

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam UU No 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air ialah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alam dengan batas di darat berupa batas topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Pengelolaan DAS yang tepat akan mengembangkan potensi yang dimiliki DAS tersebut. Pengelolaan DAS bisa berjalan dengan sangat efektif apabila pemerintah dan masyarakat bisa saling bekerja sama.

Curah hujan merupakan input dalam sistem DAS (Handayani dan Indrajaya 2011). Sistem hidrologi berhubungan dengan DAS yang memiliki karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan, dan panjang lereng (Amien 2016). Curah hujan yang jatuh dalam suatu DAS akan mengalami interaksi dengan komponen-komponen ekosistem DAS dan akan menghasilkan keluaran berupa debit, sedimen, dan material lainnya yang terbawa oleh aliran sungai (Amien 2016). Data curah hujan yang diperoleh akan menjadi acuan untuk menentukan curah hujan rencana dan dapat digunakan sebagai dasar dalam mengelola suatu DAS.

Debit puncak merupakan salah satu indikator untuk monitoring kejadian banjir dan kesehatan dari DAS (Samaawa dan Hadi 2016). Jika debit lebih besar dari kapasitas sungai maka akan terjadi banjir. Untuk mengetahui besarnya debit di lapangan digunakan metode pembacaan tinggi muka air sungai. Pengukuran di lapangan seringkali mempunyai beberapa kendala sehingga ketersediaan data yang lengkap sulit untuk diperoleh. Sumber data yang terbatas dapat diatasi menggunakan model analisis hidrologi untuk melakukan tindakan pencegahan dan perkiraan mengenai besar dan waktu terjadinya debit puncak.

Sub DAS Cibaregbeq memiliki tutupan lahan berupa hutan hanya sebesar 18.75% (627.83 ha), sedangkan semak belukar seluas 187.02 ha atau 5.59% dan tegalan dan tanah kosong sebesar 9.94%, tutupan lahan yang lain berupa perkebunan, pemukiman, dan sawah. Kondisi tutupan lahan yang seperti ini mempunyai potensi menyebabkan terjadinya bencana banjir, erosi, dan sedimentasi. Hal ini dapat menimbulkan permasalahan bagi masyarakat yang tinggal di wilayah Sub DAS Cibaregbeq. Dampak banjir yang menimbulkan kerusakan lingkungan hidup berupa rusaknya areal pemukiman penduduk, sulitnya mendapatkan air bersih, rusaknya sarana dan prasarana penduduk, rusaknya areal pertanian, timbul penyakit-penyakit, dan menghambat transportasi darat (Aminudin 2013). Sub DAS Cibaregbeq memiliki potensi pengembangan penyediaan jasa lingkungan. Pemanfaatan jasa lingkungan berupa hasil air oleh PT Aqua Golden Mississippi (AQUA) dalam bentuk produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Lokasi pabrik yang berada di sempadan sungai dan dekat *outlet* dari Sub DAS Cibaregbeq yang berarti memiliki ancaman terkena banjir. Jika terkena banjir maka akan sangat merugikan karena melihat besarnya nilai aset yang dimiliki pabrik tersebut. Perlu dilakukan analisis debit puncak untuk melakukan perencanaan pengelolaan DAS khususnya dalam mencegah terjadinya banjir.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis curah hujan dan debit puncak rencana di Sub DAS Cibaregbeg.

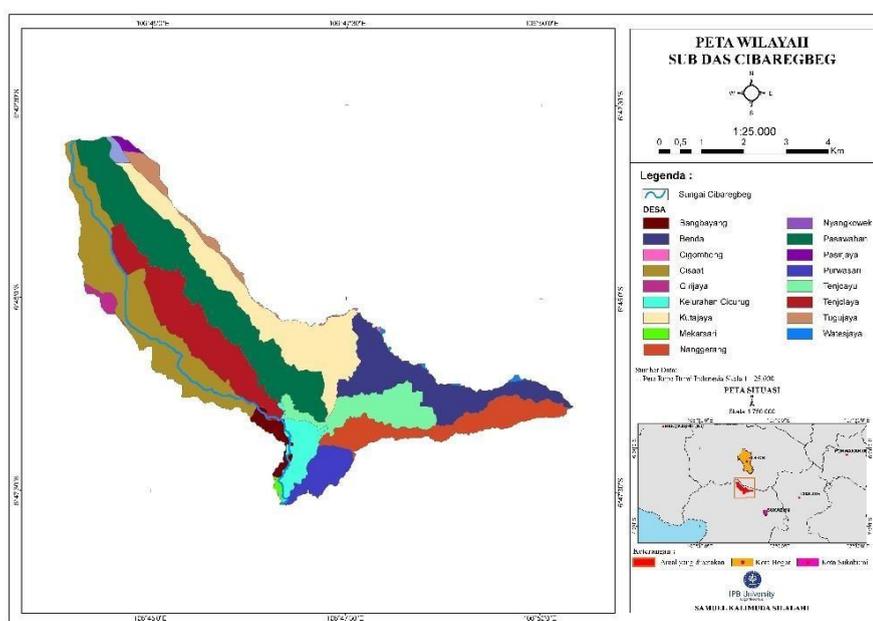
1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan informasi mengenai karakteristik dan kondisi hidrologi di Sub DAS Cibaregbeg sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan bagi para *stakeholder* untuk menyusun rencana pengelolaan DAS di Sub DAS Cibaregbeg.

