

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 DAS (Daerah Aliran Sungai)

Daerah Aliran Sungai (*catchment area, basin, watershed*) merupakan daerah tempat seluruh air hujan jatuh yang akan mengalir menuju suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini biasanya dibatasi oleh batas topografi (Zakaria et al., 2013). Batas DAS tidak bisa ditentukan berdasarkan air bawah tanah karena sifat air tanah selalu berubah-ubah mengikuti musim dan pemakaian.

2.2 Banjir

Banjir adalah masalah umum yang sering terjadi di wilayah Indonesia, terutama di wilayah padat penduduk, contohnya di daerah perkotaan. Kerugian yang dapat ditimbulkan cukup besar, baik dari segi materi maupun kerugian jiwa/kematian (Sipil et al., 2020), maka dari itu permasalahan banjir perlu mendapatkan perhatian yang serius.

Banjir merupakan peristiwa tergenangnya daratan yang biasanya kering, terjadi karena volume air pada suatu badan air meningkat. Banjir dapat terjadi karena peluapan air yang terlalu berlebih di suatu tempat akibat hujan besar, pecahnya bendungan sungai, naiknya air dipermukaan laut, es

mencair. Banjir dapat menjadi suatu bencana ketika terjadi pada daerah yang merupakan tempat aktivitas manusia. Terdapat dua peristiwa banjir, pertama banjir yang terjadi pada daerah yang biasanya tidak terjadi banjir, kedua peristiwa banjir terjadi karena limpasan air banjir dari sungai yang disebabkan oleh debit banjir yang lebih besar dari kapasitas pengaliran sungai yang ada (Kodatie dan Sugiyanto, 2002 dalam Indradewa.2008). Menurut Kodoatie dan Sugiyanto (2002), secara umum faktor terjadinya banjir dapat bersifat alami dan diakibatkan oleh tindakan manusia. Faktor yang bersifat alami diantaranya:

1. Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis sehingga memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Musim hujan biasanya terjadi antara bulan Oktober sampai dengan Maret, dan musim kemarau yang terjadi antara bulan April sampai dengan bulan September. Curah hujan yang tinggi pada musim hujan mengakibatkan banjir akan timbul secara alami
2. Pengaruh Fisiografi atau geografi fisik sungai yang mempengaruhi terjadinya banjir seperti bentuk sungai, kemiringan daerah pengaliran sungai (DPS), bentuk penampang (seperti kedalaman, potongan memanjang, dan material dasar sungai), kemiringan sungai, lokasi sungai dan lain sebagainya.
3. Erosi, sedimentasi erosi, dan sedimentasi di DPS mempengaruhi berkurangnya kapasitas penampang sungai. Semakin besar sedimentasi yang ada di sungai berarti akan mengurangi kapasitas saluran/sungai itu sendiri, sehingga dapat menimbulkan genangan dan banjir di sungai.

4. Pengurangan kapasitas aliran banjir yang disebabkan pengendapan yang berasal dari erosi DPS dan erosi tanggul sungai yang terlalu berlebih. Sedimentasi di sungai juga menjadi faktor pengurangan kapasitas aliran dikarenakan tidak adanya vegetasi tertutup dan penggunaan lahan yang tidak tepat.
5. Kapasitas drainase yang tidak memadai yang mengakibatkan timbulnya genangan dan banjir di musim hujan. Hal ini dikarenakan limpasan air hujan tidak dapat disalurkan dengan baik oleh drainase sehingga timbulah masalah banjir pada saat volume air hujan yang tidak dapat ditampung oleh drainase tersebut.

Banjir dibedakan menjadi lima tipe menurut Pusat Kritis Kesehatan Kemenkes RI (2018), yaitu:

1. Banjir Air

Banjir ini merupakan banjir yang sering terjadi, diakibatkan karena intensitas air yang melebihi kapasitas sehingga terjadi luapan disungai, selokan ataupun danau.

