

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Embung

Menurut Soedibyo (1993) embung adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menampung kelebihan air pada saat debit tinggi dan melepaskannya pada saat dibutuhkan. Embung merupakan salah satu bagian dari proyek secara keseluruhan maka letaknya juga dipengaruhi oleh bangunan-bangunan lain seperti bangunan pelimpah, bangunan penyadap, bangunan pengeluaran, bangunan untuk pembelokan sungai dan lain-lain.

Untuk menentukan lokasi dan denah embung harus memperhatikan beberapa faktor yaitu :

1. Tempat embung merupakan cekungan yang cukup untuk menampung air, terutama pada lokasi yang keadaan geotekniknya tidak lulus air, sehingga kehilangan airnya hanya sedikit.
2. Lokasinya terletak di daerah manfaat yang memerlukan air sehingga jaringan distribusinya tidak begitu panjang dan tidak banyak kehilangan energi.
3. Lokasi embung terletak di dekat jalan, sehingga jalan masuk (*access road*) tidak begitu panjang dan lebih mudah ditempuh.

Sedangkan faktor yang menentukan didalam pemilihan tipe embung adalah :

1. Tujuan pembangunan proyek
2. Keadaan klimatologi setempat

3. Keadaan hidrologi setempat
4. Keadaan di daerah genangan
5. Keadaan geologi setempat
6. Tersedianya bahan bangunan
7. Hubungan dengan bangunan pelengkap
8. Keperluan untuk pengoperasian embung
9. Keadaan lingkungan setempat
10. Biaya proyek

3.2. Long Storage (Embung Memanjang)

Long storage adalah sistem tampungan air yang memanfaatkan saluran memanjang sungai sebagai tampungannya (Kurniani, dkk., 2016). Dalam pembangunan long storage, dibutuhkan bangunan bendung sebagai bangunan utama agar air dapat tertampung di sungai. Dengan adanya tampungan pada *long storage*, waktu puncak banjir dapat diperlambat sehingga dapat mengurangi debit banjir secara sementara.

3.3. Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*), seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah terhadap waktu (Soewarno, 1995).

Data hidrologi dianalisis untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan sebagian data hidrologi yang dikumpulkan. Untuk perencanaan bendung analisis hidrologi yang terpenting yaitu dalam menentukan debit banjir rencana.

3.3.1. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam analisis Frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinyu yang sering digunakan, yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III.

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1. Perbandingan Syarat Jenis Distribusi Sebaran Data

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$
		$(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$
		$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s \leq 1,14$
		$C_k \leq 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber : I Made Kamiana, 2010

$$\text{Koefisien kepengcengan (Cs)} = \frac{n \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (3-1)$$

$$\text{Koefisien kurtosis (Ck)} = \frac{n^2 \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \quad (3-2)$$

$$\bar{X} : \text{nilai rata-rata dari X} = \frac{n \sum_{i=1}^i X_i}{n} \quad (3-3)$$

$$\text{Standar deviasi (S)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3-4)$$

Keterangan :

X_i : data hujan atau debit ke-i

n : jumlah data

a. Distribusi Probabilitas Gumbel

Menurut Gumbel, jika data hujan yang digunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Gumbel dengan persamaan di bawah ini ((I Made Kamiana, 2010).

$$X_T = \bar{X} + S \times K \quad (3-5)$$

Keterangan :

X_T : hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$: nilai rata-rata dari data hujan

S : standar deviasi (simpangan baku)

K : faktor reduksi Gumbel : $K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (3-6)$

Y_T : nilai reduksi variat $= -L_n - L_n \frac{T-1}{T} \quad (3-7)$

nilai Y_T , bisa ditentukan berdasarkan Lampiran 6.

Y_n : *Reduced mean* (lihat Lampiran 5)

S_n : *Reduced standard deviasi* (lihat Lampiran 5)

b. Distribusi Probabilitas Normal

Menurut Gauss, perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi probabilitas Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan persamaan di bawah ini (I Made Kamiana, 2010).

