

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Banjir Menurut Suripin (2003) adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya. Banjir menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2002) adalah aliran yang relatif tinggi dan tidak tertampung lagi oleh alur sungai atau saluran.

Kota Yogyakarta memiliki sungai yang berada membelah di tengah kota, yaitu Sungai Code. Hulu Sungai Code berada di Kabupaten Sleman yang masih alami, namun di bagian tengah Sungai Code yang terletak di Kota Yogyakarta terdapat pemukiman yang menempati bantaran sungai. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) lahan di bantaran Sungai Code sebenarnya diperuntukkan untuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan bukan untuk pemukiman. Lokasi permukiman Code, masih berada di badan Sungai Code. Penduduk Bantaran Sungai Code menempati lahan kosong pada ketinggian lebih dari tiga meter dari titik sungai terendah. Lokasi tersebut dipilih karena pada kondisi biasa daerah tersebut relatif aman dari aliran air sungai. Pada kondisi tertentu, curah hujan tinggi atau terjadi aliran lahar dingin akibat aktivitas Gunung Merapi, daerah tersebut rawan terjadi banjir. (Rahmawati, 2010)

Suatu kawasan hunian harus dibangun dengan memperhatikan tinggi tanah. Tinggi rendah (peil) pekarangan harus dibuat dengan tetap menjaga keserasian lingkungan agar tidak merugikan penduduk atau pihak lain. (Keputusan Menteri Pekerjaan Umum, 1998).

Apabila tinggi tanah pekarangan berada di bawah titik ketinggian (peil) bebas banjir atau terdapat kemiringan yang curam atau perbedaan tinggi yang besar pada tanah asli suatu perpeetakan, maka tinggi maksimal lantai dasar ditetapkan sendiri. (Keputusan Menteri Pekerjaan Umum, 1998)

2.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. (Triatmodjo, 2009)

Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai. (Triatmodjo, 2009)

2.3 Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi, 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)

Soewarno (1995) berpendapat bahwa menentukan debit banjir rencana bergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Debit banjir rencana memiliki macam-macam kala ulang yang sesuai dengan perencanaan di suatu lokasi. Dalam pemilihan suatu teknik analisis penentuan banjir rencana tergantung dari data-data yang tersedia dan macam dari bangunan air yang akan dibangun.

Perhitungan debit banjir memerlukan data curah hujan yang diperoleh melalui stasiun-stasiun penakar hujan. Stasiun penakar hujan yang berpengaruh di DAS Code telah memakai alat otomatis yang menghasilkan curah hujan.

2.3.1 Analisis curah hujan rencana

Pengukuran curah hujan hanya berada di suatu titik tertentu yang mewakili suatu wilayah. Besar curah hujan suatu luasan dapat dihitung dengan Metode *Thiessen*. Metode *Thiessen* didasarkan atas cara rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung diantara dua buah pos penakar.

Rumus :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.1)$$

A_1, A_2, A_3, A_n : luas daerah pengaruh pos 1,2,3,...n

d_1, d_2, d_3, d_n : tinggi curah hujan di pos 1,2,3,...n

d : tinggi curah hujan rata-rata areal

(Soemarto, 1995)

2.3.2 Perbaikan data

Dalam pengumpulan data curah hujan selama 10 tahun, terdapat data yang hilang atau tidak tercatat dikarenakan alat yang digunakan rusak. Oleh karena itu dilakukan cara perhitungan untuk memperkirakan data yang hilang tersebut. Metode yang dapat digunakan dalam memperkirakan data yang hilang adalah *Normal Ratio Method*. Metode ini digunakan untuk memperkirakan nilai data curah hujan yang hilang di stasiun tertentu dengan membandingkan data curah hujan di stasiun lainnya. Rumus yang digunakan sebagai berikut,

$$NR = \frac{1}{n} \left[\frac{N_x}{N_a} P_a + \frac{N_x}{N_b} P_b \dots + \frac{N_x}{N_n} P_n \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

NR : *Not Recorded* / data curah hujan yang hilang

n : Jumlah stasiun pembanding

N_x : Jumlah curah hujan tahunan di tahun patokan pada stasiun yang kehilangan data

N_a, N_b : Jumlah curah hujan tahunan di tahun patokan pada stasiun tertentu yang berpengaruh

P_a, P_b : Data curah hujan harian pada tanggal yang sama dengan data yang akan dicari di stasiun tertentu yang berpengaruh

2.3.3 Pengujian Hipotesa Data

Uji hipotesa data berfungsi untuk mengetahui kevalidan data atau keakuratan data yang dapat diuji dengan metode berikut.

