951	15,315	228,972	3,368	14,301 - 14,951	5,986
15,601	14,887	232,244	3,271	14,951 - 15,601	5,270
16,251	14,487	235,426	3,182	15,601 - 16,251	4,735
16,901	14,113	238,524	3,098	16,251 - 16,901	4,318
17,551	13,763	241,543	3,020	16,901 - 17,551	3,982
18,201	13,433	244,489	2,946	17,551 - 18,201	3,705
18,851	13,122	247,366	2,877	18,201 - 18,851	3,471
19,501	12,829	250,177	2,811	18,851 - 19,501	3,271
20,151	12,552	252,926	2,749	19,501 - 20,151	3,098
20,801	12,289	255,617	2,691	20,151 - 20,801	2,946
21,451	12,039	258,253	2,635	20,801 - 21,451	2,811
22,101	11,802	260,835	2,583	21,451 - 22,101	2,691
22,751	11,576	263,368	2,533	22,101 - 22,751	2,583
23,401	11,361	265,853	2,485	22,751 - 23,401	2,485



Gambar 3. Grafik hitograf metode ABM

Tabel 3. Perbandingan antara debit dan waktu pada UHS dengan metode SCS

No.	t/P <sub>r</sub>	Q/Q <sub>p</sub>	t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt.mm)
1	0,0	0,000	0,000	0,000
2	0,1	0,015	0,072	0,014
3	0,2	0,076	0,143	0,069
4	0,3	0,160	0,215	0,144
5	0,4	0,280	0,286	0,252
6	0,5	0,430	0,358	0,388
7	0,6	0,600	0,429	0,541

Tabel 3. Perbandingan antara debit dan waktu pada UHS dengan metode SCS (Lanjutan)

No.	t/P <sub>r</sub>	Q/Q <sub>p</sub>	t	Q
			(jam)	(m <sup>3</sup> /dt.mm)
8	0,7	0,770	0,501	0,694
9	0,8	0,890	0,572	0,803
10	0,9	0,970	0,644	0,875
11	1,0	1,000	0,715	0,902
12	1,1	0,980	0,787	0,884
13	1,2	0,920	0,858	0,830
14	1,3	0,840	0,930	0,757
15	1,4	0,750	1,001	0,676
16	1,5	0,660	1,073	0,595
17	1,6	0,560	1,144	0,505
18	1,8	0,420	1,287	0,379
19	2,0	0,320	1,430	0,289
20	2,2	0,240	1,573	0,216
21	2,4	0,180	1,716	0,162
22	2,6	0,130	1,859	0,117
23	2,8	0,098	2,002	0,088
24	3,0	0,075	2,145	0,068
25	3,5	0,036	2,503	0,032
26	4,0	0,018	2,860	0,016
27	4,5	0,009	3,218	0,008
28	5,0	0,004	3,575	0,004

**Tabel 4. Absis dan ordinat hidrograf satuan sintetik SCS**

No	t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt.mm)	No	t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt.mm)
1.	0,650	0,877	19.	12,350	0,000
2.	1,300	0,371	20.	13,001	0,000
3.	1,950	0,099	21.	13,651	0,000
4.	2,600	0,028	22.	14,301	0,000
5.	3,250	0,008	23.	14,951	0,000
6.	3,900	0,000	24.	15,601	0,000
7.	4,550	0,000	25.	16,251	0,000
8.	5,200	0,000	26.	16,901	0,000
9.	5,850	0,000	27.	17,551	0,000
10.	6,500	0,000	28.	18,201	0,000
11.	7,150	0,000	29.	18,851	0,000
12.	7,800	0,000	30.	19,501	0,000
13.	8,450	0,000	31.	20,151	0,000
14.	9,100	0,000	32.	20,801	0,000
15.	9,750	0,000	33.	21,451	0,000
16.	10,400	0,000	34.	22,101	0,000
17.	11,050	0,000	35.	22,751	0,000
18.	11,700	0,000	36.	23,401	0,000

