



BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Analisa Curah Hujan

2.1.1. Curah Hujan Rerata Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata daerah (*area rainfall*), bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (*point rainfall*). Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 1993:27).

Terdapat beberapa metode untuk mendapatkan rata-rata daerah, yaitu :

1. Metode rerata Aljabar (*Arithmetic Mean*)
2. Metode poligon Thiessen
3. Metode Isohyet

Melihat kondisi daerah studi dengan jumlah stasiun pengamat hujan sebanyak 3 dan lokasi titik-titik pengamatannya tersebar cukup merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata itu dilakukan dengan mengambil harga rata-rata hitung dari masing-masing data curah hujan harian. Adapun cara hitungannya menggunakan rumus sebagai berikut (Sosrodarsono, 1993:27) :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2-1)$$

dengan :

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \text{Curah hujan daerah (mm)} \\ n &= \text{Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan} \\ R_1, R_2, \dots, R_n &= \text{Curah hujan di tiap titik pengamatan} \end{aligned}$$

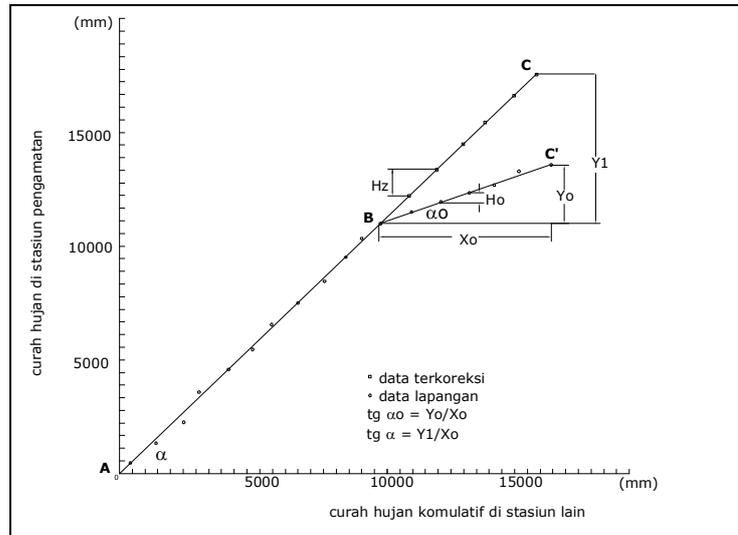
2.1.2. Curah Hujan Rancangan

2.1.2.1. Pemeriksaan Homogenitas dengan Kurva Massa Ganda

Uji konsistensi data dilakukan terhadap data curah hujan tahunan dengan tujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan. Penyimpangan tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan Metode Lengkung Massa Ganda (*Double Mass Curve*). Pada metode ini, hubungan antara seri waktu dengan data curah hujan dianggap linier. Data curah hujan tahunan jangka waktu yang panjang dari suatu stasiun penakar hujan, dibandingkan dengan data curah hujan rata-rata sekelompok stasiun



penakar hujan dalam periode yang sama. Untuk itu harus dipilih stasiun penakar hujan disekitarnya yang mempunyai kondisi topografi yang hampir sama.



Gambar 2.1 Analisis Kurva Massa Ganda

Sumber : Harto, Sri, 1993 : 46

Data yang tidak konsisten dapat ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus. Jika terjadi penyimpangan, maka data hujan dari stasiun yang diuji harus dikoreksi sesuai dengan perbedaan kemiringan garisnya, dengan rumus sebagai berikut:

$$Fk = \frac{Mc}{Ma} \tag{2-2}$$

$$Pcx = Px \left(\frac{Mc}{Ma} \right) \tag{2-3}$$

dengan :

- Pcx = Curah hujan stasiun x pada waktu t setelah dikoreksi
- Px = Data asli curah hujan stasiun x pada waktu t
- Fk = Faktor koreksi
- Mc = Koreksi kemiringan kurva massa ganda
- Ma = Kemiringan asli kurva massa ganda

2.1.2.2. Pemeriksaan Data di Luar Ambang Batas (Outlier)

Outlier adalah data yang menyimpang cukup jauh dari tren kelompoknya. Keberadaan *outlier* biasanya mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sampel data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Uji *Grubbs and Beck* menetapkan dua batas ambang bawah X_L , dan ambang atas X_H sebagai berikut (Chow, 1988:403):



$$X_H = \bar{X} + K_n \cdot S \tag{2-4}$$

$$X_L = \bar{X} - K_n \cdot S \tag{2-5}$$

- dengan :
- X_H = Nilai ambang atas
 - X_L = Nilai ambang bawah
 - \bar{X} = Nilai rata-rata
 - S = Simpangan baku dari logaritma terhadap sampel data
 - K_n = Besaran yang tergantung pada jumlah sampel data
 - n = Jumlah sampel data

2.1.2.3. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang tertentu. Ada beberapa metode untuk menghitung besarnya curah hujan rancangan antara lain Gumbel, Normal atau Log Pearson Tipe III.

1. Perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Gumbel dapat menggunakan persamaan distribusi empiris sebagai berikut (Soewarno, 1995 : 127) :

$$X = \bar{X} + \frac{S}{Sn} (Y - Y_n) \tag{2-6}$$

dengan :

- X = Nilai yang diharapkan terjadi
- \bar{X} = Nilai rata-rata hitung
- Y = Nilai reduksi dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu (tabel hubungan antara periode ulang T dengan Y) atau dapat dihitung dengan rumus :

$$Y = -Ln \left[-Ln \frac{T-1}{T} \right] \tag{2-7}$$

Untuk $T \geq 20$, maka $Y = Ln T$ (2-8)

dengan :

- Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduce variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n)
- S_n = Nilai deviasi standar (*standard deviation of the reduce variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n)



2. Perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Distribusi Normal dapat menggunakan persamaan distribusi empiris sebagai berikut (Soewarno, 1995 : 116):

$$X = \bar{X} + k.S \tag{2-9}$$

dengan:

X = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

k = Variabel reduksi *Gauss*

3. Perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Tipe III menggunakan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995 : 143) :

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + k(\overline{S\text{Log}X}) \tag{2-10}$$

dengan :

Log X = Nilai logaritma curah hujan rencana

$\overline{\text{Log}X}$ = Nilai rata-rata logaritma dari curah hujan maksimum tahunan

$\overline{S\text{Log}X}$ = Nilai deviasi standar dari Log X

K = Karakteristik dari distribusi Log Pearson Type III

Prosedur untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode Log Person Tipe III adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai logaritma dari semua nilai variat X

2. Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}X}{n} \tag{2-11}$$

n = jumlah data

3. Hitung nilai standar deviasinya dari log X

$$\overline{S\text{Log}X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} \tag{2-12}$$

4. Hitung nilai koefisien kepengcengan (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{S\text{Log}X})^3} \tag{2-13}$$



5. Dengan menggunakan Persamaan (2-8), maka tentukan anti log dari log X untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai Cs nya.

Dari beberapa metode untuk menghitung besarnya curah hujan rancangan antara lain Gumbel, Normal atau Log Pearson Tipe III, dapat dilakukan pemilihan, distribusi yang paling sesuai yaitu berdasarkan nilai dari parameter statistiknya, berupa koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck), dimana masing-masing distribusi memiliki nilai-nilai Ck dan Cs tersendiri.

Tabel 2.1 Sarat Pemilihan Distribusi

Jenis Metode Distribusi	Ck	Cs
Gumbel	< 5.4002	1.1396
Normal	3	0
Log Pearson Type III	bebas	bebas

Sumber : Soewarno, 1995 : 122

Untuk perhitungan curah hujan rancangan dipakai metode *Log Pearson Type III*, dengan alasan metode ini dapat dipakai untuk semua sebaran data atau tidak ada ketentuan mengenai besarnya harga parameter statistik, yaitu Cs dan Ck.

2.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan uji kesesuaian ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi.

Pemeriksaan uji kesesuaian dapat dilakukan dengan uji *Chi Square* dan uji *Smirnov Kolmogorov* (Soewarno, 1995:194).

2.1.3.1. Uji *Chi-Square*

Dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995:194)

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{2-14}$$

- dengan : χ_h^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung
- G = Jumlah sub-group
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub group ke i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub group ke i



Prosedur perhitungannya adalah :

1. Urutkan data pengamatan dari kecil ke besar
2. Kelompokkan data menjadi G sub group
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i ; tiap-tiap sub group
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E;
5. Tiap-tiap sub group hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

6. Jumlah seluruh G sub group nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi-Kuadrat* hitung.

2.1.3.2. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Digunakan untuk menguji kesesuaian distribusi secara horizontal dari probabilitas. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data antara sebaran empiris dengan sebaran teoritis. Rumus yang digunakan adalah (Soewarno,1995 :199) :

$$D = \text{maksimum} |P(X_m) - P'(X_m)| \tag{2-15}$$

dengan : D = Selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis

$P(X_m)$ = Peluang pengamatan

$P'(X_m)$ = Peluang teoritis dari persamaan distribusi yang dipakai

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data dari kecil ke besar dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut ($P(X_m)$)
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari persamaan distribusinya ($P'(X_m)$)
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis

$$D = \text{maksimum} |P(X_m) - P'(X_m)|$$

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov Kolmogrov Test*) tentukan harga D_0 . Apabila $D < D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila $D > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.



