

## **Kajian Penggunaan Metode Mean Annual Flood (MAF), Rasional, Der Weduwen dan Haspers untuk Menentukan Debit Banjir pada Sub-DAS Cikeruh**

### *The Study of the Using of Mean Annual Flood (MAF), Rational, Der Weduwen, and Haspers Methods to Determine Flood Discharge in Cikeruh Sub Watershed*

**Yessi Carolina<sup>1\*)</sup>, Edy Suryadi<sup>2)</sup>, dan Dwi Rustam Kendaro<sup>3)</sup>**

<sup>1\*)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Pertanian

<sup>\*)</sup> email korespondensi: yessi17001@mail.unpad.ac.id

#### **ABSTRACT**

Water is an essential thing for every living creature. However, it can cause several problems, namely floods, droughts, and water pollution. The Cikeruh sub-watershed area is frequently flooded, especially in the Rancaekek and Bojongsoang sub-districts, causing damage to public facilities and infrastructure and property losses. Therefore, a flood discharge analysis is carried out to determine the magnitude of the planned flood discharge in the Cikeruh sub-watershed. This study aims to obtain the deviation of the planned flood discharge value using the Mean Annual Flood method, the Rational method, the Der Weduwen method and the Haspers method with the planned flood discharge with measured data. This study uses a literature study and analyzes the frequency of the maximum precipitation to obtain the planned flood discharge in the Cikeruh sub-watershed. The results of the calculation of precipitation data using the Mean Annual Flood, Rational, Der Weduwen and Haspers methods on the frequency analysis of the measured discharge data is the smallest deviation occurs against the Mean Annual Flood method, which is 20.98% for the 2-year return period, 17.47% for the 5-year return period, 27.22% for 10-year return period, 42.68% for 20-year return period, 62.68% for 50 year return period, and 83.87% for 100 year return period. The results of this study are useful to know the methods that can be used as a reference in calculating the flood discharge plan and taken into consideration in planning the construction of waterworks.

**Keywords:** Maximum Precipitation, flood discharge data, Measurable discharge data

#### **ABSTRAK**

Air sangat penting bagi setiap makhluk hidup, tetapi dapat menyebabkan beberapa masalah yaitu banjir, kekeringan dan polusi air. Kawasan Sub DAS Cikeruh sering mengalami banjir terutama daerah kecamatan Rancaekek dan Bojongsoang sehingga merusak sarana dan prasarana umum serta menimbulkan kerugian harta. Dengan demikian, dilakukan analisis debit banjir untuk menentukan besarnya debit banjir rencana di Sub DAS Cikeruh. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh simpangan nilai debit banjir rencana menggunakan metode Mean Annual Flood, metode Rasional, metode Der Weduwen, dan metode Haspers dengan debit banjir rencana data terukur. Penelitian ini menggunakan studi literatur dan menganalisis frekuensi curah hujan maksimum untuk mendapatkan debit banjir rencana pada Sub DAS Cikeruh. Hasil perhitungan data curah hujan menggunakan metode Mean Annual Flood, Rasional, Der Weduwen, dan Haspers pada analisis frekuensi data debit terukur didapatkan penyimpangan terkecil terjadi terhadap metode Mean Annual Flood yaitu sebesar 20,98% untuk periode ulang 2 tahun, 17,47% untuk periode ulang 5 tahun, 27,22% untuk periode ulang 10 tahun, 42,68% untuk kala ulang 20 tahun, 62,68% untuk periode ulang 50 tahun, dan 83,87% untuk periode ulang 100 tahun. Hasil penelitian ini berguna untuk mengetahui metode yang dapat digunakan sebagai referensi dalam menghitung debit banjir rencana serta menjadi pertimbangan dalam perencanaan pembangunan bangunan air.

**Kata Kunci:** Curah hujan maksimum, Debit banjir rencana, Data debit terukur.

## PENDAHULUAN

Air sangat penting bagi setiap makhluk hidup, akan tetapi air dapat menyebabkan beberapa masalah yang terdiri dari tiga tipe utama yaitu banjir, kekeringan dan polusi air. Perubahan tata guna lahan akibat pembangunan dapat mengakibatkan banjir dan genangan pada musim hujan di suatu wilayah. Hal ini dapat disebabkan karena jumlah dan laju aliran permukaan meningkat melebihi kapasitas saluran drainase. Sub DAS Cikeruh termasuk dalam bagian DAS Citarum yang berada pada Cekungan Bandung dan dari sudut pandang fisik dan lingkungan DAS Citarum hulu secara geomorfologi serta hidrologi, terjadi tekanan yang berat akibat dari kegiatan sosial ekonomi khususnya aktivitas pembangunan pemukiman dan industri yang meningkat, sehingga memicu keseimbangan tata air Sub DAS Cikeruh menjadi semakin terganggu (Haryanto, dkk. 2016).

Kawasan Sub DAS Cikeruh sering mengalami terjadi banjir terutama pada daerah kecamatan Rancaekek dan Bojongsoang sehingga merusak sarana dan prasarana umum serta menimbulkan kerugian harta. Akibatnya, tidak hanya warga terkena dampak langsung, pemerintah juga menghadapi kerugian untuk perbaikan sarana dan prasarana umum yang rusak akibat banjir. Oleh karena itu, debit banjir rencana perlu dihitung untuk memprediksi banjir yang akan terjadi dengan cara melakukan perencanaan pengendalian banjir di suatu sungai (Lestari, 2017).