#### Perhitungan Abstraksi dan Hitograf Hujan Efektif (ERH) Metode SCS

Dari hasil perhitungan diperoleh hitograf hujan efektif sebesar 63,442 mm pada jam ke 11,7 dengan abstraksi awal (Ia) sebesar 17,849 mm retensi aktual (F) sebesar 55,729 mm. Abstraksi awal tidak akan menjadi aliran permukaan. Untuk tabel perhitungan abstraksi dan hitograf hujan efektif (ERH) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil perhitungan abstraksi dan ERH dengan metode SCS pada Tabel 5 maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan DRH (*direct runoff hydrograph*), untuk banjir rencana 1000 tahun didapat debit puncak sebesar 59,772 m<sup>3</sup>/dt pada jam ke 11,7 yang diperlihatkan pada Gambar 4.

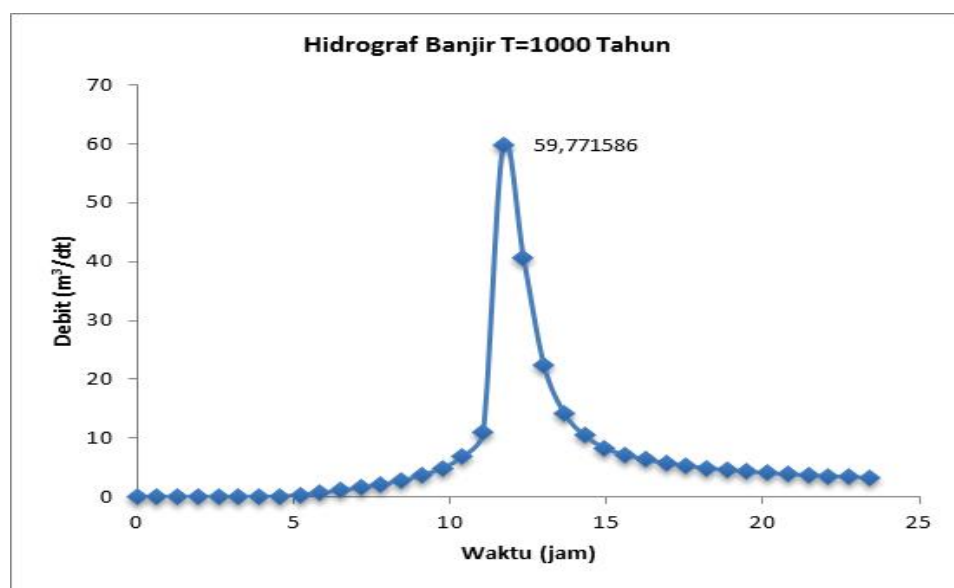
#### Debit Rata-Rata Bulanan

Debit rata-rata bulanan pada sungai dihitung dengan metode Dr. FJ Mock. Cara ini ditempuh karena tidak tersedianya data debit observasi pada sungai. Perhitungan menggunakan metode Mock untuk menentukan debit rata-rata bulanan, menekankan perhitungan pada debit *base flow* (aliran air tanah yang mempengaruhi debit dasar sungai); debit *run off* (aliran air yang menuju ke sungai yang tak terjadi perkolasi); dan debit *storm run off* (air hujan yang langsung masuk ke sungai).

Tabel 6 menunjukkan rekapitulasi perhitungan debit rata-rata bulanan dari metode Dr. FJ Mock untuk setiap tahunnya. Input atau masukan dari metode tersebut adalah data jumlah hujan bulanan (mm), data jumlah hari hujan (hari), data ET<sub>0</sub> (mm/bln), dan luas DAS (km<sup>2</sup>).