II METODE

21 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai dengan bulan Oktober 2020. Pengambilan data dilakukan di Sub DAS Cibaregbeg, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat pada bulan Februari 2020. Lokasi penelitian secara geografis terletak pada koordinat $106^{\circ} 43' 45''$ BT - $106^{\circ} 50' 38''$ BT dan $6^{\circ} 42' 2''$ LS - $6^{\circ} 47' 58''$ LS dan secara administratif berada di Kecamatan Cicurug, Kabupaten Sukabumi. Luas Sub DAS Cibaregbeg yaitu 3347.55 ha dengan outlet berada di area Taman Kehati PT Aqua Golden Mississippi. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta lokasi Penelitian

22 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa data tinggi muka air dari *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) di outlet Sungai Cibaregbeg yang berada di area PT Aqua Golden Mississippi dan analisis data curah hujan dari *Automatic Weather Station* (AWS) di desa Pasawahan Kecamatan Cicurug. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data
1	Digital Elevation Model (DEM) Sub DAS Cibaregbeg resolusi 8.3 m	Seamless Digital Elevation Model Badan Informasi Geospasial
2	Peta Digital Land Use 2019	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
3	Data Curah Hujan tahun 2009-2018	NASA POWER (https://power.larc.nasa.gov/)
4	Peta Administrasi Kabupaten Sukabumi 1:25000	Peta Rupa Bumi Indonesia
5	Batas Sub DAS Cibaregbeg Skala 1:25000	Balai Besar Wilayah Sungai Citarum

23 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah laptop yang dilengkapi dengan *Microsoft Office 2013*, *ArcGIS* versi 10.3 untuk membuat peta lokasi penelitian. Data tinggi muka air diunduh dari AWLR menggunakan software *Global Logger II*, sedangkan software *Weather Link* versi 6.0.3 digunakan untuk mengunduh data curah hujan dari AWS. Data tinggi muka air dimonitor menggunakan *Water Level Logger WL16U-030-050*, sedangkan *Davis Vantage Pro 2* untuk merekam data curah hujan. Titik koordinat ditentukan oleh *receiver Global Positioning System (GPS)*. Kamera digunakan untuk dokumentasi penelitian, sedangkan alat tulis digunakan untuk menulis data penelitian.

24 Prosedur Analisis Data

Curah hujan merupakan parameter atmosfer yang sulit diprediksi karena memiliki keragaman yang tinggi baik secara spasial dan temporal (Septiawan 2017). Analisis curah hujan dapat diawali dengan menentukan jenis sebaran curah hujan pada daerah analisis. Data curah hujan yang dianalisis didapatkan dari NASA POWER tahun 2009-2018.

Tahapan analisis data:

1. Menghitung curah hujan rencana

Menghitung curah hujan rencana atau distribusi probabilitas dapat menggunakan beberapa metode yaitu Gumbell, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III. Masing-masing metode dapat digunakan apabila memenuhi persyaratan dalam analisis parameter data curah hujan hujannya. Persyaratan yang digunakan adalah menghitung parameter C_s (koefisien kemelencengan) dan C_k (koefisien kurtosis). Persyaratan penggunaan metode menghitung curah hujan rencana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Metode menghitung curah hujan rencana atau distribusi probabilitas