2.2. Analisa Debit Banjir Rancangan

Untuk menentukan kapasitas saluran drainase, terlebih dahulu harus dihitung jumlah air hujan dan jumlah air kotor atau buangan yang akan dibuang melalui saluran drainase tersebut. Debit banjir (Q_r) adalah debit air hujan (Q_{ah}) ditambah dengan air kotor rumah tangga (Q_{ak}).

2.2.1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air yang melimpas terhadap besarnya curah hujan. Angka koefisien pengaliran ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan fisik (Asdak, 2001:157). Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi air limpasan. Hal ini kurang menguntungkan karena besarnya air yang akan menjadi air tanah berkurang. Kerugian lainnya adalah dengan semakin besarnya jumlah air hujan yang melimpas, maka ancaman terjadinya erosi dan banjir menjadi lebih besar. Besarnya nilai koefisien dipengaruhi oleh kondisi daerah aliran sungai yang meliputi :

- a. Keadaan hujan
- b. Luas dan bentuk daerah pengaliran
- c. Kemiringan daerah pengaliran
- d. Daya infiltrasi, perkolasi tanah serta kebasahan tanah
- e. Suhu udara, angin dan evaporasi
- f. Tata guna lahan

Apabila tata guna lahan suatu daerah termasuk campuran, maka nilai tetapan C harus diberi bobot (*weighted*) untuk memperoleh nilai rata-rata tertimbang (Asdak, 2001 :165) : Seperti tertuang pada tabel 2.2

$$C_{\text{tertimbang}} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot C_i}{A_i} \quad (2-16)$$



Tabel 2.2 Nilai Koefisien Pengaliran

Tataguna Lahan	C	Tataguna Lahan	C
Perkantoran		Tanah Lapang	
Daerah pusat kota	0.70-0.95	Berpasir, datar, 2 %	0.05-0.10
Daerah sekitar kota	0.50-0.70	Berpasir, agak rata, 2-7 %	0.10-0.15
Perumahan		Berpasir, miring, 7 %	0.15-0.20
Rumah tunggal	0.30-0.50	Tanah berat datar, 2 %	0,13-0,17
Rumah susun, terpisah	0.40-0.60	Tanah berat, agak rata, 2-7 %	0.18-0.22
Rumah susun, bersambung	0.60-0.75	Tanah berat, miring, 7 %	0.25-0.35
Pinggiran kota	0.25-0.40	Tanah Pertanian	
Daerah Industri		Tanah Kosong	
Kurang padat industri	0.50-0.80	Rata	0.30-0.60
Padat industri	0.60-0.90	Kasar	0.20-0.50
Taman Kuburan	0.10-0.25	Ladang Garapan	
Tempat Bermain	0.20 - 0.35	Tanah berat, tanpa vegetasi	0,30-0.60
Daerah Stasiun KA	0.20-0.40	Tanah berat, dengan vegetasi	0.20-0.50
Daerah tak berkembang	0.10-0.30	Berpasir, tanpa vegetasi	0.20-0.25
Jalan Raya		Berpasir, dengan vegetasi	0.10-0.25
Beraspal	0.70-0.95	Padang Rumput	
Berbeton	0.80-0.95	Tanah berat	0.15-0.45
Berbatu bata	0.70-0.85	Berpasir	0.05-0.25
Trotoar	0.75-0.85	Hutan/bervegetasi	0.05-0.25
daerah beratap	0.75-0.95	Tanah Tidak Produktif, > 30 %	0.70-0.90
		Rata, kedap air	0.50-0.70
		Kasar	

Sumber : Asdak, 2001:164

2.2.2. Intensitas Hujan

a. Sebaran Hujan Jam-jaman

Penentuan besarnya sebaran hujan jam-jaman dapat secara langsung diamati di lapangan melalui alat, akan tetapi jika tidak tersedia data pengamatan sebaran hujan maka penentuan besar sebaran hujan jam-jaman dapat menggunakan rumus empiris mononobe (Imam Subarkah, 1980:20), sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \tag{2-17}$$

dengan :

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian alam 24 jam (mm)

T_c = waktu konsentrasi



b. Curah Hujan Netto Jam-jaman

Hujan netto adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (direct run-of). Limpasan langsung ini terdiri dari limpasan permukaan (*surface run-off*) dan *interflow* (air yang masuk ke dalam lapisan tanah tipis di bawah permukaan tanah dengan permeabilitas rendah yang keluar lagi di tempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan permukaan).