**Tabel 5. Perhitungan Abstraksi dan hitograf hujan efektif (ERH) dengan metode SCS**

Time (jam)	Cumulative Rainfall (P) (mm)	Cumulative Abstractions		Cumulative Excess Rainfall (P <sub>e</sub> ) (mm)	Excess Rainfall Hyetograph (mm)
		I <sub>a</sub> (mm)	F <sub>a</sub> (mm)		
0,650	2,533	2,533	0,000	0,000	0,000
1,300	5,168	5,168	0,000	0,000	0,000
1,950	7,917	7,917	0,000	0,000	0,000
2,600	10,794	10,794	0,000	0,000	0,000
3,250	13,814	13,814	0,000	0,000	0,000
3,900	16,995	16,995	0,000	0,000	0,000
4,550	20,363	17,849	2,446	0,069	0,069
5,200	23,947	17,849	5,708	0,390	0,321
5,850	27,784	17,849	8,940	0,995	0,605
6,500	31,926	17,849	12,159	1,918	0,923
7,150	36,440	17,849	15,386	3,205	1,287
7,800	41,424	17,849	18,649	4,927	1,721
8,450	47,024	17,849	21,987	7,188	2,261
9,100	53,472	17,849	25,460	10,163	2,975
9,750	61,186	17,849	29,171	14,166	4,003
10,400	71,055	17,849	33,333	19,873	5,707
11,050	85,735	17,849	38,557	29,330	9,457
11,700	166,249	17,849	55,729	92,671	63,342
12,350	187,177	17,849	58,442	110,886	18,215
13,001	198,863	17,849	59,774	121,241	10,355
13,651	207,490	17,849	60,685	128,956	7,715
14,301	214,500	17,849	61,386	135,266	6,310
14,951	220,487	17,849	61,957	140,681	5,415
15,601	225,756	17,849	62,441	145,467	4,786
16,251	230,491	17,849	62,861	149,781	4,314
16,901	234,809	17,849	63,233	153,727	3,946
17,551	238,791	17,849	63,567	157,376	3,648
18,201	242,496	17,849	63,870	160,777	3,402
18,851	245,968	17,849	64,148	163,971	3,194
19,501	249,239	17,849	64,404	166,987	3,015
20,151	252,337	17,849	64,642	169,847	2,860
20,801	255,283	17,849	64,863	172,571	2,724
21,451	258,094	17,849	65,071	175,174	2,603
22,101	260,785	17,849	65,267	177,669	2,495
22,751	263,368	17,849	65,452	180,067	2,398
23,401	265,853	17,849	65,627	182,377	2,309