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbell	$C_s = 1.14$, $C_k = 5.4$
2	Normal	$C_s = 0$, $C_k = 3$
3	Log Normal	$C_s = CV^3 + 3CV$, $C_k = CV^8 + 6CV^6 + 15CV^4 + 16CV^2 + 3$
4	Log Pearson III	$C_s \neq 0$

Sumber: Bambang (2008) *diacu dalam* Kamiana (2011)

Parameter C_s (koefisien kemelencengan) dan C_k (kofisien kurtosis) dihitung menggunakan persamaan (3) dan (4). Sebelum menghitung parameter C_s dan C_k perlu dihitung terlebih dahulu rata-rata dan standar deviasi (S) dari data curah hujan tahunan terlebih dahulu menggunakan Persamaan (1) dan (2).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

$$C_s = \frac{n \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \dots\dots\dots (3)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- x : curah hujan harian
 S : standar deviasi
 C_s : koefisien kemelencengan
 C_k : koefisien kurtosis

Apabila nilai C_s dan C_k -nya persebaran datanya mengikuti distribusi Log Pearson III, maka pendugaan hujan rencananya menggunakan persamaan (5).

$$\log X_T = \log X + K_T \times S_{\log x} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- X_T : hujan rencana dengan periode ulang T (mm)
 K_T : koefisien Log Pearson III
 S : standar deviasi

Nilai K_T diperoleh dari Tabel nilai koefisien Log Pearson III (Haan 1977) yang disajikan pada Lampiran 1. Nilai T pada penelitian ini menggunakan curah hujan rencana pada periode ulang (T) 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

Setelah menentukan jenis parameter yang digunakan, dilakukan uji distribusi probabilitas. Uji tersebut diperlukan untuk mengetahui distribusi probabilitas apakah dapat mewakili distribusi statistik sample data yang ditentukan. Metode pengujian yang digunakan adalah metode Chi-Kuadrat (χ^2) yang dirumuskan dalam Persamaan (6). Distribusi probabilitas yang digunakan ialah distribusi yang memiliki nilai simpangan maksimum terkecil kurang dari simpangan kritis.

$$\chi^2 = \sum \frac{(Of-Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots (6)$$

$$Dk = K - (p + 1) \dots\dots\dots (7)$$

$$K = 1 + 3.3 \log n \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

- χ^2 : chi kuadrat
- Of : frekuensi yang diamati
- Ef : frekuensi yang diharapkan
- Dk : derajat kebebasan
- p : banyaknya parameter
- n : banyaknya parameter
- K : kelas interval

2. Menghitung Debit Puncak

Intensitas curah hujan dihitung menggunakan metode Mononobe. Metode ini menurunkan nilai intensitas curah hujan dari data curah harian (Rimbawanto 2019). Persamaan yang digunakan dalam metode ini ditunjukkan pada Persamaan (9).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

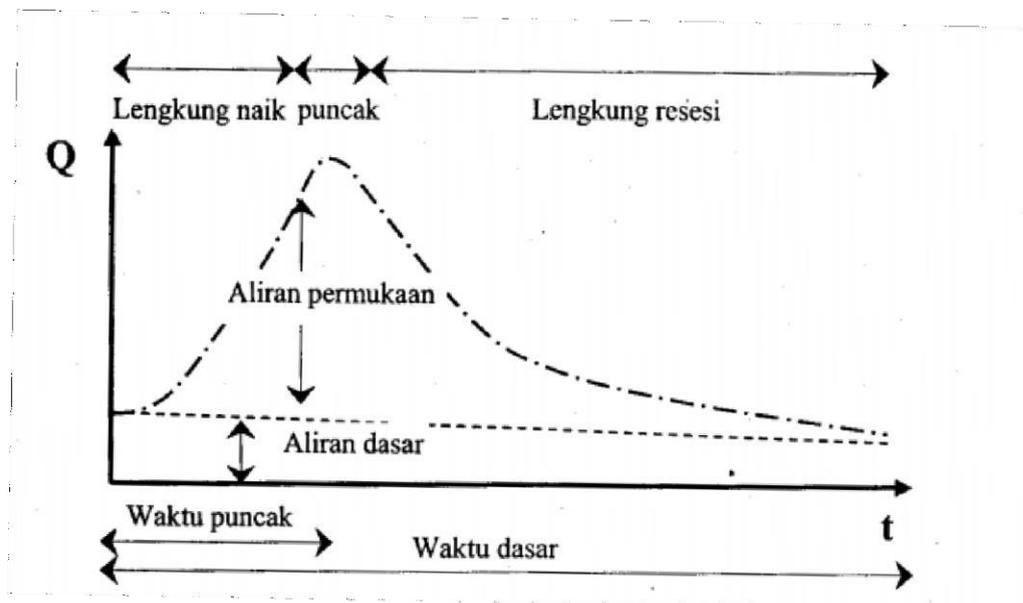
- R : curah hujan rencana (mm)
- t : lama hujan (jam)
- I : intensitas hujan (mm/jam)