Debit banjir rencana yang berasal dari data curah hujan dibutuhkan pengontrolan menggunakan data debit terukur dari sungai tersebut. Penggunaan metode empiris dari pengolahan data curah hujan seringkali terdapat penyimpangan hasil dengan data debit terukur sehingga perlu adanya kajian ketelitian agar nantinya dapat diperoleh data debit banjir rencana yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Penelitian ini ingin menguji metode *Mean Annual Flood* (MAF), Rasional, Der Weduwen, dan Haspers dalam menghasilkan debit banjir rencana untuk diterapkan di Sub DAS Cikeruh, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai panduan dalam pemilihan teknik perhitungan debit banjir pada daerah aliran sungai lain yang tidak

memiliki alat pengukuran. Penentuan masing-masing metode dalam perhitungan debit banjir rencana, secara umum bergantung pada ketersediaan data. Data yang dimaksud antara lain data hujan, karakteristik daerah aliran, dan data debit.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh penyimpangan hasil nilai debit banjir rencana menggunakan metode *Mean Annual Flood* (MAF), metode Rasional, metode Der Weduwen, dan metode Haspers dan memperoleh metode yang paling baik untuk mendapatkan debit banjir rencana yang sesuai dengan keadaan sebenarnya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif melalui beberapa tahapan yaitu studi literatur, survei lapangan, pengumpulan data sekunder, dan analisis data. Pengumpulan data penelitian menggunakan data sekunder dari berbagai Instansi Pemerintahan yang terlibat dengan penelitian. Penelitian ini membandingkan nilai banjir rencana dari data curah hujan dengan nilai banjir rencana dari data debit terukur untuk memperoleh simpangan dari analisis. Debit banjir rencana tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan air untuk mengatasi bencana banjir yang sering terjadi.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, GPS (*Global Positioning System*), kamera, laptop, *Software ArcGIS 10.3*, *Software Ms. Word*, dan *Software Ms. Excel*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan harian tahun 2010 sampai tahun 2020 yang diperoleh dari Pusat Sumber Daya Air (PUSAIR) Provinsi Jawa Barat dan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citarum, data debit terukur sungai Cikeruh yang diperoleh dari Pos Duga Air BBWS Citarum Provinsi Jawa Barat, peta jenis tanah dan kemiringan lereng Provinsi Jawa Barat dari Badan Perencanaan Daerah (BAPPEDA) Jawa Barat, peta jaringan sungai dari Badan Informasi Geospasial (BIG), dan peta

penggunaan lahan Provinsi Jawa Barat dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Jawa Barat.

### Prosedur Penelitian

#### Analisis Data Spasial

Analisis data spasial Sub DAS Cikeruh menggunakan *software ArcGIS* 10.3. Proses tumpang susun (*overlay*) dilakukan terhadap peta penggunaan lahan, peta kemiringan lereng, peta jenis tanah dan peta kerapatan sungai. Tumpangsusun peta ini akan menghasilkan satu peta yang merupakan peta gabungan keempatnya, sehingga diklasifikasi setiap peta kemudian dilakukan pembobotan sesuai dengan metode Cook untuk mendapatkan nilai koefisien aliran permukaan.

#### Analisis Curah Hujan Wilayah

Analisis curah hujan wilayah menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari stasiun klimatologi Jatiroke, Tanjungsari Rancaekek dan Cibiru dengan periode pencatatan 2010 sampai dengan 2020. Variasi akan nilai curah hujan disetiap stasiun pengukur curah hujan di suatu daerah aliran sungai harus dianalisis untuk menentukan curah hujan rata-rata. Metode yang digunakan adalah Poligon Thiessen.

#### Parameter Frekuensi Curah Hujan

Penetapan jenis distribusi yang dibutuhkan untuk digunakan dalam perhitungan memerlukan parameter statistik, diantaranya yaitu (Soemarto, 1987):

##### 1. Standar Deviasi

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

S<sub>d</sub> = Standar Deviasi

$\bar{X}$  = Tinggi hujan rata-rata selama n tahun (mm)

X<sub>i</sub> = Tinggi hujan di tahun ke ... (mm)

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

##### 2. Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}}$$

Keterangan:

C<sub>v</sub> = Koefisien varian

$\bar{X}$  = nilai rata-rata varian

S<sub>d</sub> = Standar deviasi

##### 3. Koefisien Skewness (Cs)

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

Keterangan:

C<sub>s</sub> = Koefisien skewness

X<sub>i</sub> = Nilai varian ke i

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S<sub>d</sub> = Standar deviasi

##### 4. Koefisien Kurtosis (Ck)

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

Keterangan:

C<sub>k</sub> = Koefisien kurtosis

X<sub>i</sub> = Nilai varian ke i

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S<sub>d</sub> = Standar deviasi

#### Perhitungan Hujan Rancangan

##### Distribusi Normal

Persamaan metode Normal adalah (Sri Harto Br, 1993):

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} \times S_X$$

Keterangan:

X<sub>Tr</sub> = besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$\bar{X}$  = harga rata-rata dari data curah hujan

##### Distribusi Log Normal

Persamaan metode distribusi Log Normal (Sri Harto Br, 1993) adalah:

$$\log X_{Tr} = \overline{\log X} + K_{Tr} \times S_{\log X}$$

Keterangan:

log X<sub>Tr</sub> = besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$\overline{\log X}$  = harga rata-rata dari data curah hujan

##### Distribusi Gumbel

Persamaan metode Gumbel adalah (Sri Harto Br, 1993):

$$X_{Tr} = \bar{X} + K \times S_X$$

Keterangan:

X<sub>Tr</sub> = besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$\bar{X}$  = harga rata-rata dari data curah hujan

##### Distribusi Log Pearson III

Persamaan metode Log Pearson Tipe III adalah (Sri Harto Br, 1993):

$$\text{Log}X_{Tr} = \overline{\text{log} X} + K_{Tr} \times S_{\text{log} X}$$

log  $X_{Tr}$  = besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun.

$\overline{\text{log} X}$  = harga rata-rata dari data curah hujan

### Analisis Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji kesesuaian distribusi dilakukan, setelah hasil dari distribusi telah didapatkan, dalam pengujian kesesuaian terdapat 2 metode yaitu sebagai berikut.

#### Uji Chi-Kuadrat

Pengujian ini ditentukan oleh rumus sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$X^2_{\text{hit}} = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Keterangan:

$X^2_{\text{hit}}$  = Uji statistik

$O_i$  = Nilai yang diamati

$E_i$  = Nilai yang diharapkan

#### Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian ini ditentukan oleh rumus sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\Delta_{\text{maks}} = |P_E(x) - P_t(x)|$$

### Analisis Debit Banjir Rencana

Perhitungan analisis debit banjir rencana ini digunakan empat metode yang biasa digunakan untuk memperkirakan debit banjir, yaitu.