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (3-8)$$

Keterangan :

X_T	: hujan rencana dengan periode ulang T tahun
$\bar{X}$	: nilai rata-rata dari data hujan (X) mm
S	: standar deviasi dari data hujan (X) mm
K_T	: Faktor Frekuensi, nilainya bergantung dari T

c. Distribusi Probabilitas Log Normal

Menurut Gauss, perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi probabilitas Log Normal jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini (I Made Kamiana, 2010).

$$\text{Log} X_T = \overline{\text{Log} X} + K_T \times S \log X \quad (3-9)$$

Keterangan :

$\text{Log} X_T$	: nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T
------------------	---

$$\overline{\text{Log} X} : \text{nilai rata-rata dari Log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} X_i}{n} \quad (3-10)$$

$S \log X$: deviasi standar dari Log X

$$S \log X : \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (3-11)$$

K_T : Faktor Frekuensi, nilainya bergantung dari T (lihat Tabel Variabel Reduksi Gauss).

d. Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

Menurut Pearson, perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel dapat dilakukan dengan persamaan di bawah ini (I Made Kamiana, 2010).

$$\log X_T = \overline{\log X} + K_T \times S \log X \quad (3-12)$$

Keterangan :

$\log X_T$: nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T

$$\overline{\log X} : \text{nilai rata-rata dari } \log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (3-13)$$

$S \log X$: deviasi standar dari $\log X$

$$S \log X : \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (3-14)$$

K_T : variabel standar, besarnya bergantung koefisien kepengcengan (Cs atau G), lihat Lampiran 7.

3.3.2. Uji Distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

a. Metode *Chi-kuadrat*

Menurut Pearson, persamaan yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode Uji Chi-Kuadrat dapat disajikan di bawah ini (I Made Kamiana, 2010).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (3-15)$$

Keterangan :

χ^2	: harga <i>Chi-kuadrat</i> terhitung
E_f	: frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
O_f	: frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
n	: jumlah sub kelompok

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan persamaan :

$$DK = k - (p + 1) \quad (3-16)$$

$$K = 1 + 3.3 \log n \quad (3-17)$$

Keterangan :

DK	: derajat kebebasan
p	: banyak parameter, untuk uji <i>Chi-Kuadrat</i> adalah 2
k	: jumlah kelas distribusi
n	: banyak data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis atau dirumuskan sebagai berikut :

$$\chi^2 < \chi_{cr}^2 \quad (3-18)$$

Keterangan :

χ^2 : parameter *Chi*-Kuadrat terhitung

χ_{cr}^2 : parameter *Chi*-Kuadrat kritis (Lampiran 8)

Adapun prosedur pengujian *Chi*-kuadrat adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya.
2. Hitung jumlah kelas.
3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan χ_{cr}^2
4. Menghitung kelas distribusi.
5. Menghitung interval kelas.
6. Perhitungan nilai χ^2
7. Bandingkan nilai χ^2 dan χ_{cr}^2

Apabila nilai $\chi^2 < \chi_{cr}^2$ maka pemilihan jenis sebaran memenuhi syarat distribusi.

b. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Pengujian distribusi probabilitas dengan Metode *Smirnov-Kolmogorof* dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Urutkan data (X_i) dari besar ke kecil atau sebaliknya.

2. Tentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut tersebut $P(X_i)$ dengan rumus *Weibull* (Weibull dalam I Made Kamiana, 2010).

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1} \quad (3-19)$$

Keterangan :

- n : jumlah data;
 - i : nomor urut data setelah diurut dari besar ke kecil atau sebaliknya.
3. Tentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurut tersebut $P'(X_i)$ berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih (Gumbel, Normal, dan sebagainya).
 4. Hitung selisih (ΔP) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut:

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \quad (3-20)$$

5. Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika "tidak" artinya Distribusi Probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.
6. ΔP kritis lihat Lampiran 9.

