

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Daerah Aliran Sungai

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan daerah aliran sungai adalah sebagai berikut:

- a. Daerah Aliran Sungai merupakan suatu kesatuan sungai dan anak-anak sungainya di suatu wilayah daratan, yang berfungsi menyimpan, menampung, dan secara alamiah mengalirkan air hujan ke danau atau ke laut. Topografis merupakan pemisah DAS dan yang bukan, sementara batas di laut adalah daerah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas daratan. (UU SDA No.17 Tahun 2019)
- b. Wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 Km². (UU SDA No.17 Tahun 2019)
- c. Sungai merupakan alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi oleh garis sempadan di setiap sisi. (Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011 Tentang Sungai)

3.2 Hujan

Presipitasi adalah jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan dapat terjadi dalam bentuk hujan, salju, kabut, embun, hujan es, dan lain-lain. Daerah tropis, termasuk Indonesia, hujan dianggap sebagai curah hujan karena merupakan penyumbang terbesar. Istilah hujan digunakan sebagai pengganti presipitasi. Hujan dihasilkan oleh uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor iklim seperti angin, suhu, dan tekanan. Uap air naik ke atmosfer, mendingin dan mengembun menjadi tetesan air dan kristal es, yang akhirnya jatuh sebagai hujan. (Triatmodjo, 2008).

Hujan merupakan sumber air untuk semua sungai di dalam tampungan baik diatas maupun di bawah permukaan tanah. Jumlah, intensitas dan distribusi hujan mempengaruhi jumlah dan ukuran debit sungai. Apabila data pencatatan debit tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran. (Triatmodjo, 2008)

3.3 Banjir

Banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai atau genangan air yang terjadi pada daerah yang rendah dan tidak bisa terdrainasikan (SNI 2415-2016). Banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai (Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011 Tentang Sungai). (Triatmodjo, Hujan yang turun di suatu daerah aliran sungai melebihi kapasitas infiltrasinya dan mengisi cekungan-cekungan di permukaan tanah. Ketika cekungan penuh, air mengalir ke permukaan. Limpasan permukaan, atau air hujan yang mengalir tipis-tipis di atas permukaan bumi, masuk ke dalam selokan dan selokan, bergabung dengan anak-anak sungai, dan akhirnya menjadi sungai. Di daerah pegunungan (di atas daerah aliran sungai), limpasan permukaan dapat dengan cepat masuk ke sungai dan menyebabkan peningkatan debit sungai. Apabila debit suatu sungai melebihi debit sungai maka terjadilah banjir di tepian sungai dan terjadilah banjir. Peningkatan debit banjir dapat terjadi dengan cepat di daerah aliran sungai bagian hulu yang kemiringan sungainya besar atau di daerah aliran sungai yang kecil, sedangkan di sungai besar peningkatan alirannya lambat dan debit puncaknya tercapai (Triatmodjo, 2008).

3.4 Penentuan Hujan Kawasan

Stasiun pengukur hujan hanya menyediakan kedalaman curah hujan di lokasi stasiun sehingga Banyaknya curah hujan di suatu daerah harus diperkirakan dari titik ukur tersebut. Apabila terdapat beberapa stasiun pengukuran dalam satu wilayah sungai, curah hujan yang tercatat di setiap stasiun mungkin tidak sama. Penentuan curah hujan rata-rata di suatu DAS sering kali diperlukan,

yang dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode berikut, yaitu metode rata-rata aljabar, metode Thiessen, dan metode isohies (Triatmodjo, 2008).