2. Banjir Bandang

Banjir ini merupakan banjir yang paling berbahaya karena memberikan dampak kerusakan yang cukup parah. Banjir bandang biasanya terjadi di daerah pegunungan dan yang diakibatkan oleh gundulnya hutan.

3. Banjir Rob (Banjir laut air pasang)

Banjir yang terjadi di wilayah sekitar pesisir pantai dan terjadi akibat air laut.

4. Banjir Lumpur

Banjir lumpur merupakan banjir yang keluar dari dalam bumi menuju ke daratan dan mengandung bahan yang berbahaya seperti bahan gas yang mempengaruhi kesehatan makhluk hidup.

5. Banjir Cileunang

Banjir ini hampir mirip dengan banjir air, banjir ini terjadi akibat hujan yang sangat deras sehingga air tidak dapat tertampung lagi.

1.3 Analisis Hidrologi

Data yang digunakan adalah data curah hujan dari dua stasiun, yaitu dari Stasiun Bayah dan Stasiun Cibeber. Data curah hujan rata-rata dianalisis dengan menggunakan beberapa metode diantaranya.

a. Metode Rata-rata Aljabar (Aritmatika)

Pengukuran dengan Metode dilakukan di beberapa stasiun hujan dalam waktu yang bersamaan lalu dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun hujannya. Stasiun yang digunakan dalam perhitungan biasanya berada dalam DAS tetapi stasiun diluar DAS yang masih dekat bisa dihitung. Metode aritmatika atau rata-rata aljabar merupakan metode yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah (Triatmodjo, 2013). Metode ini dirumuskan dengan persamaan dibawah ini:

$$p = \frac{p_1 + p_2 + p_3 \dots + p_n}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

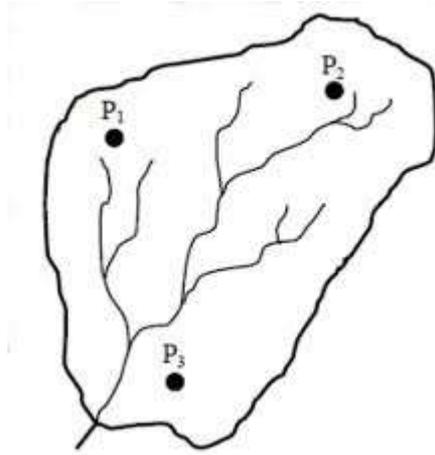
dimana:

p = Hujan rerata kawasan

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ = curah hujan pada stasiun hujan 1, 2, 3,, n.

N = Banyaknya stasiun hujan

Gambar 2.1 dibawah ini mendeskripsikan luasan DAS yang dihitung pada metode aritmatika.



Gambar 2.1 Luasan DAS metode aritmatik.

b. Metode Poligon *Thiessen*

Metode ini menggunakan konsep perhitungan dengan menghitung besar dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitar. Pada suatu luasan DAS dianggap bahwa besarnya hujan adalah sama yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun terdekatnya. Metode ini dapat digunakan apabila sebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Daerah pengaruh dari tiap stasiun digunakan untuk melakukan perhitungan curah hujan rerata (Triadmodjo, 2013).

Metode poligon *thiessen* cocok untuk menentukan rata-rata hujan apabila stasiun hujan tidak banyak dan hujan tidak merata. Perhitungan dengan metode ini lebih memberikan hasil yang teliti dibandingkan dengan metode aritmatika atau rata-rata aljabar, tetapi penentuan titik pengamatan akan mempengaruhi ketelitian yang didapat. Pembentukan poligon *thiessen* adalah sebagai berikut:

- a. Menggambarkan stasiun pencatat hujan pada peta DAS, termasuk daerah stasiun hujan di luar DAS yang letaknya dekat.
- b. Menghubungkan stasiun tersebut dengan garis lurus (garis putus-putus) sehingga membentuk segitiga yang memiliki sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c. Membuat garis berat pada sisi segitiga.
- d. Garis-garis berat tersebut dihubungkan dan membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Pada stasiun yang letaknya berada di

dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.