#### Metode Mean Annual Flood (MAF)

Metode ini menggunakan rumus (Soewarno, 1995):

$$Q_T = GF_{(T, \text{AREA})} \times \text{MAF}$$

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

$$\text{APBAR} = \text{PBAR} \times \text{ARF}$$

$$\text{SIMS} = \frac{H}{\text{MSL}}$$

$$\text{LAKE} = \frac{\text{Total daerah aliran diatas danau (km}^2\text{)}}{\text{AREA}}$$

Keterangan:

$Q_T$  = Debit banjir dengan periode T tahun

GF = Growth Factor

MAF = Mean Annual Flood (Debit Banjir Tahunan Rata-rata)

AREA = Daerah aliran sungai

V =  $1,02 - 0,0275 \text{ Log AREA}$

H = Beda tinggi antara titik pengamatan sungai (m)

MSL = Panjang sungai sampai titik pengamatan (km)

APBAR = Hujan maksimum rata-rata

PBAR = Hujan maksimum rata-rata selama 24 jam

ARF = Faktor reduksi

SIMS = Indeks kemiringan

LAKE = Indeks danau jika tidak terdapat danau maka diambil nol

Tabel 1. Growth Factor (GF)

T	Luas catchment area (km <sup>2</sup> )				
	<180	300	600	900	1200
5	1.28	1.27	1.24	1.22	1.19
10	1.56	1.54	1.48	1.49	1.47
20	1.88	1.84	1.75	1.70	1.64
50	2.35	2.30	2.18	2.10	2.03
100	2.78	2.72	2.57	2.47	2.37

Sumber: Joesron Loebis, Banjir Rencana Untuk Bangunan Air, 1984

Tabel 2. Faktor Reduksi Areal (ARF)

DAS (km <sup>2</sup> )	ARF
1 - 10	0,99
10 - 30	0,97
30 - 3000	$1,52 - 0,0123 \text{ log AREA}$

Sumber: Joesron Loebis, Banjir Rencana Untuk Bangunan Air, 1984

### Metode Rasional

Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit banjir adalah sebagai berikut:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan:

$Q_p$  = debit puncak (m<sup>3</sup>/dt)

C = koefisien limpasan

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

A = luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan harian maksimum (mm)

t = Waktu curah hujan (jam)

$$T_c = 0,06628 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \dots (1)$$

Keterangan:

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai/lereng (km)

S = Kemiringan lereng (m/m)

### Metode Der Weduwen

Perhitungan debit rancangan dengan metode *Der Weduwen* didasarkan pada rumus berikut ini (Joesron Loebis, 1992):

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times A$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q_n + 7}$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A}$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t_c + 1,45}$$

$$T_c = 0,25 \times L \times Q_n^{-0,125} \times I^{-0,25}$$

Keterangan:

- Q<sub>n</sub> = debit rancangan (m<sup>3</sup>/dt) dengan kala ulang n tahun
- R<sub>n</sub> = curah hujan rancangan (mm/hari) periode ulang n tahun
- α = koefisien limpasan air hujan
- β = koefisien reduksi luas untuk curah hujan di daerah aliran sungai
- q<sub>n</sub> = luasan curah hujan (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/dt)
- A = luas DAS
- t = lamanya hujan (jam)
- T<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (jam)
- L = panjang sungai (km)
- I = kemiringan sungai

### Metode Haspers

Persamaan umum yang digunakan adalah (Joesron Loebis, 1992):

$$Q_n = \alpha \times \beta \times A \times q_t$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,7}}{1 + 0,075 \times A^{0,7}}$$

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times i^{-0,3}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t_c + (3,7 \times 10^{-0,4t})}{t_c^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12}$$

$$q_t = \frac{R_t}{3,6 \times t_c}$$

untuk t<sub>c</sub> < 2 jam

$$R_t = \frac{t_c \times R_{24}}{t_c + 1 - 0,008(260 - R_{24})(2 - t_c)^2}$$

untuk 2 jam < t<sub>c</sub> ≤ 19 jam

$$R_t = \frac{t_c \times R_{24}}{t_c + 1}$$

untuk 19 jam < t<sub>c</sub> ≤ 30 hari

$$R_t = 0,707 \times R_{24} \times (t_c + 1)^{0,5}$$

Keterangan:

- Q<sub>n</sub> = debit banjir (m<sup>3</sup>/dt)
- R<sub>t</sub> = curah hujan dengan periode ulang T tahun (mm)
- α = koefisien limpasan air hujan (*run off*)

β = koefisien reduksi daerah untuk curah hujan DAS

q<sub>t</sub> = limpasan per km<sup>2</sup> daerah tadah hujan, dengan kala ulang t tahun (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/dt)

A = luas daerah aliran (km<sup>2</sup>)

t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai (km)

i = kemiringan sungai

### Analisis Penyimpangan Debit Banjir Rencana Terhadap Data Debit Terukur

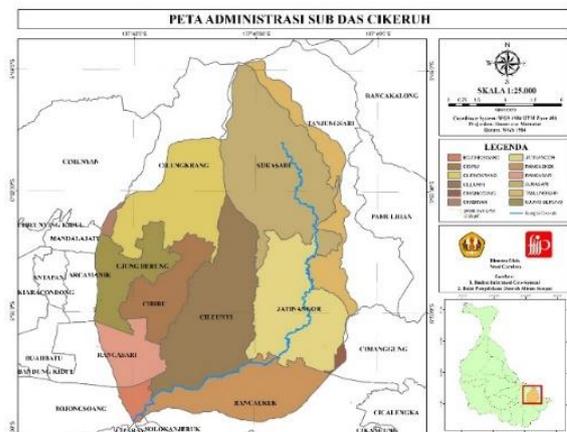
Analisis simpangan debit banjir dilakukan setelah mendapatkan hasil dari perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode *Mean Annual Flood* (MAF), Rasional, metode *Der Weduwen*, dan metode *Haspers* dengan evaluasi ketelitian model yaitu *volume error*.