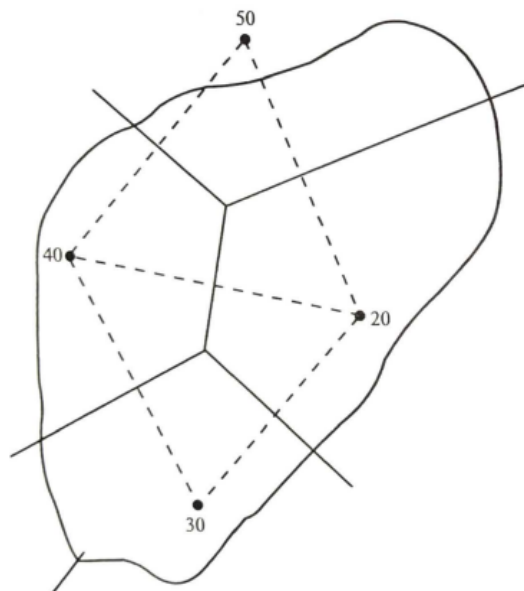
3.4.1 Metode Thiessen

Metode ini dilakukan dengan menghitung bobot masing-masing stasiun yang mewakili wilayah sekitarnya. Pada metode ini, curah hujan pada suatu wilayah cekungan sama dengan curah hujan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga curah hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili wilayah tersebut. Perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan mempertimbangkan zona pengaruh masing-masing stasiun (Triatmodjo, 2008).

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_NR_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

- \bar{R} = tinggi hujan rata-rata (mm)
- R_1, R_2, \dots, R_N = hujan pada setiap pos (mm)
- A_1, A_2, \dots, A_N = luas daerah yang mewakili stasiun (km²)



Gambar 3.1 Perhitungan Dengan Cara Metode Thiessen

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.4.2 Metode Isohiet

Garis isohyet merupakan garis yang menghubungkan titik-titik yang kedalaman curah hujannya sama. Pada metode isohiet, curah hujan antara dua garis isohiet merata dan sama dengan nilai rata-rata kedua garis isohiet tersebut. Garis isohyet dibuat dengan menggunakan prosedur berikut (Triatmodjo, 2008).

- Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau
- Dari nilai kealaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat intepolasi dengan pertambahan nilai yang ditetapkan
- Titik-titik interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama dibuat menjadi sebuah kurva. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis isohiet dan interbalnya.
- Mengukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan dan dikalikan dengan nilai rerata dari nilai kedua garis isohiet. Kemudian, jumlah dari hitungan dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata daerah tersebut.

$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{R_1+R_2}{2} + A_2 \frac{R_2+R_3}{2} + \dots + A_N \frac{R_N+R_{N-1}}{2}}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots$$

....(3.2)

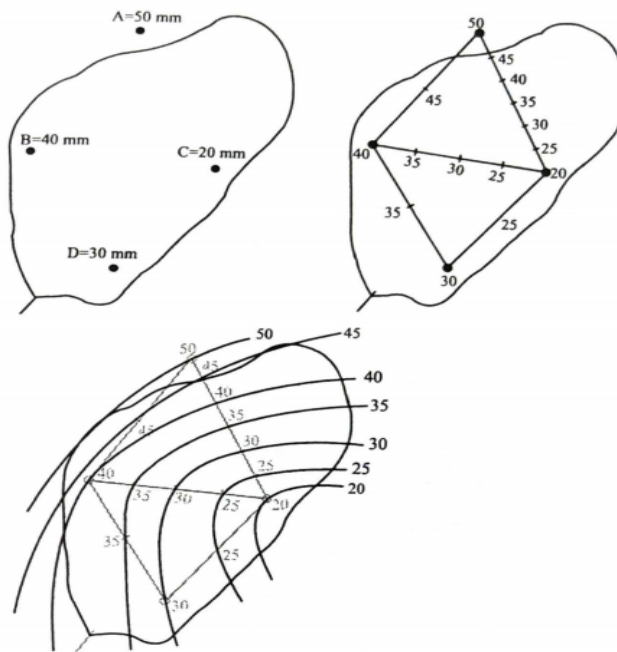
$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{R_1+ R_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

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

R_1, R_2, \dots, R_N = tinggi hujan yang sama pada setiap garis *Isohiet* (mm)

A_1, A_2, \dots, A_N = luas daerah yang dibatasi oleh garis *Isohiet* (km²)



Gambar 3.2 Perhitungan Dengan Cara Metode *Isohiet*

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.4.3 Metode Aritmatik Aljabar

Metode ini merupakan cara paling sederhana untuk menghitung rata-rata curah hujan di suatu daerah. Pengukuran dilakukan dengan menjumlahkan jumlah hujan yang terjadi pada waktu yang sama kemudian membaginya dengan jumlah stasiun. Stasiun pengukur curah hujan yang digunakan dalam perhitungan adalah stasiun yang terletak di dalam DAS dan stasiun yang terletak di luar DAS namun masih berdekatan (Triatmodjo, 2008).