3.3.3. Analisis Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai dasar perencanaan konstruksi bendung adalah sebagai berikut :

a. Metode *Haspers*

Menurut *Haspers*, untuk menghitung besarnya debit dengan metode *Haspers* digunakan persamaan di bawah ini (I Made Kamiana, 2010).

$$Q_T = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (3-21)$$

Keterangan:

Q_T : debit periode ulang tertentu (m^3/dt)

α : koefisien pengaliran

β : koefisien reduksi

q_n : intensitas hujan ($m^3/dt/km^2$)

A : luas daerah pengaliran (km^2), maksimal $100 km^2$

Koefisien pengaliran (α) ditentukan dengan persamaan:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,7}}{1 + 0,075 \times A^{0,7}} \quad (3-22)$$

Koefisien reduksi (β) ditentukan dengan persamaan:

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{1 + 3,7 \times 10^{0,4 \times t}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{3/4}}{12} \quad (3-23)$$

Waktu konsentrasi (t_c) ditentukan dengan persamaan :

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times s^{-0,3} \quad (3-24)$$

Keterangan:

L : panjang sungai utama (km)

s : kemiringan dasar sungai rata-rata

Besarnya curah hujan (r dalam satuan mm) untuk lama hujan tertentu ($t = t_c$ dalam satuan jam) dan hujan harian maksimum (R_{24} dalam satuan mm) dirumuskan sebagai berikut:

Untuk $t < 2$ jam

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t + 1 - 0,0008 \times (260 - R_{24}) \times (2 - t)^2} \quad (3-25)$$

Untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t + 1} \quad (3-26)$$

Untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$

$$r = 0,707 \times R_{24} \times (t + 1)^{1/2} \quad (3-27)$$

Besarnya intensitas hujan (q_n dalam satuan $\text{m}^3/\text{dt.km}^2$) ditentukan berdasarkan hubungan antara r (mm) dan t (jam) dengan persamaan:

$$q_n = \frac{r}{3,6 \times t} \quad (3-28)$$

Langkah-langkah perhitungan debit maksimum (Q_{maks}) dengan Metode *Hasper* adalah :

1. Hitung nilai α berdasarkan persamaan (3-22).
2. Hitung nilai t_c berdasarkan persamaan (3-24).
3. Hitung nilai β berdasarkan persamaan (3-23).
4. Hitung nilai r berdasarkan persamaan (3-25) s/d (3-27).
5. Hitung nilai q_n berdasarkan persamaan (3-28).
6. Hitung nilai Q_{maks} berdasarkan persamaan (3-21).

b. Metode *Der Weduwen*

Menurut Weduwen, untuk menghitung besarnya debit dengan metode *Weduwen* digunakan persamaan di bawah ini (SNI 2415:2016, 2016).

$$Q_T = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (3-29)$$

Keterangan:

Q_T : debit periode ulang tertentu (m^3/dt)

α : koefisien pengaliran atau limpasan (*run off*) air hujan

β : koefisien reduksi

q_n : intensitas hujan ($m^3/dt/km^2$)

A : luas daerah pengaliran (km^2) , maksimal 100 km^2

Koefisien pengaliran (α) ditentukan dengan persamaan :

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q + 7} \quad (3-30)$$

Koefisien reduksi (β) ditentukan dengan persamaan :

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot A}{120 + A} \quad (3-31)$$

Intensitas hujan (q_n) ditentukan dengan persamaan :

$$q_n = \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t + 1,45} \quad (3-32)$$

Keterangan:

R_n : curah hujan maksimum (mm/hari)

t : waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi (t_c) ditentukan dengan persamaan :

$$t = 0,25 \times L \times Q^{-0,125} \times I^{-0,25} \quad (3-33)$$

Keterangan:

L : panjang sungai utama (km)

s : kemiringan dasar sungai rata-rata

Langkah-langkah perhitungan debit maksimum (Q_{maks}) dengan Metode

Der Weduwen adalah :

1. Menentukan t_c coba-coba

2. Hitung nilai q_n berdasarkan persamaan (3-32).
3. Hitung nilai β berdasarkan persamaan (3-31).
4. Hitung nilai α berdasarkan persamaan (3-30).
5. Hitung nilai Q_{maks} berdasarkan persamaan (3-29).
6. Memasukkan nilai Q_{maks} ke dalam persamaan (3-33). Apabila nilai t_c sama dengan nilai t_c coba-coba, maka perhitungan debit sudah benar.

c. Metode *Mean Annual Flood* (MAF)