Hidrograf

Hidrograf merupakan penyajian grafis yang menghubungkan debit aliran dengan waktu (Parlindungan 2014). Bentuk dari suatu hidrograf akan berubah-ubah sesuai dengan karakteristik DAS dan iklim (Agus 2007). Hidrograf dibentuk oleh limpasan dan aliran dasar (aliran antara dan aliran bawah tanah) (Kamiana 2011). Pembuatan dari hidrograf bertujuan untuk mengetahui hubungan antara limpasan dan hujan serta pengaruh hujan terhadap limpasan. Menurut Viesman *et al.* (1972)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

hidrograf terdiri dari 3 bagian yaitu (1) lengkung naik (*rising curve* atau *rising limb*), (2) puncak (*crest segment*), dan (3) lengkung menurun (*falling limb* atau *recession curve*). Hidrograf yang dibuat dalam penelitian ini adalah jenis hidrograf nyata karena pada penelitian ini hidrograf yang digambarkan menggunakan data hujan, data debit dan waktu.



Gambar 2 Bentuk dan komponen penyusun hidrograf satuan

Hidrograf dapat memperlihatkan besarnya limpasan langsung (*direct runoff*). Penentuan besarnya nilai limpasan langsung dilakukan dengan pemisahan besaran aliran langsung dengan aliran dasar. Persamaan pemisahan besar aliran dapat dilihat pada Persamaan (10). Nilai limpasan langsung dapat menjadi acuan dalam mencari nilai tebal limpasan.

$$DRO = Q - BF \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Tebal DRO} = \frac{\sum DRO \times \Delta t}{A} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

DRO : limpasan langsung (m^3/detik)

Q : debit aliran (m^3/detik)

BF : aliran dasar (m^3/detik)

Δt : interval pengamatan (detik)

A : luas DAS (m^2)

Debit Aliran (Q)

Debit puncak pada hidrograf (Q) diduga menggunakan metode rasional. Metode ini cukup memadai untuk digunakan dalam perkiraan rancangan bangunan pencegah banjir, erosi, dan sedimen (Rimbawanto 2019). Kelemahan dari metode

ini adalah hanya dapat menunjukkan besarnya air larian puncak (Q_p) (*U.S. Soil Conservation Service* (1973) *diacu dalam* Asdak (2014)). Nilai koefisien air larian (C) dihitung berdasarkan luasan tiap tutupan lahan dengan Persamaan (12) dan nilai C pada setiap jenis tutupan lahan dapat dilihat pada Lampiran 1. Persamaan yang digunakan dalam metode rasional dalam memperkirakan besarnya debit puncak ditunjukkan oleh Persamaan (13).

$$Q = \frac{\sum(C_i \times A_i)}{\sum A} \dots\dots\dots(12)$$

$$Q = 0.0028 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

- Q : debit puncak ($m^3/detik$)
- C : koefisien air larian
- I : intensitas hujan (mm/jam)
- A : luas Sub DAS (ha)

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu perjalanan yang diperlukan air dari hulu DAS menuju outlet/titik tertentu (Rimbawanto 2019). Persamaan yang biasa digunakan dalam pendugaan tersebut adalah persamaan Kirpich (1940). Waktu konsentrasi diturunkan dari persamaan antar faktor panjang lereng dan perbedaan tinggi antara dua titik yaitu hulu dan outlet DAS. Waktu puncak (T_p) adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu saluran/aliran menuju debit puncak. Hal tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa cepat peningkatan debit hingga debit puncak akibat terjadinya curah hujan tertentu. Persamaan yang digunakan oleh Kirpich (1940) untuk menduga waktu konsentrasi dan waktu puncak ditunjukkan dalam Persamaan (14) dan (15).

$$T_c = 0.0195 \times L^{0.77} \times S^{-0.385} \dots\dots\dots(14)$$

$$T_p = 0.5 \times T_c \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

- T_c : waktu konsentrasi (menit)
- T_p : waktu puncak (menit)
- L : panjang sungai (m)
- S : beda ketinggian aliran dibagi dengan panjang sungai