2.3.3.1 Uji Ketidakadaan *Trend*

Data yang akan diuji untuk analisis distribusi peluang harus menunjukkan ada atau tidak adanya *trend*, karena jika ada *trend* maka tidak dapat digunakan untuk analisis distribusi peluang. *Trend* dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan varian dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan *trend* dari suatu deret berkala. Salah satu cara adalah dengan menggunakan koefisien korelasi *Spearman*.

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

KP : Koefisien korelasi peringkat *Spearman*

n : jumlah data

dt : $R_t - T_t$

T_t : peringkat dari waktu

R_t : peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala

t : nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5%) dapat dilihat dalam Lampiran 7

2.3.3.2 Uji Stasioner

Data yang akan diuji untuk analisis distribusi peluang harus homogen, yang berarti data berasal dari populasi yang sama jenis.

a. Uji Varian

$$F = \frac{N_1 S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 S_2^2 (N_1 - 1)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

F : perbandingan F, nilai F dalam tabel dapat dilihat dalam Lampiran 8

N_1 : jumlah sampel kelompok sampel ke 1

N_2 : jumlah sampel kelompok sampel ke 2

S_1 : deviasi standar kelompok sampel ke 1

S_2 : deviasi standar kelompok sampel ke 2

dk_1 : derajat kebebasan kelompok sampel ke 1

dk_2 : derajat kebebasan kelompok sampel ke 2

b. Uji Kestabilan nilai rata-rata

$$\sigma = \left(\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right), t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{1/2}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

t : nilai distribusi t

n_1 : jumlah sampel kelompok sampel ke 1

n_2 : jumlah sampel kelompok sampel ke 2

S_1 : deviasi standar kelompok sampel ke 1

S_2 : deviasi standar kelompok sampel ke 2

H_0 : varian stabil

H_1 : varian tidak stabil

α : 0.05

2.3.3.3 Uji Persistensi

Data berasal dari sampel acak harus diuji, yang umumnya merupakan persyaratan dalam analisis distribusi peluang. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial.

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (d_i)^2}{m^3 - m} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$t = KS \left(\frac{m-2}{1-KS^2} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

KS : koefisien korelasi serial

m : n-1

n : jumlah data

di : perbedaan nilai antara peringkat data ke X dan ke X+1

t : nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (m-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5% ditolak atau 95% diterima)

2.3.4 Analisis frekuensi

Curah hujan rata-rata dari berbagai stasiun yang ada di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebaran data curah hujan yang sesuai dengan pola sebaran data curah hujan rata-rata.

2.3.4.1 Pengukuran Dispersi

Tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat dari sebaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi. Adapun cara pengukuran dispersi antara lain :

1. Deviasi Standar (SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.9)$$

(Soewarno, 1995)

Keterangan : SD : deviasi standar

X_i : nilai varian ke-i

\bar{X} : nilai rata-rata varian

n : jumlah data

2. Koefisien *Skewness* (CS)

$$CS = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum \frac{(X_i - \bar{X})^3}{SD^3} \dots\dots\dots(2.10)$$

(Soemarto, 1999)

Keterangan : CS : Koefisien *Skewness*

X_i : nilai varian ke i

\bar{X} : nilai rata-rata varian

n : jumlah data

SD : deviasi standar

3. Pengukuran Kurtosis (CK)

$$CK = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{SD^4} \dots\dots\dots(2.11)$$

(Soewarno, 1995)

Keterangan : CK : Koefisien kurtosis

Xi : nilai varian ke i

\bar{X} : nilai rata-rata varian

n : jumlah data

SD : deviasi standar

4. Koefisien Variasi (CV)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.12)$$

(Soewarno, 1995)