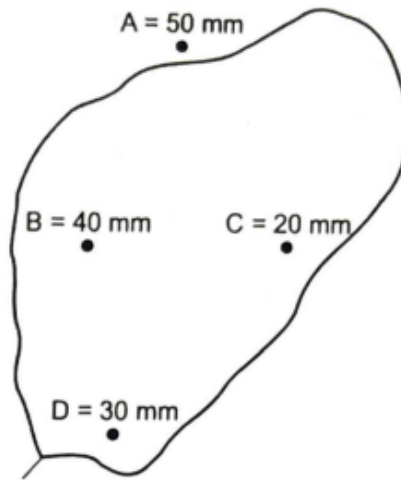
$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N}{N} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

\bar{R} = hujan rerata kawasan (mm)

R_1, R_2, \dots, R_N = tinggi hujan pada setiap pos hujan yang diamati (mm)

N = banyaknya pos hujan



Gambar 3.3 Perhitungan Dengan Cara Aljabar

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Dalam analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yang terukur selama beberapa tahun. (Triatmodjo, 2008)

3.5.1 Parameter Statistik

Dalam analisis data hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Rangkaian yang dilakukan dalam perhitungan analisis frekuensi yaitu parameter nilai rata-rata (\bar{x}), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv) koefisien kemiringan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). (Triatmodjo, 2008)

a. Nilai Rata-Rata

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
- X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
- N = jumlah data

b. Simpangan Baku (*Standard Deviation*)

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

- S_d = simpangan baku (mm)
- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
- X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
- N = jumlah data

c. Koefisien Varian

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

- C_v = koefisien varian
- S_d = simpangan baku (mm)
- X = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)

d. Koefisien Kemiringan

$$C_s = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_d^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

- C_s = koefisien kemiringan
- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
- X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
- N = jumlah data
- S_d = simpangan baku (mm)

e. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)S_d^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan:

- C_k = koefisien kurtosis

- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)
 X_i = curah hujan pada periode tertentu (mm)
 N = jumlah data
 S_d = simpangan baku (mm)

Lima parameter statistik di atas akan menentukan jenis metode yang akan digunakan dalam analisis frekuensi. (Kamiana, 2011)

Tabel 3.1 Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

N o.	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Sumber: Kamiana, 2011)

Di samping dengan menggunakan persyaratan Tabel (3.2), guna mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan, atau jika tidak ada yang memenuhi persyaratan, maka penggunaan suatu distribusi probabilitas diuji dengan metode Chi-Kuadrat atau Smirnov Kolmogorov. (Kamiana, 2011)

3.5.2 Distribusi Probabilitas

Dalam melakukan analisis frekuensi, terdapat beberapa distribusi probabilitas yaitu : Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III. (Kamiana, 2011)

a. Distribusi Gumbel

$$X_T = \bar{X} + S_d x K \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan:

X_T = hujan rencana atau debit dengan periode ulang T

\bar{X} = nilai rata-rata dari data hujan (X)

S_d = standar deviasi dari data hujan (X)

K = Faktor frekuensi gumbel

$$K = \frac{Y_T - Y_N}{S_N} \dots \dots \dots (3.11)$$

Y_t = Reduced Variate

$$Y_t = -Ln \left[-Ln \frac{T-1}{T} \right] \dots \dots \dots (3.12)$$

S_N = *reduced variate standard deviation*, merupakan koreksi dari penyimpangan, nilainya tergantung dari nilai n