$$VE = \frac{Q_{teoritis} - Q_{terukur}}{Q_{terukur}} \times 100$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Sub DAS Cikeruh Batas Sub DAS Cikeruh

Wilayah Sub DAS Cikeruh secara administratif terletak di tiga wilayah yaitu Kabupaten Bandung, Kota Bandung dan Kabupaten Sumedang, dimana sungai utama yang dilaluinya adalah Sungai Cikeruh. Letak geografis daerah penelitian berada pada posisi 107° 46' 14,125" - 107° 42' 1,653" Bujur Timur dan 6° 51' 4,809" - 6° 59' 11,704" Lintang Selatan. Berdasarkan peta rupa bumi wilayah Sub DAS Cikeruh, panjang Sungai Cikeruh sebesar 28,416 km dengan luas Sub DAS sebesar 190,43 km<sup>2</sup>.

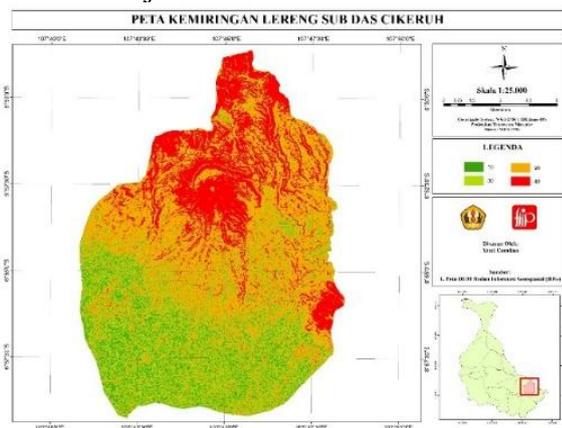


Gambar 1. Peta Administrasi Sub DAS Cikeruh

## Kemiringan Lereng

Peta kemiringan lereng diperoleh dari peta DEM Badan Informasi Geospasial (BIG) wilayah Sumedang dan Bandung. Kemiringan lereng pada Sub DAS Cikeruh sangat beragam mulai dari yang dikategorikan datar sampai terjal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Kelas kemiringan lahan terjal atau bergunung (>30%) dengan skor 40, terdapat dibagian utara daerah penelitian yang merupakan daerah hutan rapat dengan luas 39,89 km<sup>2</sup> atau 20,84% dari luas wilayah. Kelas kemiringan lahan miring atau perbukitan (10-30%) dengan skor 30 meliputi daerah seluas 78,69 km<sup>2</sup> atau 41,84% dari luas wilayah, sedangkan kelas kemiringan lereng landai atau bergelombang (5-10%) dengan skor 20 meliputi daerah seluas 42,32 km<sup>2</sup> atau 22,11% dari luas wilayah dan kelas kemiringan datar (0-5%) dengan skor 10 meliputi daerah seluas 30,53 km<sup>2</sup> atau 15,95% dari luas wilayah yang merupakan daerah pemukiman, bangunan, industri dan jasa.



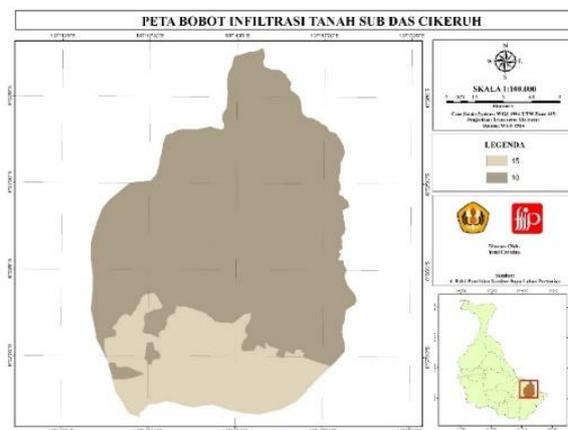
Gambar 2. Peta Penyebaran Bobot Satuan Kemiringan Lereng (SKL) Sub DAS Cikeruh

## Penggunaan Lahan

Evaluasi penggunaan lahan dilakukan berdasarkan peta penggunaan lahan dari Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2017 dengan skala 1:25.000. Penggunaan lahan di Sub DAS Cikeruh ini diklasifikasikan berdasarkan tabel pembobotan Cook ke dalam 4 kelas penggunaan lahan.

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa kawasan hutan terdapat di bagian utara atau hulu Sub DAS Cikeruh dengan luas 12,50 km<sup>2</sup> atau 6,53% dari luas wilayah. Kawasan pemukiman yang meliputi kawasan perumahan,

industri, jasa dan tanah kosong memiliki luas 42,10 km<sup>2</sup> atau 21,99% dari luas wilayah. Kawasan pertanian meliputi sawah, sawah tadah hujan, semak belukar, danau dan sungai memiliki luas 70,51 km<sup>2</sup> atau 36,83% dari luas wilayah. Kawasan hutan tidak rapat, perkebunan, tegalan dan padang rumput memiliki luas 66,31 km<sup>2</sup> atau 34,64% dari luas wilayah. Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa Sub DAS Cikeruh sebagian besar lahan digunakan untuk pertanian dan perkebunan. Persebaran penggunaan lahan pada kawasan perlu diketahui, karena bentuk penggunaan lahan akan berpengaruh terhadap tingkat koefisien limpasan. Faktor penggunaan lahan berfungsi sebagai penghambat atau mempercepat limpasan, tergantung pada keadaan tutupan lahan.