- e. Melakukan perhitungan dengan mengkalikan luas tiap poligon yang diukur terlebih dahulu dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Hasil dari penjumlahan pada poin *e* untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang dianalisis menggunakan hujan rerata daerah dalam bentuk matematika memiliki bentuk seperti dibawah ini.

$$P = \frac{A_1p_1+A_2p_2+A_3p_3+\dots+A_n p_n}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

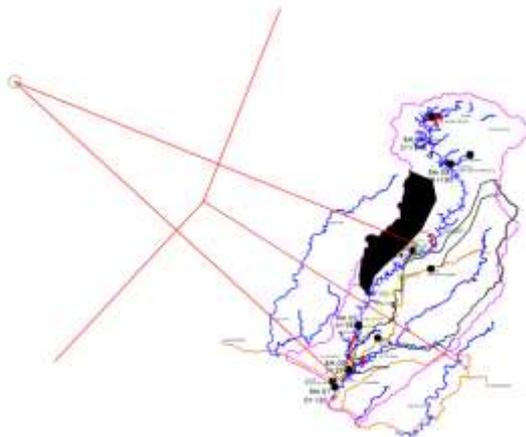
dimana:

P = hujan rerata kawasan

P_1, p_2, \dots, p_n = hujan pada stasiun 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ... , n.

Gambar 2.2 dibawah ini mendeskripsikan tentang penggambaran luasan DAS dengan metode poligon *thiessen*.



Gambar 2.2 Luasan DAS metode poligon *thiessen*.

c. Metode Rata-Rata *Isohyet*

Metode *isohyet* merupakan metode garis yang menghubungkan titik-titik curah hujan yang sama. Metode ini dianggap bahwa hujan suatu wilayah diantara dua garis *isohyet* merata dan sama dengan nilai rata-rata dari dua garis *isohyet* (Christian, 2014).

Metode ini menggunakan rumus seperti dibawah ini:

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2}A_1 + \frac{R_3+R_4}{2}A_2 + \dots + \frac{R_n+R_{n-1}}{2}A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan di garis *Isohyet* (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = luas bagian yang dibatasi oleh *Isohyet* (km²)

1.4 Analisis Frekuensi

Triadmodjo (2013) mengemukakan bahwa frekuensi adalah jumlah kejadian dari sebuah varian, dengan frekuensi interval tertentu, misalnya 10 tahunan, 100 tahunan atau 1000 tahunan. Tujuannya untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim dengan frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas.

Dalam statistik beberapa parameter yang dikenal dan berkaitan dengan analisis data diantaranya nilai rata-rata, simpangan bakum koefisien varian, koefisien skewnes, koefisien kurtosis Lestari, U. S. (2016).

Parameter statistik analisis frekuensi dapat dijelaskan dengan persamaan dibawah ini:

- Rata-rata (x)

$$x = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots (2.4)$$

- Simpangan Baku (s)

$$s = \frac{\sqrt{(\sum(Xi-x)^2)}}{n-1} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Varians

$$s^2 = \frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n-1} \dots\dots\dots (2.6)$$

- Koefisien Varians

$$Cv = \left(\frac{x}{s}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

1.4.1 Distribusi Gumbel

Persamaan yang digunakan dalam distribusi gumbel adalah sebagai berikut:

$$X = x + s.K \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana:

x = nilai rata-rata

s = standar deviasi

K = faktor untuk nilai ekstrim gumbel

Cara mencari nilai K:

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.8)$$

dimana:

Y_n = *reduce mean* yang tergantung dari sampel data

S_n = *reduce standard deviation* yang tergantung pada jumlah data

Tr = fungsi waktu balik

Mencari nilai Y_{tr} :

$$Y_{tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{Tr-1}{Tr} \right\} \quad (2.9)$$

Distribusi gumbel memiliki ciri koefisien skewness sama dengan 1,396 dengan $C_k = 5,4002$.