Besarnya debit limpasan air hujan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_{ah} = 0,278. C. I. A \quad (2-18)$$

dengan : Q_{ah} = debit banjir maksimum (m^3/dt)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rerata selama waktu tiba banjir

A = luas daerah pengaliran (km^2)

2.2.3. Debit Air Kotor

Debit air kotor merupakan debit yang berasal dari lingkungan rumah tangga, industri, atau bangunan-bangunan lainnya. Untuk memperkirakan jumlah air kotor yang akan disalurkan ke saluran drainase, harus diketahui kebutuhan air rata-rata dan jumlah penduduk daerah studi.

Perhitungan air buangan penduduk didapat dari :

$$Q_{ak} = \frac{Pn.q}{A} \quad (2-19)$$

dengan : Q_{ak} = Debit air kotor ($l/dt/Km^2$)

Pn = Jumlah penduduk (jiwa)

A = Luas daerah (Km^2)

q = Jumlah air buangan ($l/orang/hari$)

2.2.3.1. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah jumlah air yang dikonsumsi oleh penduduk setiap hari dan kurang lebih 80 % yang digunakan dan akan terbuang ke saluran drainase. Besar kebutuhan air bersih sendiri tergantung pada kondisi penduduk di masing-masing daerah, seperti tercantum pada tabel di bawah ini :



Tabel 2.3 Kebutuhan Air Bersih

No	Parameter	Kota			
		Metro	Besar	Sedang	Kecil
1	Kebutuhan Domestik (tingkat pemakaian air) : • Sambungan rumah (lt/org/hari) • Kran umum (lt/Org/hari)	190	170	150	130
		30	30	30	30
2	Kebutuhan Non Domestik : • Industri (lt/dt/ha) - Berat - Sedang - Ringan • Komersial (lt/dt/ha) - Pasar - Hotel (lt/kamar/hari) o Lokal o Internasional • Sosial dan Institusi - Universitas (lt/siswa/hari) - Sekolah (lt/siswa/hari) - Masjid (m ³ /hari/unit) - Rumah Sakit (in 3/hari/unit) - Puskesmas (lt/hari) - Kantor (lt/pegawai/hari) - Militer (m ³ /hari/unit)	0,50-1,00			
		0,25-0,50			
		0,15-0,25			
		0,10-1,00			
		400			
		1000			
		20			
		15			
		1 - 2			
		1 - 2			
		400			
		10			
3	Kebutuhan Air Rata –Rata	Kebutuhan domestik + non domesik			
4	Kebutuhan Air Maksimum	Kebutuhan rata-rata x 1,15 - 1,2 (faktor kehilangan jam maksimum)			

Sumber : Kamulyan, 2000

2.2.3.2. Pertumbuhan Penduduk

Untuk mengetahui kebutuhan air tiap penduduk, maka jumlah penduduk pada tahun-tahun mendatang harus diperhitungkan. Dari kebutuhan air tiap penduduk dapat diketahui jumlah air kotor (buangan) akibat rumah tangga. Untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada masa mendatang, dapat dilakukan dengan menggunakan Metode Eksponensial, perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial adalah pertumbuhan penduduk yang berlangsung terus menerus, dapat didekati dengan persamaan berikut :

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \tag{2-20}$$

- dengan: P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = Angka pertumbuhan penduduk tiap tahun (%)
- n = Periode tahun yang ditinjau (tahun)
- e = Bilangan natural (2,71828)



2.3. Evaluasi Saluran Drainasi

Saluran drainasi di evaluasi untuk mengalirkan air buangan dari saluran drainasi ke boezem yang direncanakan dan saluran drainasi di bagian hilir boezem. Saluran drainasi perkotaan dapat dimasukkan kedalam jenis saluran yang mampu menahan erosi dengan memuaskan. Pada perencanaan drainasi ini di gunakan dasar-dasar dari perencanaan saluran tahan erosi. Sedang perhitungan dimensi saluran drainasi di gunakan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Luas Basah Saluran (A)

$$A = (bxh) + (mxh^2) \quad (2-21)$$

- dengan :
- A = luas tampang saluran (m²)
 - b = lebar dasar saluran (m)
 - h = kedalaman air (m)
 - m = kemiringan talud

b. Keliling Basah Saluran (P)

$$P = b + \left(2xhx\sqrt{1+m^2} \right) \quad (2-22)$$

- dengan : P = keliling basah saluran (m)

c. Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} \quad (2-23)$$

d. Kecepatan Aliran

Untuk kecepatan aliran dicari dengan menggunakan rumus manning yaitu :