Waktu keterlambatan (T_L) merupakan rata-rata dari waktu tempuh limpasan permukaan pada DAS. Waktu keterlambatan dihitung dengan menghitung selisih antara pusat hujan hingga waktu puncak hidrograf. Fungsi dari metode keterlambatan yaitu sebagai salah satu parameter *Early Warning System* untuk pengamanan suatu wilayah. Metode Nakayasu (1940) adalah metode yang digunakan untuk menghitung waktu keterlambatan. Persamaan yang digunakan adalah Persamaan (16).

$$T_L = 0.21 \times L^{0.7} \quad L < 15 \text{ km}$$

$$T_L = 0.527 + (0.058 \times L) \quad L \geq 15 \text{ km} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan:

T_L : waktu keterlambatan (jam)

L : panjang sungai (m)

Pendugaan Debit Banjir

Hidrograf satuan sintetis (HSS) yang dikembangkan oleh Nakayasu merupakan metode yang digunakan untuk menduga debit puncak banjir. Dengan ketersediaan data yang sedikit maka metode ini paling cocok untuk digunakan. Persamaan yang digunakan ditunjukkan oleh persamaan (17), (18), dan (19).

$$T_p = T_g + (0.8 \times T_r) \dots\dots\dots (17)$$

$$T_g = 0.4 + (0.58 \times L) \quad L \geq 15 \text{ km}$$

$$T_g = 0.21 \times L^{0.7} \quad L < 15 \text{ km} \dots\dots\dots (18)$$

$$T_{0.3} = \alpha \times T_g \dots\dots\dots (19)$$

Keterangan:

T_p : waktu puncak (jam)

T_r : satuan waktu curah hujan (jam)

T_g : waktu jeda (jam)

$T_{0.3}$: waktu penurunan debit dari puncak menuju 30% debit puncak (jam)

L : panjang sungai (km)

α : koefisien karakteristik DAS

Nilai α pada Sub DAS Cibaregbeg ialah 2 karena daerah pengalirannya termasuk daerah pengaliran biasa. Nilai ini dipengaruhi oleh karakteristik hidrograf daerah pengaliran. Persamaan nilai dari debit puncak (banjir) ditunjukkan pada Persamaan (20).

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_o}{3.6 ((0.3 \times T_p) + T_{0.3})} \dots\dots\dots (20)$$

Keterangan:

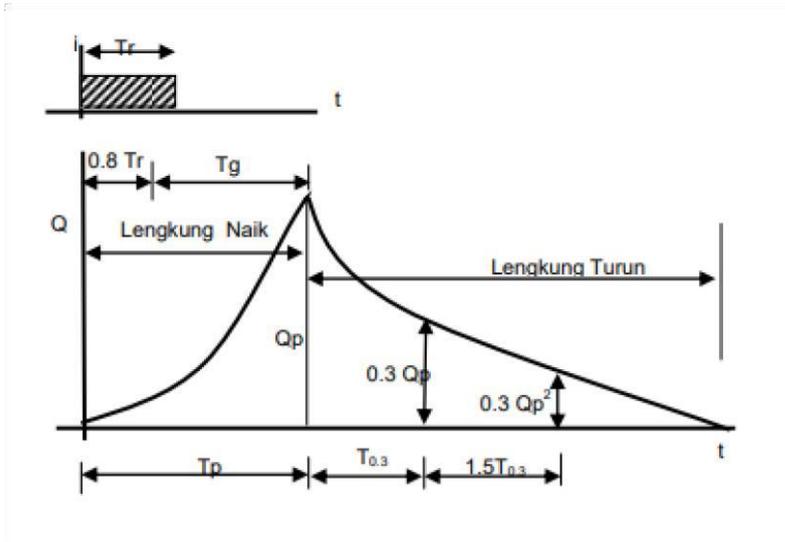
Q_p : debit puncak ($m^3/detik$)

R_o : curah hujan (mm)

C : koefisien pengaliran

A : luas Sub DAS (ha)

Untuk mengetahui besarnya debit pada tiap satuan waktu diperoleh dengan membagi kurva menjadi dua bagian yaitu lengkung naik dan turun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Kemudian dilakukan penggambaran antara hubungan t dan debit dengan menggunakan grafik pada setiap tahun ulangan. Untuk menghitung besarnya debit pada setiap waktu ditunjukkan pada persamaan (21).