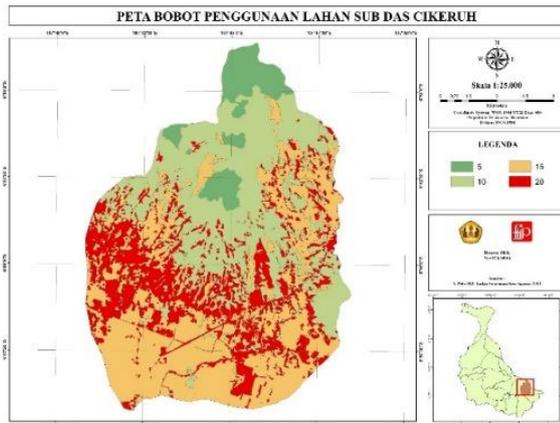


Gambar 3. Peta Penyebaran Bobot Satuan Penggunaan Lahan (SPL) Sub DAS Cikeruh

## Infiltrasi Tanah

Berdasarkan peta jenis tanah skala 1:100.000 dari Balai Penelitian Sumber Daya Lahan Pertanian diketahui bahwa Sub DAS Cikeruh terbagi menjadi empat jenis tanah yaitu Andosol, Gleisol, Kambisol dan Latosol. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Arianto pada tahun 2020 mengenai laju infiltrasi pada Sub DAS Cikeruh, Andosol memiliki tekstur tanah liat berdebu dengan tingkat infiltrasi sedang, Gleisol memiliki tekstur tanah liat dengan tingkat infiltrasi agak lambat, Kambisol memiliki tekstur tanah liat berdebu dengan tingkat infiltrasi sedang, dan Latosol memiliki tekstur tanah liat berdebu dengan tingkat infiltrasi sedang. Oleh karena itu, diperoleh kesimpulan berdasarkan metode Cook bahwa

jenis tanah Andosol, Kambisol dan Latosol memiliki tingkat infiltrasi normal, sedangkan Gleisol memiliki tingkat infiltrasi lambat.



Gambar 4. Peta Penyebaran Bobot Satuan Infiltrasi Tanah (SIT) Sub DAS Cikeruh

### Kerapatan Sungai

Kerapatan aliran atau simpanan air permukaan dikategorikan berdasarkan pola aliran dan kemiringan lerengnya. Berdasarkan data DEM SRTM dari Badan Informasi Geospasial dengan skala 1:25.000 dapat diketahui pola aliran untuk Sub DAS Cikeruh membentuk pola aliran dendritik yang ditandai dengan tidak teraturnya pola anak sungai. Simpanan air permukaan ini mengilustrasikan keadaan Sub DAS dalam mengatur air setelah terjadinya hujan dan nilai kerapatan aliran disesuaikan dengan klasifikasi kerapatan aliran (Pratisto dan Danoedoro, 2003):

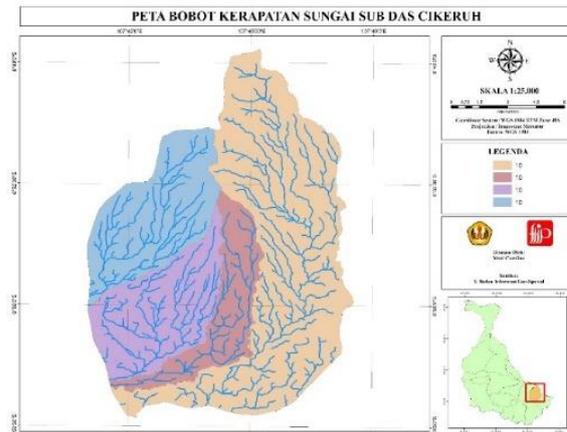
$$Dd = L/A$$

Keterangan:

- Dd = Kerapatan sungai (km/km<sup>2</sup>)
- L = Jumlah total panjang sungai (km)
- A = Luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>)

Berdasarkan perhitungan, kerapatan sungai secara keseluruhan Sub DAS Cikeruh sebesar 2,0906 km/km<sup>2</sup>. Nilai tersebut termasuk ke dalam kelas kerapatan rendah (1,6 - 3,2 km/km<sup>2</sup>), dimana memiliki kondisi sistem dan pola aliran cukup bagus, aliran sungai mengalir lancar dan jarang mengalami penggenangan. Hasil tersebut berdasarkan perhitungan panjang sungai total sebesar 400,22 km dan luas wilayah

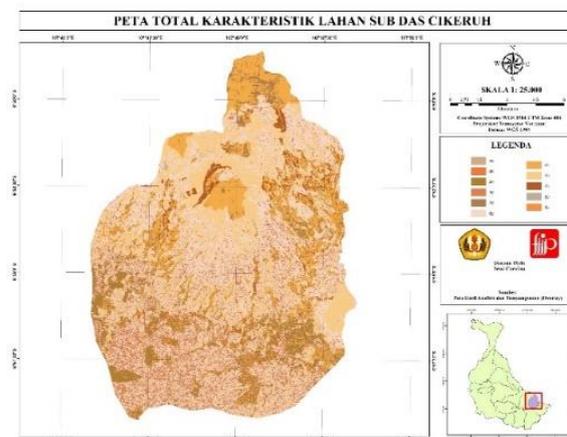
Sub DAS Cikeruh sebesar 191,43 km<sup>2</sup>.



Gambar 5. Peta Bobot Satuan Kerapatan Sungai (SKS) Sub DAS Cikeruh

### Nilai Koefisien Limpasan Permukaan Wilayah Sub DAS Cikeruh

Poligon merupakan area terkecil yang terbentuk dari proses *overlay* peta-peta antara lain peta bobot satuan penggunaan lahan (BPL), peta bobot kemiringan lereng (BKL), peta bobot tampungan permukaan (BTP), dan peta bobot infiltrasi tanah (BIT). Sub DAS Cikeruh terbagi ke dalam 411 buah poligon seperti terlihat pada Lampiran 2 dengan nilai bobot karakteristik lahannya terbagi ke dalam 11 kelas dengan bobot total antara 35-85.



Gambar 6. Peta Satuan Karakteristik Lahan Sub DAS Cikeruh

Hasil pengolahan metode Cook mendapatkan koefisien limpasan permukaan sebesar 61,54% atau 0,614 bermakna bahwa air yang tersimpan dalam tanah sebesar 38,46%. Nilai limpasan tersebut termasuk kisaran tinggi. Kisaran nilai limpasan diklasifikasikan sebagai 0-25% rendah, 26-50% normal, 51- 75% tinggi, 76-100% ekstrim. Penggunaan metode cook dengan pendekatan SIG (Sistem Informasi

Geografi) untuk penentuan debit banjir suatu Sub DAS dapat dilakukan dengan cepat dan akurat karena fungsi SIG dapat meningkatkan kemampuan menganalisis informasi spasial secara terpadu untuk perencanaan dan pengambilan keputusan. Metode cook memberikan teknik yang simpel dalam penentuan limpasan yang dapat dilakukan tanpa survey lapangan. Namun, untuk akurasi perlu di uji dengan survey langsung di lokasi penelitian.