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2} \quad (2-24)$$

- dengan :
- V = kecepatan aliran (m/dt)
 - n = koefisien manning untuk saluran drainasi
 - R = jari-jari hidrolis (m)
 - S = kemiringan saluran

e. Kontrol Kapasitas Saluran

$$Q = AxV \quad (2-25)$$

- dengan :
- Q = debit yang dapat di tampung oleh saluran drainasi rencana (m³/dt)
 - A = luas saluran drainasi (m²)
 - V = kecepatan aliran (m/dt)



2.4. Pasang Surut Air laut

Pasang surut adalah perubahan ketinggian muka air laut karena gerak gravitasi bulan dan matahari dan benda langit lain pada perputaran bumi. Perubahan elevasi muka air laut ini merupakan fenomena alam teratur yang tidak dapat dihindari keberadaannya. Peramalan gelombang pasang surut air laut dilakukan untuk keperluan dermaga pelabuhan, perencanaan bangunan-bangunan pantai, pelayaran, terutama kapal-kapal besar yang membutuhkan kedalaman air yang besar. (Widi Agus Pratikto, 1997 : 55)

2.4.1. Pengaruh Pasang Surut Terhadap Sistem Drainase

Pasang surut mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap sistem drainase di wilayah perkotaan yang terletak di kawasan pantai, khususnya untuk daerah yang datar dengan elevasi muka tanah yang tidak cukup tinggi. Perencanaan sistem drainase yang dipengaruhi oleh pasang surut perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Tinggi dan tipe pasang surut.
2. Elevasi kawasan yang menjadi obyek drainase.

2.5. Boezem

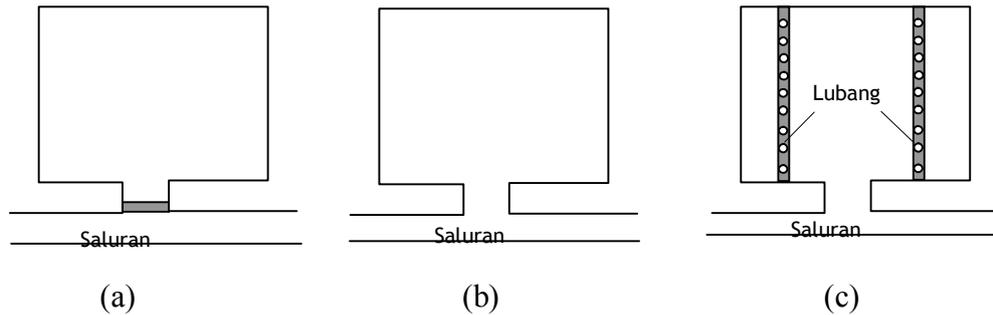
2.5.1. Tampungan Boezem

Fungsi dari tampungan boezem adalah untuk mengurangi debit (puncak) banjir dan menurunkan tingkat air pada daerah hilir boezem, yang dapat disebabkan oleh ketidakmampuan saluran menampung debit banjir atau karena adanya aliran balik saluran akibat pengaruh pasang surut (Anonim, 1993 : 2-113). Tampungan merupakan selisih antara jumlah air yang masuk dengan yang keluar ditambah dengan pengaruh evaporasi. Untuk keamanan perencanaan ini maka pengaruh evaporasi tidak diperhitungkan.

Ada beberapa model tampungan pada boezem, yang dapat dilihat pada gambar 2.2, antara lain:

- a. Tampungan dengan pintu pengatur, prinsipnya adalah pada saat kapasitas tampungan sudah maksimum, pintu ditutup dan pada saat saluran induk sudah mulai surut, pintu dibuka sehingga air dari tampungan dapat mengalir kembali ke saluran.

- b. Tampungan tanpa pintu pengatur, prinsipnya adalah menampung semua air yang dialirkan ke dalamnya dan secara otomatis akan dialirkan lagi jika tampungan tersebut sudah tidak memenuhi.
- c. Tampungan yang dihubungkan dengan saluran tertutup, prinsipnya adalah menampung semua air limpasan yang tidak dapat dialirkan oleh suatu saluran dan kemudian sebagian dialirkan melalui saluran tertutup melalui beberapa lubang kecil di dalam tampungan sementara.