Gambar 3 Hidrograf dan komponen penyusun HSS Nakayasu

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4} & 0 < t < T_p \\
 Q &= Q_p \times 0.3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0.3}}\right) & T_p < t < T_p + T_{0.3} \\
 Q &= Q_p \times 0.3 \left(\frac{t-T_p+0.5T_{0.3}}{1.5T_{0.3}}\right) & T_p + T_{0.3} < t < T_p + 1.5T_{0.3} \\
 Q &= Q_p \times 0.3 \left(\frac{t-T_p+1.5T_{0.3}}{2T_{0.3}}\right) & t > T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3} \dots\dots\dots (21)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Q : debit (m³/detik)
- Q_p : debit puncak (m³/detik)
- t : waktu (jam)
- T_p : waktu puncak (jam)
- T_{0.3} : waktu penurunan debit dari puncak menuju 30% debit puncak (jam)

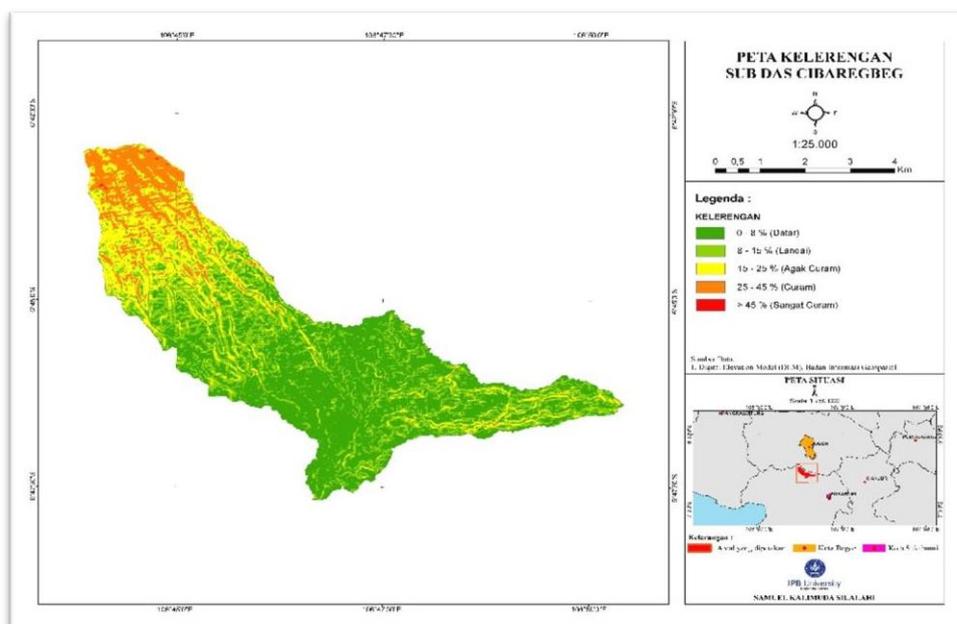
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Umum

Sub DAS Cibaregbeg secara administratif terletak di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat dan melewati 17 desa. Sub DAS ini memiliki luasan sebesar 3347.55 ha. Curah hujan rata-rata sebesar 2549.88 mm/tahun. Menurut klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson termasuk kedalam tipe A dengan nilai Q sebesar 0.11 dan menurut klasifikasi iklim Koppen termasuk kedalam tipe Af. Ketinggian Sub DAS Cibaregbeg bervariasi mulai dari 1217 m dpl di area Gunung Salak hingga 460 m dpl di area PT Aqua Golden Mississippi Sukabumi.

Tingkat kelerengan kurang dari 8 % mendominasi Sub DAS Cibaregbeg dengan luasan sebesar 2469.29 ha. Kelerengan lebih dari 45 % merupakan kelerengan dengan luasan yang paling rendah sebesar 11.80 ha. Kelerengan kurang dari 8 % jenis penggunaan lahannya didominasi oleh perkebunan, sawah, dan pemukiman. Karena pengolahan tanah dengan kemiringan yang rendah lebih mudah dikelola dari pada tanah dengan kemiringan yang tinggi. Untuk sebaran kelas kelerengan dapat dilihat pada Gambar 4 dan luasan kelas lereng disajikan pada Tabel 3.