1.4.2 Distribusi Normal

Distribusi normal memiliki dua parameter yaitu rerata (μ) dan deviasi (σ).

$$P'(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.10)$$

dimana:

P' = fungsi peluang normal

X = variabel acak continue

μ = rata-rata nilai X

σ = simpangan baku X

1.4.3 Distribusi Log Person III

Untuk melakukan analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode ini, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + ktr \cdot S_1 \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana :

$\text{Log } X_T$ = besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun

$\text{Log } X$ = harga rata-rata dari data, $\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } x_i}{n}$

S_1 = standar deviasi, $S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } x_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$

ktr = koefisien frekuensi berdasarkan nilai C_s dengan periode ulang T .

Mencari nilai C_s menggunakan rumus:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } x_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S_1^3} \dots \dots \dots (2.12)$$

1.4.4 Distribusi Log-Normal

Distribusi Log-Normal digunakan untuk analisa frekuensi dengan persamaan berikut:

$$\text{Log XT} = \text{Log X} + k. \text{Sx. LogX} \quad (2.13)$$

dimana:

Log XT = besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

Log X = nilai rata-rata dari data

$$\text{SxLogX} = \text{standar deviasi} \sqrt{\frac{\sum_1^n \log(X_i)^2 - \sum_1^n \log(x_i)}{n-1}}$$

K = variabel induksi

Untuk menentukan jenis sebaran yang digunakan, maka parameter statistik data curah hujan wilayah diperiksa dengan kesesuaian data curah hujan terhadap jenis sebaran, seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Kesesuaian data curah hujan terhadap jenis sebaran.

No	Jenis distribusi	Syarat
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log normal 2 parameter	Cs (ln X) = 0 Ck (ln R) = 3
3	Gumbel 1	Cs = 1,14 Ck = 5,4
4	Log person III	Selain nilai diatas

1.5 Uji Kesesuaian Distribusi Curah Hujan

1.5.1 Smirnov Kolmogrov

Uji Smirnov Kolmogrov adalah membandingkan antara probabilitas empiris dan probabilitas teoritis. Probabilitas empiris dihitung dengan mengurutkan data dari yang terbesar hingga yang terkecil.

Persamaannya dibawah ini,

$$P(x) = \frac{m}{(n+1)} \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana:

m = nilai peringkat

n = jumlah data

perbedaan probabilitas teoritis dan empiris tidak boleh lebih dari nilai kritis Smirnov Kolmogrov.

1.5.2 Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_i^g \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana:

X^2 = parameter Chi Kuadrat terhitung

g = jumlah grup

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub ke i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Hasil uji teoritis tidak boleh melebihi nilai kritis Chi Kuadrat.

1.6 Analisis Debit Banjir

Untuk mengetahui besaran debit rancangan (Q_T) dapat dilakukan perhitungan dengan rumus metode rasional mencari debit. Metode ini merupakan metode yang sering dipakai untuk menghitung/memperkirakan debit di suatu DAS. Besarnya debit merupakan fungsi dari luas DAS, intensitas hujan, keadaan permukaan tanah yang dinyatakan dalam koefisien limpasan dan kemiringan sungai (Rachmadhini, I. D. 2019).

Rumus debit banjir rencana adalah sebagai berikut:

$$Q = C.I.A \dots\dots\dots (2.15)$$

Untuk kepentingan kepraktisan dalam satuan, maka:

$$Q = 0,278 . C.I.A \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana:

Q = debit puncak (m^3/s)

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan dengan durasi sama dengan waktu konsentrasi banjir (mm/jam)

A = luas DAS (km^2)

1.7 Koefisien Pengaliran

Koefisien ini dihitung dari besarnya curah hujan sehingga menjadi aliran permukaan. Harga koefisien limpasan dapat dilihat pada Tabel 2.2, Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.2 Harga koefisien pengaliran.