### Penafsiran Data Hilang dan Uji Konsistensi Data Hujan

Data curah hujan dari BBWS Citarum tidak sepenuhnya lengkap, oleh karena itu dibutuhkan taksiran data hujan yang hilang untuk memenuhi data hujan yang hilang akibat kesalahan dalam pengamatan stasiun hujan, kerusakan alat dan kesalahan dalam pencatatan data. Metode yang digunakan untuk mencari data yang hilang pada penelitian ini adalah metode *Inversed Square Distance*. Metode ini mempertimbangkan stasiun tetangga untuk menemukan data yang hilang di stasiun tersebut. Hasil interpretasi data yang hilang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Penafsiran Data Hilang

No	Tahun	Curah Hujan Stasiun (mm/tahun)			
		St Jat	St Ran	St Cib	St Tan
1	2010	1478	3299	3640	3709
2	2011	500	1215	1031	822
3	2012	1165	1893	1788	1917
4	2013	1479	2304	2438	2371
5	2014	2176	2067	2044	1990
6	2015	2018	1471	1524	1719
7	2016	4251	2788	3089	2948
8	2017	3696	2082	1550	1811
9	2018	2580	1775	1700	1480
10	2019	2318	1694	1537	1399
11	2020	2815	2008	2177	1866

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Uji konsistensi data dilakukan setelah mendapatkan hasil penaksiran data hilang. Data dalam analisis uji konsistensi harus merupakan data yang memiliki kesalahan yang rendah karena menghilangkan sama sekali kesalahan tidak akan mungkin. Konsistensi dari pencatatan hujan diselidiki dengan metode Kurva Massa Ganda. Berdasarkan uji konsistensi data,  $R^2$  kumulatif stasiun mendekati dengan  $R^2$  kumulatif rata-rata. Konsistensi data curah hujan berdasarkan

metode Kurva Massa Ganda, didapatkan data hujan yang berpengaruh di wilayah Sub DAS Cikeruh yaitu Stasiun Tanjungsari, Cibiru, Rancaekek dan Jatiroke

### Curah Hujan Wilayah

Analisis curah hujan wilayah dilakukan dengan metode Poligon Thiessen dan diolah dengan program Arcgis 10.8 untuk memperoleh luasan stasiun hujan yang berpengaruh pada Sub DAS Cikeruh. Luas daerah tangkapan hujan setiap stasiun dibagi berdasarkan luas wilayah yang mendapatkan distribusi hujan setiap stasiun. Setelah dilakukan *plotting* peta maka diketahui luas jangkauan masing-masing stasiun hujan. Berdasarkan hasil perhitungan luas pengaruh stasiun hujan terhadap wilayah Sub DAS Cikeruh seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Koefisien Thiessen Stasiun Hujan

No.	Stasiun Pos Hujan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Koef
1	Jatiroke	24,20	0,13
2	Rancaekek	41,47	0,22
3	Tanjungsari	47,83	0,25
4	Cibiru	77,92	0,41
<b>Luas</b>		<b>191,43</b>	<b>1</b>

(Sumber: Hasil perhitungan, 2021)

### Analisis Hujan Maksimum Rata-rata Wilayah

Perhitungan curah hujan maksimum rata-rata dilakukan dengan mengalikan curah hujan wilayah maksimum dengan koefisien luas daerah pengaruh masing-masing stasiun setiap tahunnya. Luas daerah setiap stasiun akan diwakili oleh koefisien Thiessen dalam menghitung hujan maksimum harian rata-rata wilayah. Data curah hujan maksimum selama 11 tahun terakhir (2011-2020).

### Analisis Distribusi Frekuensi Curah Hujan Maksimum

Nilai variabel hidrologi tidak semua sama dengan nilai rata-ratanya, karena dapat memiliki nilai lebih besar maupun lebih kecil dari rata-ratanya. Oleh karena itu pada analisis frekuensi terlebih dahulu dilakukan pengukuran disperse, melalui perhitungan parameter statistik.

Tabel 3. Parameter Statistik Curah Hujan

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2010	55,082
2	2011	31,462
3	2012	39,683
4	2013	39,832
5	2014	46,167
6	2015	36,996
7	2016	63,200
8	2017	42,417
9	2018	38,010
10	2019	49,642
11	2020	45,352
<b>Jumlah</b>		<b>487,844</b>
<b>Xrt</b>		<b>44,3494</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan perhitungan tabel didapatkan:

1. Hujan rata-rata (mm) = 44,35
2. Standar deviasi (Sx) = 8,99
3. Koef. Variasi (Cv) = 0,203
4. Koef. Skewness (Cs) = 0,856
5. Koef. Kurtosis (Ck) = 4,450

Tabel 4. Parameter Statistik Curah Hujan Logaritma

No	Tahun	Curah hujan max (mm)	Log Xi
1	2010	55,082	1,741
2	2011	31,462	1,498
3	2012	39,683	1,599
4	2013	39,832	1,600
5	2014	46,167	1,664
6	2015	36,996	1,568
7	2016	63,200	1,801
8	2017	42,417	1,628
9	2018	38,010	1,580
10	2019	49,642	1,696
11	2020	45,352	1,657
<b>Jumlah</b>		<b>18,031</b>	
<b>Log Xrt</b>		<b>1,639</b>	
<b>Xrt</b>		<b>43,567</b>	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan perhitungan tabel didapatkan:

1. Hujan rata-rata (mm) = 43,567
2. Standar deviasi (Sx) = 0,085
3. Koef. Variasi (Cv) = 0,052
4. Koef. Skewness (Cs) = 0,388
5. Koef. Kurtosis (Ck) = 3,285

Berdasarkan hasil dari perhitungan parameter statistik normal dan logaritma, kemudian dilakukan pencocokan dengan tabel persyaratan distribusi sebagai berikut.