Y_N = *reduced mean*, nilai yang tergantung dari nilai

Tabel 3.2 Nilai *Reduced Standart Deviation* (Sn) dan Nilai *Reduced Mean* (Yn)

n	Sn	Yn	n	Sn	Yn
10	0,9497	0,4952	60	1,1750	0,5521
15	1,0210	0,5128	70	1,1850	0,5548
20	1,0630	0,5236	80	1,1940	0,5567
25	1,0910	0,5390	90	1,2010	0,5586
30	1,1120	0,5362	100	1,2060	0,5600
35	1,1280	0,5403	200	1,2360	0,5672
40	1,1410	0,5436	500	1,2590	0,5724
45	1,1520	0,5463	1000	1,2690	0,5745
50	1,1610	0,5485			

(Sumber: Kamiana, 2010)

b. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T S_d \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan:

X_T = hujan rencana dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = nilai rata-rata dari data hujan (X) mm

S_d = standar deviasi dari data hujan (X) mm

K_T = faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T

Tabel 3.3 Nilai Variabel reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

(Sumber: Kamiana, 2010)

c. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T x S_d \text{ Log } X \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan:

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

$\text{Log } X$ = Nilai rata-rata dari log X

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{N} \dots\dots\dots(3.15)$$

$S_d \log X$ = deviasi standar dari log X

$$S_d \log X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \bar{\text{Log } X})^2}{N-1} \dots\dots\dots(3.16)$$

K_T = faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T

d. Distribusi *Log Pearson Type III*

$$\text{Log } X_T = \bar{\text{Log } X} + K_T \times S_d \text{Log } X \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan:

$\text{Log } X_T$ = Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T

$\text{Log } X$ = Nilai rata-rata dari Log X

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{N} \dots\dots\dots(3.18)$$

$S_d \log X$ = Deviasi standar dari log X

$$S_d \text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \bar{\text{Log } X})^2}{N-1} \dots\dots\dots(3.19)$$

K_T = variabel standar, besarnya bergantung koefisien kemencengan (Cs)

Tabel 3.4 Faktor frekuensi K_T untuk Distribusi Log Pearson III

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Peluang (%)					
	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051

2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-0,255	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891
0,7	-0,166	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733

-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,789	0,799
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.6 Uji Distribusi Probabilitas

Pengujian distribusi probabilitas bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik dari sampel data yang dianalisis. Ada dua metode untuk menguji distribusi probabilitas: metode Chi-square dan metode Smirnov-Kolmogorof (Kamiana, 2011).

3.6.1 Chi-Kuadrat

Perhitungan menggunakan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut: (Kamiana, 2011)

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots(3.20)$$

Keterangan:

- X^2 = parameter Chi-Kuadrat terhitung
- E_f = frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
- O_f = frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
- N = jumlah sub kelompok

Derajat kepercayaan tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus: (Kamiana, 2010)

$$Dk = K - (p + 1) \dots \dots \dots (3.21)$$

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots \dots \dots (3.22)$$

Keterangan:

Dk = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter, untuk Chi-Kuadrat adalah 2.

K = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Distribusi probabilitas yang digunakan untuk menentukan curah hujan yang direncanakan adalah distribusi probabilitas yang mempunyai deviasi maksimum terkecil dan lebih kecil dari deviasi kritis

(Kamiana, 2010)

Tabel 3.5 Nilai Simpangan Kritis

dk	α Derajat Kepercayaan					
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,031
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191

18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923
27	11,808	12,879	14,537	16,151	40,113	43,194
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.6.2 Smirnov-Kolmogorof

Pengujian distribusi probabilitas dengan Metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut: (Kamiana, 2010)

- Urutkan data (X_i) dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Tentukan peluang masing-masing data yang sudah diurut tersebut $P(X_i)$.

$$P(X_i) = \frac{n+1}{i} \dots\dots\dots(3.23)$$

- Tentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurut tersebut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih.
- Hitung selisih antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut

$$\Delta P(X_i) = P(X_i) - P'(X_i) \dots\dots\dots(3.24)$$

- Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis. jika “tidak” artinya Distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