Lahan	Harga C
Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03
Belukar	0,07
Hutan Primer	0,02
Hutan Tanaman Industri	0,05
Hutan Rawa Sekunder	0,15

Perkebunan	0,4
Pertanian Lahan Kering	0,1
Pertanian Lahan Kering Campuran Semak	0,1
Pemukiman	0,6
Sawah	0,15
Tambak	0,05
Terbuka	0,2
Perairan	0,05

Sumber: Kodoatie dan Syarief, 2005

Tabel 2.3 Harga koefisien pengaliran berdasarkan penggunaan lahan.

Macam Penggunaan Lahan	Harga C
Tanah terbuka/tanpa tanaman	1,00
Sawah	0,01
Tegalan	0,70
Ubi kayu	0,80
Jagung	0,70
Kedelai	0,399
Kentang	0,40
Kacang tanah	0,20
Padi	0,561
Tebu	0,20
Pisang	0,60
Akar wangi	0,40
Rumput bede (tahun pertama)	0,287
Rumput bede (tahun kedua)	0,002
Kopi dengan penutup tanah buruk	0,20
Talas	0,85
Kebun campuran	0,10
Kerapatan sedang	0,20
Kerapatan rendah	0,50
Perladangan	0,40
Hutan alam: serasah banyak	0,001
Hutan alam: serasah kurang	0,005
Hutan produksi: tebang habis	0,50
Hutan produksi: tebang pilih	0,20
Semak belukar/padang rumput	0,30
Ubi kayu + kedelai	0,191
Ubi kayu + kacang tanah	0,196
Padi – Sorgum	0,345
Padi – Kedelai	0,417
Kacang tanah + gude (tanaman polongan)	0,495
Kacang tanah + kacang tunggak	0,571
Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ha	0,049
Padi + mulsa jerami 4 ton/ha	0,096
Kacang tanah + mulsa jerami 2 ton/ha	0,377
Pola tanam tumpang gilir + mulsa jerami	0,079
Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanaman	0,357
Alang-alang murni subur	0,001

Sumber: Kironoto, 2003

Tabel 2.4 Harga koefisien pengaliran berdasarkan lahan dan bentuk struktur.

Macam Penggunaan Lahan	Harga C (%)
Hutan Tropis	<3
Hutan Produksi	5
Semak Belukar	7
Sawah-Sawah	15
Daerah Pertanian, Perkebunan	40
Daerah Pemukiman	70
Jalan Aspal	95
Bangunan Padat	70 – 90
Bangunan Terpencar	30 – 70
Atap Rumah	70 – 90
Jalan Tanah	13 – 50
Lapis Keras Kerikil Batu Pecah	35 – 70
Lapis Keras Beton	70 – 90
Taman Halaman	5 – 25
Tanah Lapangan	10 – 30
Kebun, Ladang	0 - 20

Sumber: Soewarno, 2000

Tabel koefisien pengaliran diatas dapat digunakan sebagai acuan dengan melihat data sekunder tata guna lahan yang telah didapatkan dan nilai koefisien pengaliran yang nantinya akan digunakan untuk menghitung debit.

1.8 Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan tinggi curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam mm/jam. Dalam hal ini, rumus yang digunakan adalah rumus mononobe yaitu:

$$I = \frac{R}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

tc = Durasi curah hujan (menit/jam)

1.9 Hec-Ras

Pada tahun 1995 *Hidrologic Engineering Center (HEC) U.S. Army Corps of Engineering* mengembangkan *HEC-RAS* yang merupakan perangkat lunak non-komersial. Program ini didesain untuk menghitung profil muka air untuk aliran tetap (*steady flow*) dan aliran berubah-ubah (*gradually-varied flow*) pada saluran alami atau buatan manusia. *HEC-RAS* memiliki tujuan untuk menghitung elevasi muka air pada lokasi tampang melintang (*cross-section*) yang diteliti sepanjang sungai atau aliran untuk nilai aliran (*flow values*) tertentu. Hitungan profil dilakukan pada *cross-section* dengan kondisi awal yang diketahui, kemudian dilanjutkan ke arah hulu untuk tipe aliran *subcritical* dan arah hilir untuk arah *supercritical* (Bedient dkk, 2008).