**Gambar 4. Grafik hidrograf banjir rencana 1000 tahun**

Tabel 6. Rekapitulasi debit rata-rata bulanan dari tahun 1985 s/d 2014

No.	Tahun	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
1	1985	0,020	0,022	0,013	0,010	0,008	0,004	0,001	0,004	0,004	0,012	0,013	0,040
2	1986	0,068	0,023	0,017	0,018	0,284	0,060	0,034	0,026	0,024	0,012	0,011	0,009
3	1987	0,018	0,011	0,011	0,008	0,016	0,004	0,007	0,011	0,013	0,011	0,006	0,015
4	1988	0,025	0,019	0,012	0,015	0,014	0,002	0,006	0,005	0,009	0,002	0,020	0,013
5	1989	0,024	0,013	0,007	0,010	0,006	0,002	0,006	0,003	0,004	0,012	0,005	0,004
6	1990	0,022	0,015	0,016	0,008	0,018	0,007	0,002	0,016	0,002	0,008	0,014	0,011
7	1991	0,024	0,014	0,012	0,012	0,005	0,005	0,010	0,007	0,004	0,009	0,010	0,014
8	1992	0,023	0,013	0,007	0,010	0,014	0,006	0,003	0,010	0,006	0,002	0,009	0,010
9	1993	0,024	0,017	0,013	0,015	0,007	0,006	0,003	0,004	0,002	0,010	0,053	0,107
10	1994	0,023	0,188	0,119	0,047	0,087	0,029	0,017	0,014	0,008	0,017	0,006	0,003
11	1995	0,026	0,024	0,018	0,012	0,009	0,004	0,004	0,011	0,005	0,011	0,010	0,008
12	1996	0,022	0,028	0,012	0,011	0,008	0,009	0,008	0,007	0,004	0,011	0,016	0,060
13	1997	0,021	0,016	0,021	0,010	0,008	0,006	0,002	0,005	0,008	0,015	0,029	0,047
14	1998	0,019	0,032	0,010	0,011	0,008	0,006	0,004	0,010	0,004	0,006	0,007	0,004
15	1999	0,023	0,023	0,007	0,007	0,006	0,002	0,002	0,015	0,008	0,004	0,010	0,011
16	2000	0,024	0,018	0,009	0,006	0,009	0,009	0,005	0,002	0,005	0,004	0,265	0,101
17	2001	0,091	0,031	0,017	0,012	0,009	0,006	0,003	0,002	0,007	0,091	0,024	0,106
18	2002	0,094	0,028	0,018	0,015	0,013	0,004	0,007	0,002	0,006	0,014	0,010	0,010
19	2003	0,026	0,044	0,019	0,013	0,011	0,005	0,005	0,007	0,004	0,019	0,008	0,007
20	2004	0,019	0,016	0,023	0,009	0,005	0,008	0,002	0,003	0,006	0,006	0,011	0,014
21	2005	0,030	0,016	0,017	0,007	0,008	0,011	0,003	0,003	0,005	0,012	0,008	0,015
22	2006	0,003	0,010	0,023	0,010	0,007	0,009	0,004	0,002	0,009	0,009	0,013	0,006
23	2007	0,011	0,001	0,008	0,007	0,005	0,006	0,004	0,001	0,005	0,007	0,011	0,011
24	2008	0,009	0,002	0,009	0,005	0,004	0,001	0,003	0,003	0,004	0,004	0,018	0,011
25	2009	0,108	0,030	0,019	0,019	0,015	0,004	0,002	0,008	0,008	0,003	0,019	0,092
26	2010	0,038	0,023	0,015	0,018	0,006	0,013	0,006	0,005	0,005	0,007	0,109	0,190
27	2011	0,061	0,038	0,059	0,019	0,014	0,008	0,007	0,006	0,010	0,003	0,010	0,007
28	2012	0,009	0,010	0,012	0,005	0,004	0,008	0,003	0,002	0,009	0,009	0,013	0,005
29	2013	0,011	0,000	0,008	0,007	0,005	0,006	0,004	0,001	0,005	0,007	0,011	0,011
30	2014	0,009	0,002	0,009	0,005	0,004	0,001	0,003	0,003	0,004	0,004	0,018	0,011
Q <sub>rata-rata</sub>		0,031	0,024	0,019	0,012	0,021	0,008	0,006	0,007	0,007	0,011	0,026	0,032
SD		0,026	0,033	0,021	0,008	0,052	0,011	0,006	0,006	0,004	0,016	0,049	0,044

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode Dr. FJ. Mock, debit rata-rata bulanan yang diperoleh maksimum hanya sebesar 0,032 m<sup>3</sup>/dt yang terjadi pada bulan Desember. Untuk kebutuhan air baku, debit rata-rata bulanan tersebut tidaklah mencukupi. Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah tampungan agar kebutuhan air baku dapat terpenuhi. Atas dasar tersebut, maka dibangunlah sebuah embung.

Setelah mendapatkan perhitungan debit rata-rata bulanan dari tahun 1985 sampai dengan 2014, maka didapat nilai baseflow sebesar 0,005 m<sup>3</sup>/dt yang merupakan rata-rata

permukaan air didalam embung. Rekapitulasi debit limpasan dasar (Q<sub>base</sub>), seperti yang disajikan pada Tabel 7.

### Penelusuran Banjir di Embung

Dari hasil perhitungan debit yang melewati pelimpah dengan debit banjir rencana sebesar 249,014 m<sup>3</sup>/dt, elevasi *crest* pelimpah pada +17,80 m dan lebar pelimpah 10 m dapat diperlihatkan pada Tabel 8 berikut.

Dari hasil perhitungan hubungan antara *reservoir - outflow* dengan kenaikan elevasi per 20 cm untuk elevasi 5,20 m dengan debit outflow sebesar 249,014 m<sup>3</sup>/dt dengan luas



tampungannya sebesar 377.417,040 m<sup>3</sup>, maka nilai karakteristiknya sebesar 571,580 m<sup>3</sup>/dt. Hasil perhitungan karakteristik hubungan antara *reservoir* - *outflow* dapat diperlihatkan pada Tabel 9.