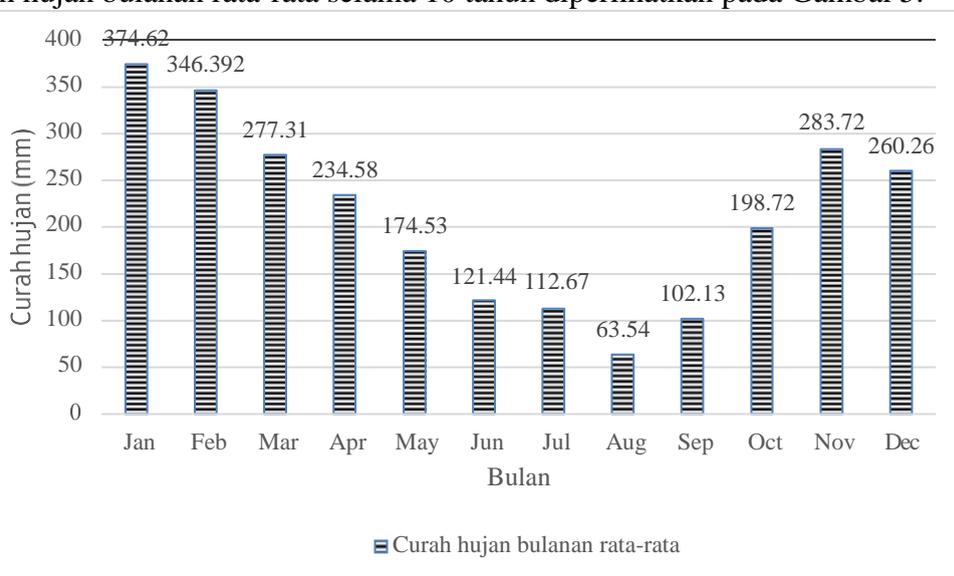
Gambar 4 Peta kelerengan Sub DAS Cibaregbeg

Tabel 3 Luasan tiap kelas lereng di Sub DAS Cibaregbeg

Kelerengan	Luasan	
	ha	%
<8%	2469.29	73.76
8-15%	672.88	20.10
15-25%	155.42	4.64
25-45%	38.16	1.14
>45%	11.80	0.35
Jumlah	3347.55	100.00

3.2 Analisis Curah Hujan

Curah hujan merupakan input dalam sistem DAS (Handayani dan Indrajaya 2011). Curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Januari 2014 yaitu 671.72 mm dan terendah pada bulan Juli 2018 yaitu 3.96 mm. Curah hujan harian rata-rata pada rentang tahun 2009-2018 sebesar 6.98 mm, curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari yaitu 374.62 mm dan terendah pada bulan Agustus yaitu 63.54 mm. Curah hujan bulanan rata-rata selama 10 tahun diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Curah hujan bulanan rata-rata tahun 2009-2018

Nilai koefisien kemelencengan (C_s) sebesar 2.54 dan koefisien kurtosis (C_k) sebesar 14.02. Dari kedua parameter tersebut dapat diketahui bahwa data ini menyebar dengan tipe sebaran Log Pearson III dengan nilai ChiKuadrat (χ^2) sebesar 10.93 dan kurang dari nilai simpangan kritis yaitu 11.07 yang berarti distribusi ini dapat diterima. Untuk itu curah hujan rencana dihitung menggunakan metode Log Pearson III. Perhitungan dengan menggunakan distribusi Log Pearson III, curah hujan rencana pada periode ulang tiap tahun ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Curah hujan rencana dengan distribusi Log Pearson III