Keterangan : CV : Koefisien variasi

\bar{X} : nilai rata-rata varian

2.3.4.2 Jenis-jenis Sebaran (Distribusi)

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi. Dalam kajian ini digunakan beberapa jenis distribusi yang kemudian dipilih salah satu distribusi yang memenuhi syarat. Distribusi tersebut diantaranya adalah

1. Distribusi Gumbel

Rumus yang dipakai :

$$RT = R + (k \times Sd) \dots\dots\dots(2.13)$$

(Sosrodarsono, 1983)

Faktor Frekuensi k didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

R_t : debit banjir rencana periode ulang t tahun (m^3/det)

R : debit rata-rata (m^3/det)

k : faktor frekuensi

S : deviasi standar

Y_t : *reduced variate*, diperoleh dalam Lampiran 9

Y_n : *reduced mean*, diperoleh dari Lampiran 10

S_n : *reduced standard deviation*, diperoleh dalam Lampiran 11

n : jumlah tahun pengamatan

T : periode ulang

2. Distribusi Log Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

$$\log X_t = \log X_n + S \times K_t \dots\dots\dots(2.15)$$

(Soewarno, 1995)

Keterangan :

X_t : besarnya debit banjir yang mungkin terjadi dengan periode ulang T tahun (m^3/det).

X_n : debit rata-rata (m^3/det)

SD: deviasi standar data debit maksimum tahunan

K_t : standar variabel untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan pada

Tabel 2.1 Standar Variabel (K_t)

Tabel 2.1 Standar Variabel (K_t)

T	K_t	T	K_t	T	K_t
1	-1.86	20	1.89	90	3.34
2	-0.22	25	2.1	100	3.45
3	0.17	30	2.27	110	3.53
4	0.44	35	2.41	120	3.62
5	0.64	40	2.54	130	3.7
6	0.81	45	2.65	140	3.77
7	0.95	50	2.75	150	3.84
8	1.06	55	2.86	160	3.91
9	1.17	60	2.93	170	3.97
10	1.26	65	3.02	180	4.03
11	1.35	70	3.08	190	4.09
12	1.43	75	3.6	200	4.14
13	1.5	80	3.21	210	4.24
14	1.57	85	3.28	240	4.33
15	1.63	90	3.33	260	4.42

Sumber : Soemarto, 1999

3. Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

Metode Distribusi *Log Pearson Type III* apabila digambar pada kertas peluang logaritmik merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$\log X_t = \log X_n + k \times S \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan :

X_t : besarnya debit banjir rencana (m^3/det).

X_{rt} : debit rata-rata (m^3/det)

SD : deviasi standar

k : koefisien untuk distribusi *Log Pearson Type III*

Langkah-langkah di dalam menggunakan Metode Distribusi *Log Pearson*

Type III adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data debit sebanyak n buah X_1, X_2, \dots, X_n menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \dots, \log(X_n)$.

2. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_t)}{n} \dots \dots \dots (2.17)$$

3. Menghitung harga deviasi standar dengan rumus berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(X_t) - \log(X))^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.18)$$

4. Menghitung koefisien *skewness* (CS) dengan rumus :

$$CS = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum \left(\frac{\log X_i - \log X_{rt}}{S} \right)^3 \dots \dots \dots (2.19)$$

5. Menghitung logaritma debit banjir rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\log X_t = \log X + G \times S_t \dots \dots \dots (2.20)$$

Keterangan : X_t : debit banjir rencana periode ulang T tahun (m³/det)

G : harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s yang didapat dalam Lampiran 12

6. Menghitung koefisien kurtosis (CK) dengan rumus :

$$CK = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(X_t) - \log(X)\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_1^4} \dots \dots \dots (2.21)$$

7. Menghitung koefisien variasi (CV) dengan rumus :

$$CV = \frac{S_1}{\log(X)} \dots \dots \dots (2.22)$$

2.3.4.3 Pemilihan Jenis Sebaran

Pemilihan jenis sebaran dilakukan dengan metode Analisis yaitu dengan membandingkan parameter statistik untuk menentukan jenis sebaran yang sesuai dengan kriteria yang dipersyaratkan. Kriteria jenis sebaran dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Penentuan Jenis Sebaran