Tabel 3.6 Nilai kritis ΔP untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov*

N	α			
	0,2	0,1	0,05	0,01

5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.7 Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan rencana adalah ketinggian atau kederasan hujan per satuan waktu. Tinggi intensitas hujan rencana akan semakin besar seiring dengan periode ulang yang makin besar. (Kamiana, 2011)

3.7.1 Intensitas Curah Hujan

Jika yang tersedia adalah hujan harian, dapat ditentukan dengan Rumus Mononobe. Bentuk umum dari rumus mononobe adalah: (Kamiana, 2011)

$$I = \frac{X_{24}}{24} \times \frac{24^{\frac{2}{3}}}{t} \dots\dots\dots(3.25)$$

dengan:

- I = Intensitas hujan rencana (mm/jam)
- X_{24} = Tinggi hujan harian maksimum atau hujan rencana (mm/jam)
- t = Durasi hujan atau waktu konsentrasi (Jam)

3.7.2 Alternating Block Method (ABM)

Hietograf hujan rencana yang dihasilkan model ini adalah distribusi tinggi hujan rencana dalam n rangkaian interval waktu dengan durasi A_t selama waktu t. (jadi $t = n \times A_t$). Data yang digunakan dalah data intensitas hujan. (Kamiana, 2011)

3.8 Debit Banjir

Data debit banjir diperoleh dari catatan pengukuran dan untuk melakukan analisis frekuensi diperlukan rangkaian data yang panjang. Jika data aliran banjir tidak lengkap tetapi data curah hujan tersedia untuk jangka waktu yang cukup, prakiraan aliran sungai dapat ditentukan berdasarkan konversi curah hujan menjadi aliran sungai. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menentukan prediksi debit banjir adalah metode Rasional, Der Weduwen dan HSS Nakayasu (SNI 2415-2016).

3.8.1 Metode Rasional Praktis

Dalam SNI 2415-2016, dijelaskan bahwa Metode Rasional dapat digunakan untuk ukuran daerah pengaliran <5000 hektar. Rumus umum dari metode ini adalah:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(3.27)$$

dengan:

- Q = debit puncak limpasan permukaan (m³/s)
- C = koefisien limpasan
- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

a. Waktu Konsentrasi

Pendekatan estimasi waktu konsentrasi untuk aliran di lahan dapat digunakan seperti persamaan berikut: (SNI 2415-2016)

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \dots\dots\dots(3.28)$$

dengan:

- T_c = Waktu (menit)
- L = Panjang lereng dalam (m)
- S = Kemiringan lereng (m/m)

b. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara limpasan permukaan maksimum dengan intensitas curah hujan. Dalam perhitungan drainase permukaan, penentuan nilai C dilakukan dengan menggunakan metode berdasarkan karakteristik permukaan. Nilai C dihitung menggunakan rumus berikut (Kamiana, 2010).

$$C = C \text{ rata-rata} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(3.29)$$

Dengan

- C = Koefisien Pengaliran
- C_i = Koefisien limpasan sub daerah pengaliran ke i
- A_i = Luas sub daerah pengaliran ke i
- n = Jumlah sub daerah pengaliran

Tabel 3.7 Nilai Koefisien Pengaliran (C) untuk Rumus Rasional

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien Pengaliran (C)		
Bisiness:			
Perkotaan	0,7	-	0,95
Pinggiran	0,5	-	0,7
Perumahan:			
Rumah tinggal	0,3	-	0,5
Multi unit, terpisah	0,4	-	0,6
Multi unit, tergabung	0,6	-	0,75
Perkampungan	0,25	-	0,4
Apartemen	0,5	-	0,7
Perkerasan			
Aspal dan beton	0,7	-	0,95
Batu bata, paving	0,5	-	0,7
Halaman berpasir:			
Datar (2%)	0,05	-	0,1
Curam (7%)	0,15	-	0,2
Halaman tanah:			
Datar (2%)	0,13	-	0,17
Curam (7%)	0,18	-	0,22
Hutan:			
Datar 0-5%	0,1	-	0,4
Bergelombang 5-10%	0,25	-	0,5