Tabel 5. Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	Cs ≈ 0 Ck = 3	Cs 0,856 Ck 4,450	Tidak memenuhi
Gumbel	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002	Cs 0,856 Ck 4,450	<b>Memenuhi</b>
Log Normal	Cs ≈ 3 Cv + Cv <sup>2</sup> = 3 Ck = 5,383	Cs 0,388 Ck 3,285	Tidak memenuhi
Log Pearson Type III	Cs ≠ 0	Cs 0,388	<b>Memenuhi</b>

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa hasil distribusi frekuensi yang memenuhi syarat adalah distribusi Gumbel dan Distribusi Log Pearson Type III. Distribusi yang dipilih adalah distribusi Log Pearson III.

### Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji kesesuaian distribusi hujan merupakan bagian dari analisis frekuensi. Penggunaan distribusi yang dipilih memiliki pengaruh yang besar terhadap estimasi hujan rencana untuk kala ulang tertentu. Berdasarkan perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov, nilai Dmax lebih kecil dari nilai Dkritis (0,183 < 0,391) sehingga keputusan diterima dan uji Chi-Kuadrat, nilai (X<sup>2</sup>)cr > (X<sup>2</sup>)hitung (5,591 > 3,182) berarti sebaran distribusi dapat diterima.

### Curah Hujan Rencana

Berdasarkan hubungan nilai Cs dengan periode ulang T. Curah hujan rencana dihitung menggunakan persamaan distribusi Log Pearson III.

Tabel 6. Curah Hujan Rencana

T (Tahun)	Xtr (mm)
2	43,024
5	51,132
10	56,388
20	60,670
50	67,780
100	72,613

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

### Analisis Frekuensi Data Debit

Berdasarkan hasil analisis frekuensi data debit terukur dengan menggunakan distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel dan distribusi Log Pearson tipe III serta pengujian kesesuaian distribusi dengan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov maka didapat debit banjir rencana sebagaimana tabel dibawah ini.

Tabel 7. Debit Banjir Rencana Berdasarkan Data Debit Terukur

T (Tahun)	Xtr (m <sup>3</sup> /detik)
2	16,6724
5	33,4982
10	47,8624
20	61,4591
50	88,3476
100	109,428

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

### Analisis Debit Banjir Rencana

Hasil perhitungan banjir rencana yang akan digunakan untuk memodelkan banjir sungai Cikeruh yaitu debit banjir rencana maksimum dari setiap periode ulang dengan data daerah aliran sungai sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas DAS} &= 191,43 \text{ km}^2 \\
 \text{Panjang sungai} &= 28,416 \text{ km} \\
 \text{Elevasi hulu} &= 1194 \text{ m} \\
 \text{Elevasi hilir} &= 658 \text{ m} \\
 \text{Beda tinggi sungai} &= 536 \text{ m} = 0,536 \text{ km} \\
 \text{Kemiringan lahan} &= \frac{\text{elv.hulu} - \text{elv.hilir}}{L} \\
 &= \frac{0,536}{28,416} = 0,018862
 \end{aligned}$$

### Metode Mean Annual Flood (MAF)

Debit banjir rencana sungai Cikeruh dengan metode MAF menggunakan persamaan 11.

Tabel 8. Debit Banjir Rencana Metode MAF

T (Tahun)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
2	20,170
5	39,349
10	60,889
20	87,692
50	143,726
100	201,206

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

### Metode Rasional

Debit banjir rencana sungai Cikeruh dengan Metode Rasional menggunakan persamaan 16.

Tabel 9. Debit Banjir Rencana Metode Rasional

T (Tahun)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
2	193,138
5	229,535
10	253,130
20	272,356
50	304,272
100	325,970

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

### Metode Der Weduwen

Debit banjir rencana sungai Cikeruh dengan Metode Rasional menggunakan persamaan 19.

Tabel 10. Debit Banjir Rencana Metode Der Weduwen

T (Tahun)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
2	64,295
5	79,566
10	89,899
20	98,564
50	113,420
100	123,844

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

### Metode Haspers

Debit banjir rencana metode Haspers dengan menggunakan persamaan 24.

Tabel 11. Debit Banjir Rencana Metode Haspers

T (Tahun)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
2	68,596
5	81,453
10	89,788
20	96,580
50	107,854
100	115,518

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

**Analisis Penyimpangan Debit Banjir Data Curah Hujan Terhadap Debit Banjir Data Debit**

Tabel 123. Debit Banjir Data Curah Hujan terhadap Debit Banjir Data Debit

Periode Ulang ( Tahun )	Q Banjir				
	MAF	Rasional	Der Weduwen	Haspers	Debit terukur
	m <sup>3</sup> /det				
2	20,170	193,138	64,295	68,596	16,6914
5	39,349	229,535	79,566	81,453	33,5328
10	60,889	253,130	89,899	89,788	47,8776
20	87,692	272,356	98,564	96,580	61,4294
50	143,726	304,272	113,420	107,854	88,1864
100	201,206	325,970	123,844	115,518	109,097

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Perbedaan volume atau *volume error* (VE) adalah nilai yang mewakili perbedaan volume yang dihitung dan volume yang diukur. Selisih volume (VE) merupakan pertimbangan yang baik apabila dapat menunjukkan angka kurang dari 5%. Hal ini didasarkan pada perhitungan debit banjir rancangan dengan mengolah data curah hujan Sub DAS Cikeruh menggunakan empat metode yaitu metode *Mean Flood Annual* (MAF), Rasional, *Der Weduwen* dan *Haspers*, serta mengolah data debit terukur sungai Cikeruh dengan distribusi hidrologi yang sesuai dengan parameter statistik untuk mengolah data curah hujan Sub DAS Cikeruh yaitu distribusi Log Pearson III. Penyimpangan debit banjir rencana masing-masing metode disajikan dalam table berikut ini.