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisis lanjut sebagaimana yang telah diperlihatkan pada Tabel 9 maka hubungan karakteristik antara *reservoir* - *outflow* dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil perhitungan karakteristik hubungan *reservoir* - *outflow* pada Tabel 9, maka hasil perhitungan debit

*outflow* dengan menggunakan Metode *Level Pool Routing* (LPR) diperlihatkan pada Tabel 10.

Berdasarkan hasil perhitungan *flow routing* pada Tabel 10 dapat dilihat bahwa besar debit tampungan maksimum adalah sebesar 145,065 m<sup>3</sup>/dt (kol.6, J.20), dengan debit *inflow* maksimum sebesar 59,772 m<sup>3</sup>/dt (kol.3, J.19) dan besar debit *outflow* maksimum adalah sebesar 42,552 m<sup>3</sup>/dt (kol.7, J.20), maka hidrograf *outflow* dan *inflow* dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6

**Tabel 7. Rekapitulasi baseflow perhitungan MOCK dari tahun 1985 s/d 2014**

No	Tahun	Baseflow (mm/tahun)	No	Tahun	Baseflow (mm/tahun)
1.	1985	40,03	19.	2000	109,00
2.	1986	200,92	20.	2001	116,33
3.	1987	35,92	21.	2002	74,94
4.	1988	41,71	22.	2003	51,12
5.	1989	36,64	23.	2004	35,92
6.	1990	35,92	24.	2005	42,72
7.	1991	35,92	25.	2006	12,84
8.	1992	35,92	26.	2007	0,10
9.	1993	59,37	27.	2008	1,09
10.	1994	191,40	28.	2009	63,86
11.	1995	35,92	29.	2010	93,22
12.	1996	49,75	30.	2011	123,88
13.	1997	47,61	31.	2012	0,40
14.	1998	46,14	32.	2013	0,00
15.	1999	35,92	33.	2014	1,09

**Tabel 8. Perhitungan debit yang melewati pelimpah**

Head H m	Coef. of Discharge C	Length of Crest L m	Discharge Q m <sup>3</sup> /dt
(1)	(2)	(3)	(4)
0,00	2,10	10,00	0,000
0,20	2,10	10,00	1,878
0,40	2,10	10,00	5,313
0,60	2,10	10,00	9,760
0,80	2,10	10,00	15,026
1,00	2,10	10,00	21,000
1,20	2,10	10,00	27,605
1,40	2,10	10,00	34,787
1,60	2,10	10,00	42,501
1,80	2,10	10,00	50,714
2,00	2,10	10,00	59,397