Berbukit 10-30%	0,3	-	0,6
-----------------	-----	---	-----

(Sumber: Kamiana, 2010)

3.8.2 Metode Der Weduwen

Metode Der Weduwen umumnya digunakan untuk daerah aliran sungai yang luasnya <5000 hektar. (SNI 2415-2016). Langkah-langkah perhitungan debit maksimum dengan periode ulang I tahun (Qi) dengan menggunakan Metode Weduwen adalah (Kamiana, 2011):

a. Coba harga t (lamanya hujan dalam satuan jam)

$$t = \frac{0,476 \times A^{3/8}}{(\alpha \times \beta \times I)^{1/8} \times (S)^{1/4}} \dots\dots\dots(3.30)$$

b. Hitung harga koefisien reduksi (β)

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \times A}{120+A} \dots\dots\dots(3.31)$$

c. Hitung intensitas hujan maksimum (I)

$$I = \frac{7,74}{t+1,45} \dots\dots\dots(3.32)$$

d. Hitung harga koefisien pengairan (α)

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{I+7} \dots\dots\dots(3.33)$$

e. Hitung curah hujan dengan periode I tahun (R_i)

$$R_i = \frac{m_i}{m_n} \times R_n \dots\dots\dots(3.34)$$

f. Hitung debit rencana (Q)

$$Q = \alpha \times \beta \times I \times A \times \frac{R_i}{240} \dots\dots\dots(3.35)$$

dengan:

Q = debit maksimum (m³/s)

- α = koefisien pengairan
- β = koefisien reduksi
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (Km²)
- R_i = curah hujan dengan periode ulang i tahun
- S = kemiringan dasar sungai rata-rata
- m_i = koefisien perbandingan curah hujan di suatu wilayah dengan periode ulang i tahun (besarnya R_i belum diketahui)
- m_n = koefisien perbandingan curah hujan di suatu wilayah dengan periode ulang n tahun (besarnya R_i sudah diketahui)

3.8.3 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Nakayasu (1950) mempelajari hidrograf satuan di Jepang dan mengusulkan seperangkat persamaan untuk membentuk hidrograf satuan sebagai berikut: (Kamiana, 2010)

a. Waktu kelambatan (*time lag*, T_g)

$$T_g = 0.21 \times L^{0.7} (L < 15 \text{ km}) \dots \dots \dots (3.36)$$

$$T_g = 0.4 + 0.058 (L > 15 \text{ km}) \dots \dots \dots (3.37)$$

b. Waktu puncak

$$T_p = T_g + 0.8 T_r \dots \dots \dots (3.38)$$

c. Waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak

$$T_{0,3} = a \cdot T_g \dots \dots \dots (3.39)$$

d. Waktu puncak

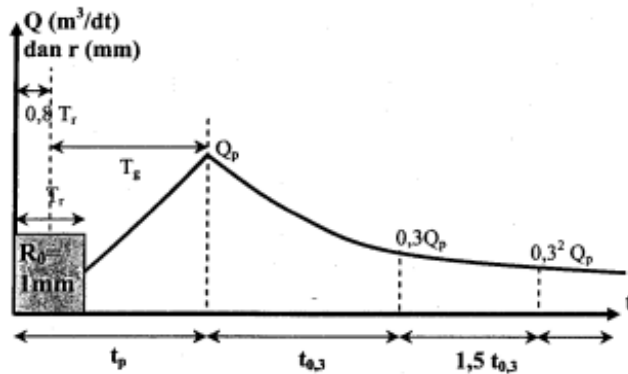
$$T_p = T_g + 0,8 T_r \dots \dots \dots (3.40)$$

e. Debit puncak hidrograf satuan sintetis

$$Q_p = \frac{A \cdot R_o}{3,6 (0,3 t_p + T_{0,3})} \dots \dots \dots (3.41)$$

dengan:

- T_p = Waktu kelambatan (jam)
- I = Panjang sungai (Km)
- $T_{0,3}$ = Waktu saat debit 0,3 kali debit puncak (jam)
- $1,5 T_{0,3}$ = Waktu puncak saat debit $0,3^2$ kali debit puncak (jam)
- α = Koefisien, nilainya antara 1,5 - 3,0
- T_p = Waktu puncak (Jam)
- Q_p = Debit puncak (m^2/det)
- A = Luas DAS (Km^2)
- T_r = Durasi hujan (Jam)
- R_0 = Satuan kedalaman hujan (mm)



Gambar 3.4 HSS Nakayasu

(Sumber: Kamiana, 2010)

f. Bagian lengkung naik ($0 < t < t_p$)

$$Q = Q_p \left(\frac{t}{t_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots(3.42)$$

dengan :

- Q = Debit sebelum mencapai debit puncak (m^2/det)
- t = Waktu (Jam)

g. Bagian lengkung turun

jika $t_p < t < t_{0,3}$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots(3.43)$$

jika $t_{0,3} < t < 1,5 t_{0,3}$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+0,5 t_{0,3}}{1,5 t_{0,3}}} \dots\dots\dots(3.44)$$

jika $t > 1,5 t_{0,3}$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+1,5 t_{0,3}}{2 t_{0,3}}} \dots\dots\dots(3.45)$$

3.9 Model HEC-RAS

HEC-RAS adalah program aplikasi untuk membuat pemodelan aliran di sungai, atau *River Analysis System* (RAS). Yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS adalah model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*), terdapat empat komponen model satu dimensi di aplikasi HEC-RAS. (Azhari, 2021)

- a. Hitungan profil muka air aliran permanen.
- b. Simulasi aliran tak permanen.
- c. Hitungan Transport sedimen.
- d. Hitungan Kualitas Air.

Melalui *graphical interface* dimungkinkan untuk melakukan hal-hal berikut ini:

- a. Manajemen file.
- b. Menginputkan data serta mengeditnya.
- c. Melakukan analisis hidraulik.
- d. Menampilkan data masukan maupun hasil analisis dalam bentuk tabel dan grafik.
- e. Penyusunan laporan.
- f. Mengakses *on-line help*.

Komponen analisa permodelan sungai pada perangkat lunak HEC-RAS meliputi *unsteady flow water surface profile* dan *steady flow water surface profile*, yang dimana keduanya memiliki kemampuan seperti sebagai berikut: (Azhari, 2021)

a. Steady flow water surface profile

Komponen ini berguna untuk menghitung profil permukaan air pada aliran yang berubah secara stabil dan seragam. Sistem ini mampu menangkap sungai, anak sungai atau sungai tunggal. Regime aliran dapat dimodelkan sebagai subkritis, superkritis, atau campuran keduanya

Komponen aliran tetap HEC-RAS dapat memperhitungkan pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan, gorong-gorong, bendungan atau hambatan di tepi sungai. Komponen aliran tetap dirancang untuk digunakan dalam pengelolaan tepian sungai dan masalah penentuan asuransi risiko banjir yang berkaitan dengan identifikasi tepian sungai dan dataran banjir.

Komponen aliran tunak juga dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan ketinggian air akibat perbaikan saluran atau pembangunan tanggul. Fitur khusus komponen aliran tunak HEC-RAS meliputi analisis bidang ganda, perhitungan penampang ganda, analisis saluran ganda atau gerbang terbuka, optimalisasi pemisahan aliran serta desain dan analisis saluran stabil

b. Unsteady flow water surface profile

Komponen ini mampu mensimulasikan aliran unsteady searah pada sungai dengan saluran yang kompleks. Awalnya komponen aliran unsteady HEC-RAS hanya bisa diterapkan pada aliran subkritis, namun sejak dirilisnya versi 3.1, komponen aliran unsteady HEC-RAS juga dapat mensimulasikan aliran *mixed flow (subcritical-supercritical, jump water, and drain-down)*.