Manurut IOH (*Institute of Hydrology*), Inggris bersama-sama dengan DPMA (Direktorat Penyelidikan Masalah Air) telah melaksanakan penelitian untuk menghitung debit puncak banjir yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu berdasarkan ketersediaan data debit banjir dengan cara analisis statistik untuk Jawa dan Sumatra (SNI 2415:2016, 2016). Untuk mendapatkan debit banjir puncak banjir pada periode ulang tertentu, maka dapat dikelompokkan menjadi dua tahap perhitungan, yaitu :

1. Perhitungan debit puncak banjir tahunan rata-rata (*Mean Annual Flood* = MAF).
2. Penggunaan faktor pembesar (*Growth Factor* = GF) terhadap nilai MAF untuk menghitung debit puncak banjir sesuai dengan periode ulang yang diinginkan.

Perkiraan debit puncak banjir tahunan rata-rata, berdasarkan ketersediaan data dari suatu DAS, dengan ketentuan :

1. Apabila tersedia data debit, minimal 10 tahun data runtut waktu maka, MAF dihitung berdasarkan data serial debit puncak banjir tahunan.
2. Apabila tersedia data debit kurang dari 10 tahun data runtut waktu, maka MAF dihitung berdasarkan metode puncak banjir di atas ambang (*Peak Over a Threshold* = POT).
3. Apabila dari DAS tersebut, belum tersedia data debit, maka MAF ditentukan dengan persamaan regresi, berdasarkan data luas DPS (AREA), rata-rata tahunan dari curah hujan terbesar dalam satu hari (APBAR), kemiringan sungai (SIMS), dan indeks dari luas genangan seperti luas danau, genangan air, waduk (LAKE).

Adapun persamaan-persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_T = GF_{(T, AREA)} \times MAF \quad (3-34)$$

$$MAF = \frac{8}{10^6} (AREA)^V \times (APBAR)^{2,445} \times SIMS^{0,117} \times (1 + LAKE)^{=0,85} \quad (3-35)$$

$$V = 1,02 - 0,0275 \times \text{Log}(AREA) \quad (3-36)$$

$$SIMS = \frac{H}{MSL} \quad (3-37)$$

$$APBAR = PBAR \times ARF \quad (3-38)$$

Keterangan:

AREA : luas DAS (km²).

PBAR : hujan terpusat rerata maksimum selama 24 jam (mm).

APBAR : hujan rerata maksimum yang mewakili DAS selama 24 jam (mm).

ARF : faktor reduksi

MSL : panjang sungai (km)

SIMS : indeks kemiringan

LAKE : indeks danau.

MAF : debit rerat maksimum tahunan ($m^3/detik$).

Q_T : debit rencana ($m^3/detik$).

GF : *Growth Factor*.

Untuk mengontrol debit banjir rencana yang didapat dari seri data hujan. Dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *passing capacity* (Alexander, Harahab, S., 2009) yaitu dengan membandingkan kondisi asli di lapangan. Langkah-langkah perhitungan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kemiringan dasar sungai (s)
2. Menentukan besaran koefisien Manning berdasarkan kondisi dasar saluran (n), lihat Lampiran 13.
3. Menentukan luas tampang sungai penuh (A)
4. Menentukan keliling basah (P)
5. Menghitung jari-jari hidraulis (R)
6. Menghitung debit aliran (Q)

Dalam perhitungan debit banjir ditentukan debit kala ulang sesuai bangunan air yang direncanakan. Pemilihan kala ulang debit banjir rencana dapat dilihat pada Lampiran 14.

3.3.4. Analisis 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 Mock (1973) berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran.

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

Perhitungan debit andalan meliputi :

a. Data Curah Hujan

R = curah hujan bulanan

N = jumlah hari hujan

b. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas dihitung dari evapotranspirasi potensial Metode Penman (1948), dimana

$$E_{to} = \frac{\beta E_n + E}{\beta + 1} \quad (3-39)$$

$$\frac{dE}{E_t} = \frac{m}{20} \times (18 - n) \quad (3-40)$$

$$dE = \frac{m}{20} \times (18 - n) \times E_{to} \quad (3-41)$$

$$E_{el} = E_{to} - dE \quad (3-42)$$

Keterangan:

E_{to} : evapotranspirasi potensial.