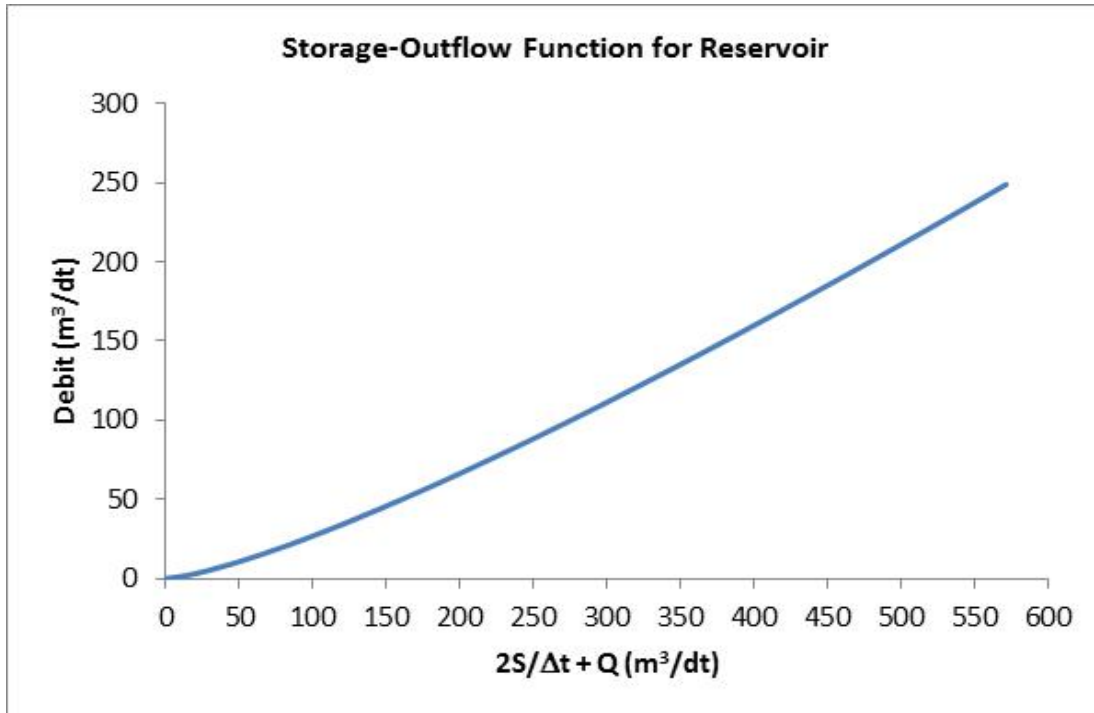
Head H m	Coef. of Discharge C	Length of Crest L m	Discharge Q m <sup>3</sup> /dt
(1)	(2)	(3)	(4)
2,20	2,10	10,00	68,526
2,40	2,10	10,00	78,079
2,60	2,10	10,00	88,040
2,80	2,10	10,00	98,391
3,00	2,10	10,00	109,119
3,20	2,10	10,00	120,211
3,40	2,10	10,00	131,655
3,60	2,10	10,00	143,441
3,80	2,10	10,00	155,559
4,00	2,10	10,00	168,000
4,20	2,10	10,00	180,756
4,40	2,10	10,00	193,820
4,60	2,10	10,00	207,184
4,80	2,10	10,00	220,842
5,00	2,10	10,00	234,787
5,20	2,10	10,00	249,014

Tabel 9. Karakteristik hubungan antara *reservoir* – *outflow*

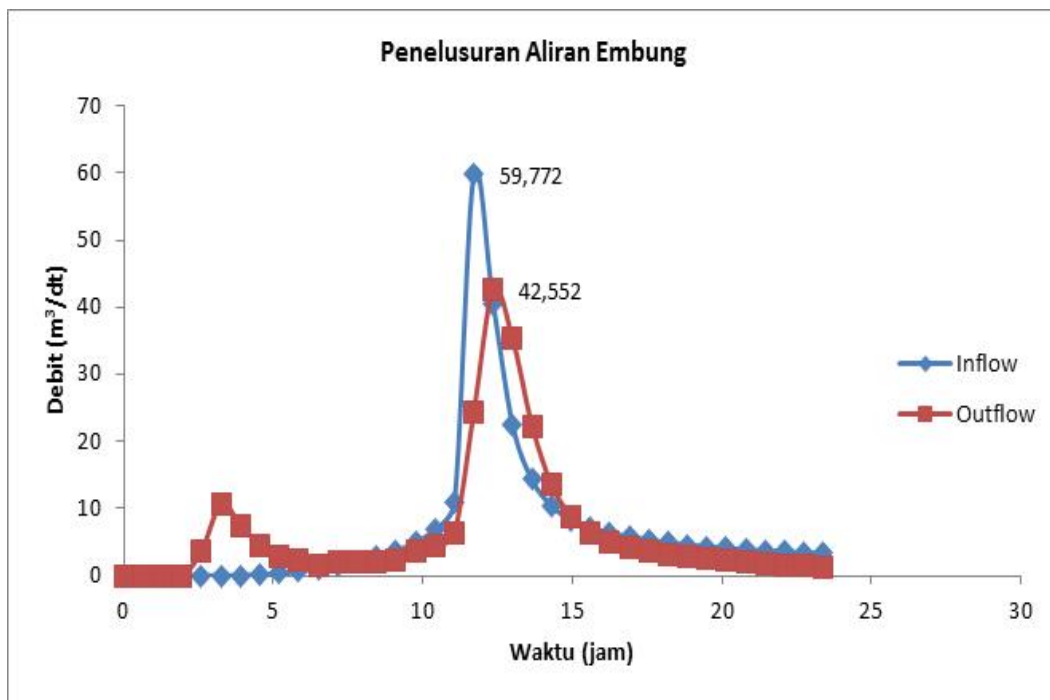
Elevation H m	Discharge Q m <sup>3</sup> /dt	Storage S m <sup>3</sup>	(2S/Δt) + Q m <sup>3</sup> /dt
(1)	(2)	(3)	(4)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,20	1,878	14.516,040	14,285
0,40	5,313	29.032,080	30,125
0,60	9,760	43.548,120	46,979
0,80	15,026	58.064,160	64,652
1,00	21,000	72.580,200	83,032
1,20	27,605	87.096,240	102,044
1,40	34,787	101.612,280	121,631
1,60	42,501	116.128,320	141,752
1,80	50,714	130.644,360	162,372
2,00	59,397	145.160,400	183,461
2,20	68,526	159.676,440	204,996
2,40	78,079	174.192,480	226,956
2,60	88,040	188.708,520	249,323
2,80	98,391	203.224,560	272,081
3,00	109,119	217.740,600	295,215
3,20	120,211	232.256,640	318,713
3,40	131,655	246.772,680	342,564
3,60	143,441	261.288,720	366,756
3,80	155,559	275.804,760	391,280
4,00	168,000	290.320,800	416,128
4,20	180,756	304.836,840	441,290
4,40	193,820	319.352,880	466,760
4,60	207,184	333.868,920	492,531
4,80	220,842	348.384,960	518,595
5,00	234,787	362.901,000	544,947
5,20	249,014	377.417,040	571,580