Tabel 13. Penyimpangan debit banjir rencana Metode MAF

T	Penyimpangan (%)	Faktor Koreksi
2	20,981	
5	17,466	
10	27,217	
20	42,683	0,72
50	62,682	
100	83,870	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui penyimpangan Metode MAF pada kala ulang 2 tahun sebesar 20,98%, kala ulang 5 tahun sebesar 17,47%, kala ulang 10 tahun sebesar 27,22%, kala ulang 20 tahun sebesar 42,68%, kala ulang 50 tahun sebesar 62,68%, dan kala ulang 100 tahun sebesar 83,870%. Faktor koreksi (C) untuk Metode MAF sebesar 0,72 dimana angka tersebut untuk mengoreksi debit

banjir rencana Metode MAF terhadap debit terukur, apabila angka factor koreksi mendekati 1 maka metode dapat dikatakan paling mendekati nilai debit terukur.

Tabel 14. Penyimpangan debit banjir rencana Metode Rasional

T	Penyimpangan (%)	Faktor Koreksi
2	1058,426	
5	585,216	
10	428,870	
20	343,150	0,21
50	244,404	
100	197,885	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui penyimpangan Metode Rasional pada kala ulang 2 tahun sebesar 1058,43%, kala ulang 5 tahun sebesar 585,22%, kala ulang 10 tahun sebesar 428,87%, kala ulang 20 tahun sebesar 343,15%, kala ulang 50 tahun sebesar 244,4%, dan kala ulang 100 tahun sebesar 83,870%. Faktor koreksi (C) untuk Metode Rasional sebesar 0,21 dimana angka tersebut untuk mengoreksi debit banjir rencana Metode Rasional terhadap debit terukur.

Tabel 15. Penyimpangan debit banjir rencana Metode Der Weduwen

T	Penyimpangan (%)	Faktor Koreksi
2	285,638	
5	137,522	
10	87,828	
20	60,373	0,58
50	28,379	
100	13,174	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui penyimpangan Metode Der Weduwen pada kala ulang 2 tahun sebesar 285,64%, kala ulang 5 tahun sebesar 137,52%, kala ulang 10 tahun sebesar 87,83%, kala ulang 20 tahun sebesar 60,37%, kala ulang 50 tahun sebesar 28,38%, dan kala ulang 100 tahun sebesar 13,17%. Faktor koreksi (C) untuk Metode Rasional sebesar 0,58 dimana angka tersebut untuk mengoreksi debit banjir rencana Metode Der Weduwen terhadap debit terukur.

Tabel 16. Penyimpangan debit banjir rencana Metode Haspers

T	Penyimpangan (%)	Faktor Koreksi
2	311,435	
5	143,157	
10	87,596	
20	57,144	0,60
50	22,079	
100	5,565	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui penyimpangan Metode Haspers pada kala ulang 2 tahun sebesar 311,43%, kala ulang 5 tahun sebesar 143,16%, kala ulang 10 tahun sebesar 87,60%, kala ulang 20 tahun sebesar 57,14%, kala ulang 50 tahun sebesar 22,08%, dan kala ulang 100 tahun sebesar 5,565%. Faktor koreksi (C) untuk Metode Haspers sebesar 0,60 dimana angka tersebut untuk mengoreksi debit banjir rencana Metode Haspers terhadap debit terukur.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai koefisien limpasan permukaan (C) yang terjadi di daerah penelitian sebesar 0,615 dan termasuk klasifikasi *runoff* yang tinggi, dimana nilai tersebut merupakan rata-rata limpasan permukaan tiap Sub DAS yang berkisar antara 0,589 sampai 0,634, limpasan tertinggi terjadi pada Sub DAS 4 dan limpasan terendah terjadi pada Sub DAS 3.
2. Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rancangan berdasarkan data curah hujan menggunakan metode MAF, Rasional, *Der Weduwen* dan *Haspers* serta perhitungan

debit banjir rencana berdasarkan data debit didapat bahwa nilai debit banjir rencana yang mendekati nilai debit banjir rencana data debit terukur adalah metode *Mean Annual Flood* (MAF).

3. Potensi debit banjir rancangan menggunakan metode *Mean Annual Flood* (MAF) dengan periode ulang 2 tahun sebesar 20,98%, periode ulang 5 tahun sebesar 17,47%, periode ulang 10 tahun sebesar 27,22%, periode ulang 20 tahun sebesar 42,68%, periode ulang 50 tahun sebesar 62,68%, dan periode ulang 100 tahun sebesar 83,77%.
4. Perbandingan debit banjir rancangan menggunakan metode *Mean Annual Flood* (MAF) dan data debit terukur menghasilkan nilai faktor koreksi sebesar 0,72.
5. Metode *Mean Annual Flood* (MAF) memiliki nilai R squared 0,99 dengan tingkat korelasi tinggi dan diagram sebar 1,564. Nilai diagram sebar ini lebih rendah dibandingkan dengan metode Rasional, namun lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Der Weduwen* dan metode *Haspers*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, Wahyu. (2020). *Analisis Laju Infiltrasi Dengan Metode Horton Pada Sub DAS Cikeruh*. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415-2016 Tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Haryanto, Tri, Edi, Yuniardi, Yuyun, Iyan, Rendra, Pradnya Paramarta Raditya. (2016). *Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Kampus Jatinangor dan Koefisien Air Larian Sub DAS Cikeruh Kab. Sumedang-Jawa Barat*. Fakultas Teknik Geologi. Universitas Padjadjaran. Bandung
- Lestari, Sylvia, Utami. (2017). *Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara Di Ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio)*. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik ULM.

- Loebis, Joesron. (1992). *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- Pratisto dan Danoedoro. (2003). *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respons Debit dan Bahaya Banjir (Studi Kasus di DAS Gesing, Purworejo Berdasarkan Citra Lansat TM dan Aster VNIR)*. PUSPICS Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Soemarto, C. (1987). *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya. Indonesia
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Untuk Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*. NOVA. Bandung
- Sri, Harto. (1993). *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia. Jakarta