E_n : kedalaman penguapan dalam mm/hari

E : evaporasi, yang dihitung berdasarkan metode transfer massa

dE : selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi terbatas

E_{tl} : evapotranspirasi terbatas

m : prosentase lahan yang tidak ditutupi vegetasi
 10 - 40 % untuk lahan yang tererosi
 30 - 50 % untuk lahan pertanian yang diolah

c. Keseimbangan Air pada Permukaan Tanah

Persamaan mengenai air hujan yang mencapai permukaan tanah.

$$S = R - E_{tl} \quad (3-43)$$

$$SMC(n) = SMC(n-1) + IS(n) \quad (3-44)$$

$$WS = S_G - IS \quad (3-45)$$

Keterangan:

S_G : kandungan air tanah

R : curah hujan bulanan

E_{tl} : evapotranspirasi terbatas

IS : tampungan awal / *soil storage* (mm)

$IS(n)$: tampungan awal / *soil storage moisture* (mm) di ambil antara 50 - 250 mm

$SMC(n)$: kelembaban tanah bulan ke-n

$SMC(n-1)$: kelembaban tanah bulan ke- (n-1)

WS : *water surplus* / volume air bersih

d. Limpasan (*Run Off*) dan Tampungan Air Tanah (*Ground Water Storage*)

$$V(n) = k.V(n-1) + 0,5 (1-k).I(n) \quad (3-46)$$

$$DV_n = V(n) - V(n-1) \quad (3-47)$$

Keterangan:

- $V(n)$: volume air bulan ke- n
 $V(n-1)$: volume air tanah bulan ke- $(n-1)$
 k : faktor resesi aliran tanah diambil antara 0 – 1,0
 I : koefisien infiltrasi diambil antara 0 – 1,0

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

e. Aliran Sungai

Aliran dasar = infiltrasi – perubahan volume air dalam tanah (3-48)

$$B(n) = I - dV(n) \quad (3-49)$$

Aliran permukaan = volume air lebih – infiltrasi (3-50)

$$D(ro) = WS - I \quad (3-51)$$

Aliran sungai = aliran permukaan + aliran dasar (3-52)

$$Run\ off = D(ro) + B(n) \quad (3-53)$$

$$Debit = \frac{Aliran\ Sungai}{Satu\ Bulan\ (det)} \times Luas\ DAS \quad (3-54)$$

3.4. Neraca Air

Neraca air dapat digunakan untuk mengetahui ketika kondisi air mengalami kelebihan (*surplus*) ataupun kekurangan (defisit) serta untuk mengantisipasi

bencana yang mungkin terjadi pada saat musim tertentu, baik musim kemarau maupun musim penghujan.

Penentuan neraca air embung didasarkan atas pendekatan yang paling nyata menyangkut perhitungan neraca air. Caranya dengan mengandaikan bahwa:

$\text{Storage} = \text{Inflow} - \text{Outflow}$ (Triatmodjo, 2008).

3.4.1. Volume *Inflow*

Volume air masuk (*inflow*) berasal dari curah hujan rerata pada periode tertentu pada suatu daerah dengan luas tangkapan hujan tertentu. Curah hujan yang digunakan adalah curah hujan rerata per bulan selama satu tahun setelah ditentukan debit andalan yaitu sebesar 80% berdasarkan ketetapan untuk keperluan irigasi. Debit dengan keandalan 80% artinya kemungkinan terjadinya debit andalan akan terpenuhi selama 80% dari waktu yang ditentukan (1 tahun).

3.4.2. Volume *Outflow*

Volume *outflow* meliputi kebutuhan air untuk peternakan, kebutuhan air untuk pertanian dan kehilangan air akibat adanya evaporasi serta infiltrasi embung.

a. Kebutuhan Air

Penggunaan air untuk irigasi padi diperhitungkan berdasar luas sawah irigasi teknis, semi teknis dan sederhana yang terdapat dalam DAS yang bersangkutan.