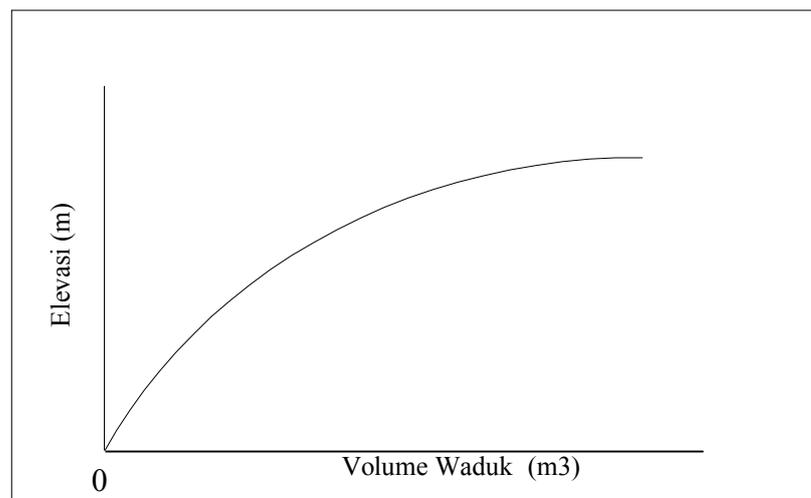


Gambar 2.2 Model Tampungan Sementara

Sumber : Anonim, 2001 : 4-11

2.5.2. Kapasitas Boezem

Kapasitas waduk dapat ditetapkan berdasarkan lengkung kapasitas waduk, yang mana merupakan suatu kurva yang menggambarkan hubungan antara luas muka air (*reservoir area*), volume (*storage capacity*) dengan elevasi. Dari lengkung kapasitas waduk ini akan diketahui besarnya tampungan pada elevasi tertentu, yang dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3 Kurva Lengkung Kapasitas

Sumber Soemarto, 1987:189



2.5.3. Penelusuran Banjir Lewat Tampungan

Penelusuran banjir adalah suatu prosedur untuk memperkirakan waktu dan besaran banjir di suatu titik pada suatu aliran berdasarkan data yang diketahui pada suatu titik di sebelah hulu (Anonim, 1999 : 53). Untuk mengevaluasi volume air yang di boezem, dilakukan penelusuran banjir melalui tampungan, sehingga dapat diketahui apakah boezem mampu menampung air yang masuk, dengan rumus sebagai berikut (Soemarto, 1987 : 188):

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2} \Delta t + \left[S_1 - \frac{O_1 \Delta t}{2} \right] = \left[S_2 - \frac{O_2 \Delta t}{2} \right] \quad (2-26)$$

- dengan :
- I_1, I_2 = *Inflow* pada waktu t_1, t_2
 - O_1, O_2 = *Outflow* pada waktu t_1, t_2
 - S_1, S_2 = *Tampungan* pada waktu t_1, t_2

Bila debit masuk, hubungan volume tampungan dengan elevasi muka air, hubungan *outflow* dengan elevasi muka air, volume tampungan awal, debit keluar awal semuanya diketahui, maka persamaan tersebut di atas dapat digunakan setahap demi setahap untuk menghitung perubahan tampungan waduk dan *outflow* yang disebabkan setiap banjir. Setelah bagian kiri dari persamaan diketahui semuanya, maka bagian kanan persamaan yaitu $S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ dapat dihitung.

Dengan menggambar kurva hubungan antara $S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ dengan elevasi serta kurva hubungan antara *outflow* O dengan elevasi, maka dapat diketahui hubungan antara O dengan $(S_2 + O/2)$.

Pada awal penelusuran, volume tampungan awal (S) debit keluar (Q dan debit masuk (I) diketahui.

Setelah langkah waktu Δt telah ditetapkan, maka seluruh komponen persamaan bagian telah diketahui semuanya, sehingga bagian kanan persamaan yang merupakan fungsi $S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ dapat dihitung.