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^3$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Gumbel	$C_v \approx 1,1396$ $C_k \approx 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$C_s > 0$

(Soemarto, 1995)

2.3.5 Uji Keselarasan

Uji keselarasan dilakukan untuk menentukan bahwa persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Salah satu cara Uji Keselarasan adalah Uji *Chi-Square*

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \dots \dots \dots (2.23)$$

Keterangan : χ^2 : harga *Chi-Square*

E_f : banyaknya frekuensi yang diharapkan.

O_f : frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

n : jumlah data

2.3.6 Perhitungan debit banjir rencana

Perhitungan debit banjir rencana memiliki banyak metode. Salah satu metode yang digunakan dalam menentukan debit banjir rencana adalah Metode Rasional. Metode Rasional adalah metode yang digunakan apabila daerah aliran sungai mempunyai data hidrologi.

2.3.6.1 Metode Weduwen

Perhitungan debit banjir pada daerah pengaliran sungai yang mempunyai luas kurang dari 100 km² dapat ditentukan dengan Metode Weduwen

Persamaan Metode Weduwen menurut Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah sebagai berikut

$$Q_{max} = \alpha\beta qf \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

Q_{max} : debit maximum (m³/det)

α : Koefisien aliran

β : Koefisien reduksi

f : luas daerah pengaliran (km²)

q : Hujan Maksimum (m³/km²/det)

keterangan untuk Metode Weduwen

(1) Koefisien aliran (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = 1 \frac{4,1}{\beta q + 7} \dots\dots\dots(2.25)$$

(2) Koefisien reduksi (β) dihitung dengan rumus

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}f}{120+f} \dots\dots\dots(2.26)$$

(3) Waktu konsentrasi (t_k) dihitung dengan rumus

$$t_k = 0,125L \cdot Q^{-0,125} i^{-0,25} \dots\dots\dots(2.27)$$

(4) Hujan maksimum (q) dihitung dengan rumus

$$q = \frac{67,65}{t+1,45} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dengan $t = 1/6$ sampai 12 jam dan $f = < 100 \text{ km}^2$

Kriteria Perencanaan 01 tahun 2010 menyebutkan ada tiga metode yang dianjurkan untuk menetapkan curah hujan empiris-limpasan air hujan, yakni

1. Metode Weduwen untuk luas daerah sungai sampai 100 km^2
2. Metode Melchior untuk luas daerah aliran sungai lebih dari 100 km^2
3. Metode Haspers untuk DPS lebih dari 5000 ha

2.4 Penampang Kritis

Debit yang dapat ditampung suatu penampang sungai dapat diperoleh dari perhitungan penampang kritis. Aliran pada Sungai Code dianggap aliran seragam karena tidak ada perubahan yang besar mengenai arah dan kecepatan.

Menurut Bambang Triadmodjo (2008), rumus perhitungan debit banjir adalah sebagai berikut :

$$Q = A V \dots\dots\dots(2.29)$$

$$A = B H \dots\dots\dots(2.30)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan :

Q : debit

A : luas penampang

V : kecepatan aliran

H : tinggi penampang

B : lebar penampang

n : Koefisien *Manning* (terdapat pada lampiran 2)

R : *radius* hidrolik

P : keliling penampang basah

I : kemiringan dasar sungai

Apabila dinding dan dasar alur sungai berbeda, menurut SNI 2830-2008 dalam Tata Cara Perhitungan Tinggi Muka Air Sungai dengan Cara Pias berdasarkan Rumus *Manning* adalah

$$n_{ek} = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i^{3/2} \cdot P_i)^{2/3}}{P_{total}} \dots\dots\dots (2.33)$$

dengan, n_{ek} : Koefisien Kekasaran *Manning* Ekuivalen

P_{total} : keliling basah total

P_i : keliling basah pada bidang ke-i

n_i : koefisien kekasaran *Manning* pada bidang ke-i terdapat dalam Lampiran 2

k : jumlah bidang singgung.