Standar kebutuhan air rata-rata yang digunakan sebagai berikut :

- | | |
|-------------------|------------|
| a. Irigasi teknis | 1 L/det/ha |
|-------------------|------------|

b. Irigasi semi teknis 1 L/det/ha

c. Irigasi sederhana 1 L/det/ha

Penggunaan air untuk irigasi yang dipergunakan dalam waktu satu tahun sehingga pengaruh lama tanaman dan prosentase (%) intensitas tanaman harus diperhitungkan.

Rumusan perhitungan penggunaan air untuk padi per tahun sebagai berikut

$$A = L \times I_t \times \alpha \quad (3-55)$$

Keterangan :

A : penggunaan air (m^3)

L : luas daerah irigasi (Ha)

I_t : intensitas tanaman dalam persen (%) musim/tahun

α : standar penggunaan air (1 L/det/ha)

d. Kehilangan Air

Evaporasi

Evaporasi merupakan kehilangan air akibat terjadinya penguapan. Pengukuran evaporasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah metode transfer massa.

$$E = 0,35 \times (0,5 + 0,54u_2) \times (e_s - e_d) \quad (3-56)$$

$$r = \frac{e_d}{e_s} = 60\% \quad (3-57)$$

$$e_d = e_s \times 60\% \quad (3-58)$$

Keterangan :

u_2 : kecepatan angin (m/s)

e_s : tekanan uap jenuh (mm Hg)

e_d : tekanan uap udara (mm Hg)

r : kelembaban relatif

Tekanan uap air jenuh ditentukan berdasarkan keadaan suhu lokasi yang ditinjau, seperti pada Lampiran 18.

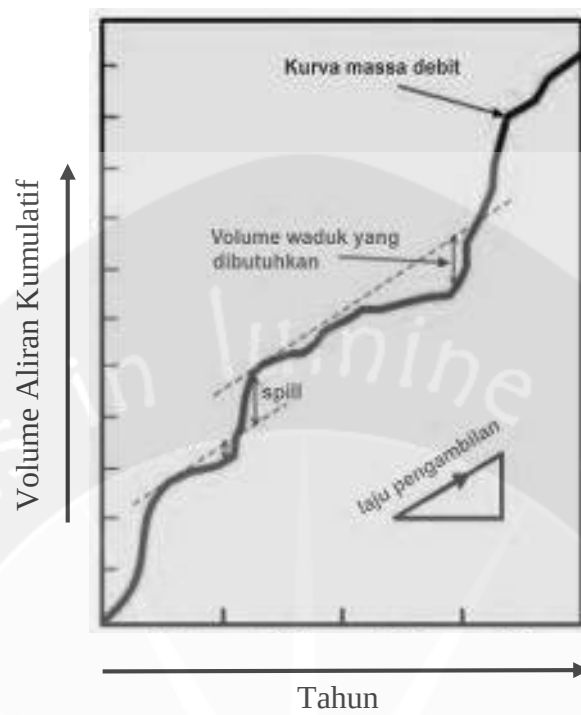
3.4.3. Volume Embung

Dalam menentukan besarnya kapasitas waduk atau embung, dapat digunakan metode *mass curve diagram* (diagram *ripple*). Metode yang tidak empirik untuk menentukan ukuran tampungan suatu waduk untuk memenuhi suatu rencana pengambilan. Pada teknik *ripple* waduk diasumsikan pada kondisi penuh saat permulaan musim kering. *Ripple* menghitung kapasitas waduk untuk memenuhi kebutuhan pengambilan saat musim kering, berdasarkan data yang tercatat (*Ripple* dalam Sudjarwadi, 2011).

Hasil pengambilan air adalah jumlah dari volume tampungan yang dapat dimanfaatkan ditambah dengan *inflow* (aliran masuk) yang bermanfaat selama periode kritis. Kurva masa debit dapat berfungsi sebagai grafik yang menggambarkan catatan debit dalam usaha melakukan evaluasi hasil pengambilan air.

Prosedur dari metode *mass curve ripple*, adalah sebagai berikut :

1. Menggambar *mass curve*, kumulatif aliran
2. Menarik garis kebutuhan
3. Mengukur volume yang dibutuhkan



Gambar 3.1. Ilustrasi Grafis Terapan Teknik *Ripple*
 Sumber :Sudjarwadi, 2011