**Tabel 10. Level Pool Routing (LPR)**

Time indeks j	Time (jam)	Inflow (m <sup>3</sup> /dt)	I <sub>j</sub> + I <sub>j+1</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	(2S <sub>j</sub> /Δt) - Q <sub>j</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	(2S <sub>j+1</sub> /Δt) + Q <sub>j+1</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Outflow (m <sup>3</sup> /dt)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0,000	0,000		0,000		0,000
2	0,650	0,005	0,005	0,004	0,005	0,001
3	1,300	0,005	0,011	32,279	0,015	0,000
4	1,950	0,005	0,011	75,940	32,290	0,000
5	2,600	0,005	0,011	68,496	75,951	3,727
6	3,250	0,005	0,011	47,171	68,507	10,668
7	3,900	0,005	0,011	32,199	47,182	7,491
8	4,550	0,066	0,071	23,266	32,270	4,502
9	5,200	0,313	0,378	18,032	23,644	2,806
10	5,850	0,662	0,975	14,249	19,007	2,379
11	6,500	1,073	1,735	12,822	15,984	1,581
12	7,150	1,546	2,619	11,183	15,441	2,129
13	7,800	2,103	3,649	10,838	14,832	1,997
14	8,450	2,785	4,888	11,590	15,726	2,068
15	9,100	3,666	6,451	13,297	18,041	2,372
16	9,750	4,901	8,567	14,821	21,864	3,521
17	10,400	6,866	11,767	17,829	26,588	4,379
18	11,050	10,912	17,778	22,865	35,607	6,371
19	11,700	59,772	70,684	44,713	93,549	24,418
20	12,350	40,581	100,352	59,961	145,065	42,552
21	13,001	22,410	62,990	52,410	122,951	35,270
22	13,651	14,260	36,669	44,468	89,080	22,306
23	14,301	10,422	24,682	41,985	69,149	13,582
24	14,951	8,287	18,709	42,992	60,694	8,851
25	15,601	7,130	15,417	45,634	58,409	6,387
26	16,251	6,335	13,465	48,992	59,099	5,053
27	16,901	5,739	12,074	52,657	61,066	4,205
28	17,551	5,270	11,009	56,478	63,666	3,594
29	18,201	4,889	10,160	60,393	66,638	3,122
30	18,851	4,572	9,462	64,369	69,855	2,743
31	19,501	4,303	8,875	68,387	73,244	2,429
32	20,151	4,071	8,374	72,435	76,761	2,163
33	20,801	3,869	7,940	76,506	80,375	1,935
34	21,451	3,690	7,559	80,592	84,065	1,736
35	22,101	3,531	7,222	84,692	87,814	1,561
36	22,751	3,389	6,921	88,802	91,613	1,405
37	23,401	3,260	6,649	92,919	95,451	1,266