Untuk langkah perhitungan yang praktis, dapat digunakan metode semi grafis sebagai berikut :



1. Dari data hubungan antara volume tampungan S dengan elevasi dan debit keluar Q dengan elevasi, dibuat grafik/kurva hubungan $S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ dengan elevasi, Δt adalah merupakan langkah waktu yang diambil sebesar 20% sampai 40% dari waktu naik hidrograf debit masuk (inflow).
2. Digambar pula kurva hubungan antara debit keluar Q dengan elevasi.
3. Pada awal penelusuran, volume tampungan, elevasi dan debit keluar telah diketahui. Untuk langkah waktu awal $\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right) \Delta t$ dan $S_2 - \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ diketahui sehingga dengan menggunakan persamaan penelusuran di atas, $S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ dapat dihitung.
4. Elevasi muka air pada $S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ dapat diperoleh dari kurva pertama, sedang debit keluar Q_2 pada langkah waktu akhir dapat diperoleh dari kurva kedua.
5. Dari $S_2 + \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ dapat diketahui $Q_2 \Delta t$ yang selanjutnya dapat dirubah menjadi $S_2 - \frac{Q_2 \Delta t}{2}$ awal, untuk langkah waktu berikutnya.
6. Prosedur ini dilakukan berulang-ulang tahap demi tahap untuk seluruh hidrograf debit masuk.

2.6. Debit Masuk Melalui Pelimpah Samping Boezem

Bangunan pelimpah direncanakan untuk tinggi air maksimum tertentu di saluran yang akan dilindungi, ditambah dengan debit maksimum yang dapat dilimpahkan. Tinggi muka air yang merupakan dasar kerja bangunan pelimpah adalah faktor yang sudah tertentu di dalam perencanaan.

Kapasitas bangunan pelimpah harus cukup untuk mengalirkan seluruh air lebih yang berasal dari banjir atau kesalahan eksploitasi tanpa menyebabkan naiknya tinggi muka air di saluran yang akan membahayakan tanggul (meluap).

Saluran pelimpah akan menguntungkan sekali jika jumlah air yang akan dilimpahkan tidak diketahui dengan pasti, karena pertambahan tinggi energi yang kecil saja di atas mercu panjang saluran pelimpah akan sangat memperbesar kapasitas debit, untuk memperhitungkan tinggi air di saluran utama dengan adanya pelimpah



samping dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut (K.G. Ranga Raju, 259 : 263)

$$E = h + \frac{Q^2}{2gB_1^2h^2} \quad (2-27)$$

Dengan mendifferensialkan terhadap x

$$\frac{dh}{dx} = \frac{Qh}{Q^2 - gB_1^2h^3} \frac{dQ}{dx} \quad (2-28)$$

Debit melalui lebar awal dx dari bendung samping dapat ditulis sebagai

$$dQ_w = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} (h - W)^{3/2} dx \quad (2-29)$$

Di sini C_M adalah koefisien debit

Karena
$$\frac{dQ_w}{dx} = - \frac{dQ}{dx}$$

$$\frac{dQ_w}{dx} = - \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} (h - W)^{3/2} \quad (2-30)$$

Selanjutnya dari persamaan (2-27)

$$Q = B_1 h \sqrt{2g(E - h)} \quad (2-31)$$

Dengan menggabung persamaan (2-28) melalui (2-31)

$$\frac{dh}{dx} = - \frac{4 C_M}{3 B_1} \frac{\sqrt{(E-h)(h-W)^3}}{2E-3h} \quad (2-32)$$

Dengan mengintegalkan antara batas $x = 0$ dan $x = B_2$, diperoleh

$$B_2 = \frac{3 B_1}{2 C_M} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad (2-33)$$

Dimana
$$\Phi = \frac{2E-3W}{E-W} \sqrt{\frac{E-h}{h-W}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E-h}{h-W}} \quad (2-34)$$

Mengubah persamaan (2-33) menjadi

$$C_M = \frac{3 B_1}{2 B_e} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad (2-35)$$

Dimana lebar efektif bendung B_e dinyatakan dengan

$$B_e = B_2 - 0,005 \quad (2-36)$$

Untuk bendung puncak tajam empat persegi yang terletak pada saluran cabang 90° . Karena itu, Ranga Raju et al. Menguraikan koefisien debit C_M (dalam persamaan (2-35)) dari bendung puncak lebar sebagai