Gambar 5. Grafik hubungan karakteristik antara *reservoir* - *outflow*



Gambar 6. Penelusuran banjir dengan *level pool routing*

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Sesuai hasil perhitungan dan pembahasan, maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan hujan rencana periode ulang ( $R_T$ ) 1000 tahun adalah sebesar 268,102 mm.
2. Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rencana  $Q_{1000}$  pada DAS

Lambadeuk yang dihitung dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik SCS didapat sebesar 59,772 m<sup>3</sup>/dt.

3. Kapasitas tampungan sebesar 258.992,80 m<sup>3</sup> yaitu pada elevasi +17,80 m dengan luas genangan adalah ± 6 Ha.
4. Puncak aliran masuk (*inflow*) sebesar 59,772 m<sup>3</sup>/dt terjadi pada jam ke 11,7. Embung dapat mereduksi aliran yang keluar (*outflow*) menjadi 42,552 m<sup>3</sup>/dt dan memperlambat terjadinya aliran puncak sampai pada jam ke 12,35.
5. Ketinggian air di atas pelimpah ( $H_d$ ) adalah 1,6 m dengan lebar pelimpah 10 m, sehingga elevasi air tertinggi berada pada +19,40 m, jika tinggi jagaan yang diambil sebesar 2,0 m, maka elevasi puncak (*crest*) embung berada pada +21,40 m.

#### Saran

Berdasarkan studi yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini kehilangan air yang diperhitungkan adalah akibat evaporasi pada permukaan genangan embung. Untuk mengetahui potensi kehilangan air embung lainnya diperlukan analisis lanjutan dengan memperhitungkan infiltrasi, perkolasi dan rembesan pada tubuh embung.
2. Di Daerah Aliran Sungai Lambadeuk perlu dipasang beberapa stasiun pengamat curah hujan dan stasiun pengamat catatan debit harian yang memadai, sehingga besaran debit yang mengalir di Sungai

Lambadeuk dapat diketahui besarnya.

#### DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Balai Wilayah Sungai Sumatera-I, 2001, *Laporan Utama SID Embung Lambadeuk Kabupaten Aceh Besar*, PPK Penyediaan Air Baku Balai Wilayah Sungai Sumatera-I, Banda Aceh.
- Chow, T. V., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, Series In Water Resources And Environmental Engineering, University Of Illinois, Urbana Campaign, USA.
- Departemen PU, 2000, *Pedoman Teknis Rehabilitasi dan Upgrading Bendungan Kecil*, Direktorat Jenderal Pengembangan Perdesaan, Jakarta.
- Kasiro, 1994, *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Bandung.
- Kementerian PU, 2014, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 01 tahun 2014 tentang Petunjuk Teknis Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang*, Republik Indonesia, Jakarta.
- Linsley, R. K., Fransini, J. B., Sasongko, D., 1985. *Teknik Sumber Daya Air*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Loebis, J., Soewarno dan Supriyadi., 1993, *Hidrologi Sungai*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Loebis, J., 1992, *Banjir Rencana untuk*

- Bangunan Air*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- McMahon, A. T., Mein, G. R., 1978, *Reservoir Capacity and Yield*, Elsevier Scientific, Australia.
- Rao, A. R. dan Hamed, K. H., 2000, *Flood Frequency Analysis*, CRC Press, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Soedibyo, 2003, *Teknik Bendungan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Soemarto, C. D., 1987, *Hidrologi Teknik*. Erlangga, Jakarta.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*, Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1981, *Bendungan Tipe Urugan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1987, *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sri Harto Br., 1981, *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*, KMTS, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2009, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wurb, A. R., 1996, *Modelling and Analysis of Reservoir System Operations* Prentice Hall PTR. Upper Saddle River NJ 07458., USA.