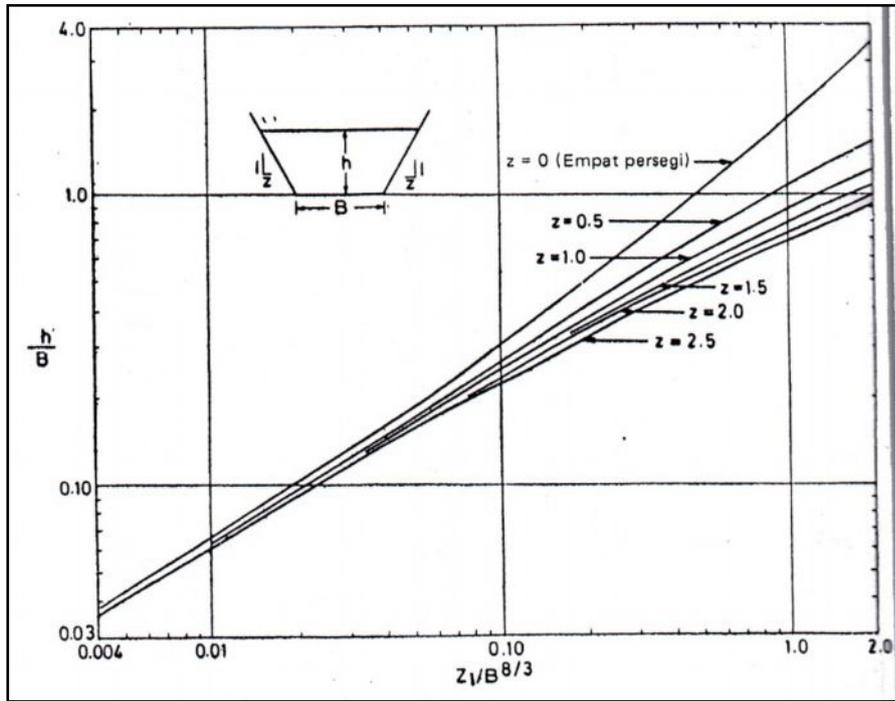
$$C_M = (0,81 - 0,60F_1)K \quad (2-37)$$

Dimana K ialah parameter yang mempertimbangkan pengaruh panjang puncak.

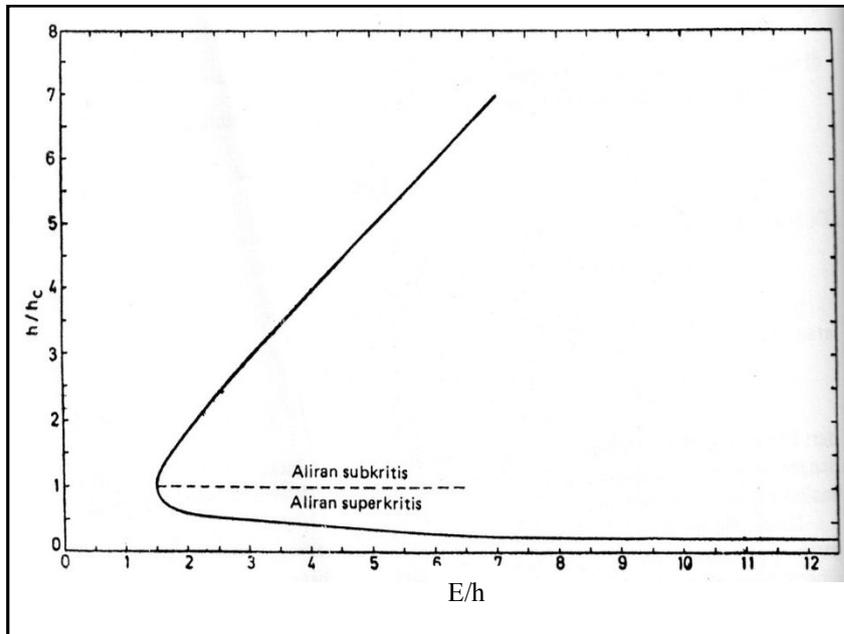


$$K = 1,0 \text{ untuk } (h_1 - W)/L \geq 2,0$$

$$\text{Dan } K = 0,8 + 0,10 \frac{h_1 - W}{L} \text{ untuk } (h_1 - W)/L \leq 2,0 \quad (2-38)$$



Gambar 2.4 Kurva tanpa dimensi dari faktor penampang Z_1 untuk saluran berbentuk empat persegi dan trapesium



Gambar 2.5 Kurva energi spesifik tanpa dimensi untuk saluran empat persegi



2.7. Penanggulangan Banjir

Dalam kajian ini jika evaluasi yang dilakukan memperoleh hasil bahwa kapasitas saluran itu sendiri tidak memenuhi debit yang seharusnya ditampung, maka perlu diadakan suatu upaya penanggulangan untuk mencegah terjadinya banjir yang dapat merugikan lingkungan sekitar daerah studi. Adapun hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi banjir pada wilayah studi, yaitu :

1. Pengevaluasian saluran drainasi utama terutama di bagian hilir lahan perencanaan boezem.
2. Perencanaan boezem dengan memaksimalkan lahan yang ada.