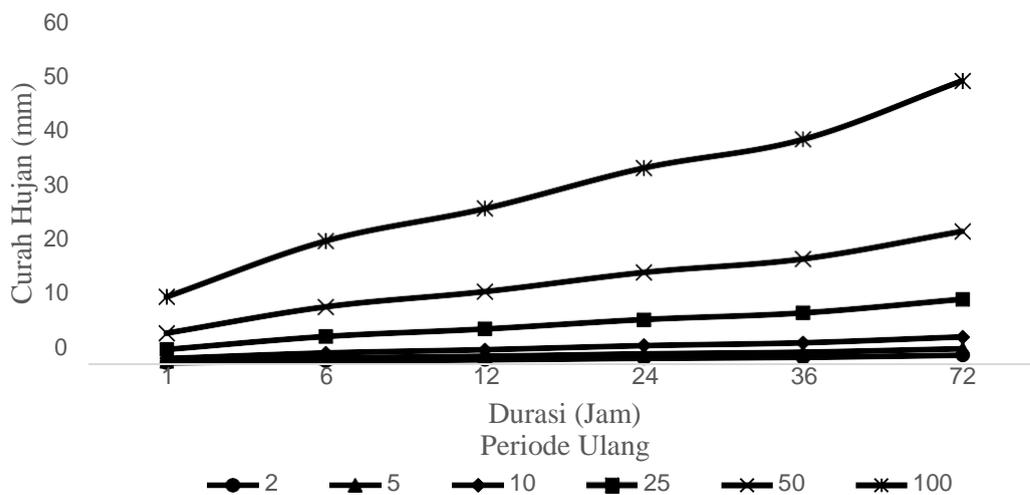
Periode ulang (tahun)	Probabilitas (P)	Koefisien Log Pearson III (K _T)	Standar deviasi (S)	Curah hujan (mm/hari)
2	0.5	-0.36	0.809	31.89
5	0.2	0.518	0.809	32.42
10	0.1	1.25	0.809	33.50
25	0.04	2.262	0.809	37.00
50	0.02	3.048	0.809	43.36
100	0.01	3.845	0.809	57.71

Probabilitas hujan menunjukkan peluang terjadinya hujan dengan curah hujan rencana (P). Nilai P diperoleh dari Persamaan (23). Hal itu digunakan sebagai acuan untuk membuat kurva *Depth Duration Frequency* (DDF). Probabilitas terjadinya hujan dengan curah hujan rencana pada periode ulang tahun 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun sebesar 0.5, 0.2, 0.1, 0.04, 0.02, dan 0.01. Semakin tinggi periode ulang maka nilai kemungkinan terjadinya hujan dengan curah hujan rencana akan semakin kecil. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 11.

$$P = 1/T \dots\dots\dots (23)$$

Keterangan:

- P : peluang
- T : periode ulang tahun

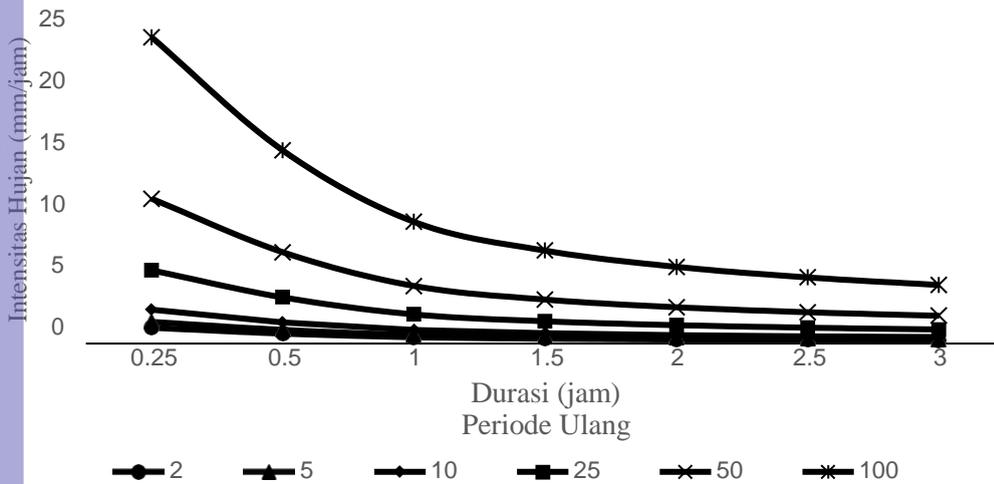


Gambar 6 Kurva *Depth Duration Frequency*

Kurva *Depth Duration Frequency* (DDF) merupakan kurva yang menggambarkan curah hujan sebagai fungsi dari durasi dalam periode pengembalian tertentu dan berfungsi sebagai acuan dalam desain struktur hidrolis (Overeem *et al.* 2008). Curah hujan harian pada periode ulang 2 tahun sebesar 31.89

mm/hari, 5 tahun sebesar 32.42 mm/hari, 10 tahun sebesar 33.50 mm/hari, 25 tahun sebesar 37.00 mm/hujan, 50 tahun sebesar 43.36 mm/hari, dan 100 tahun sebesar 57.71 mm/hari. Semakin besar nilai durasi dari kejadian hujan maka nilai curah hujan semakin besar. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 12.

@Hak cipta milik IPB University

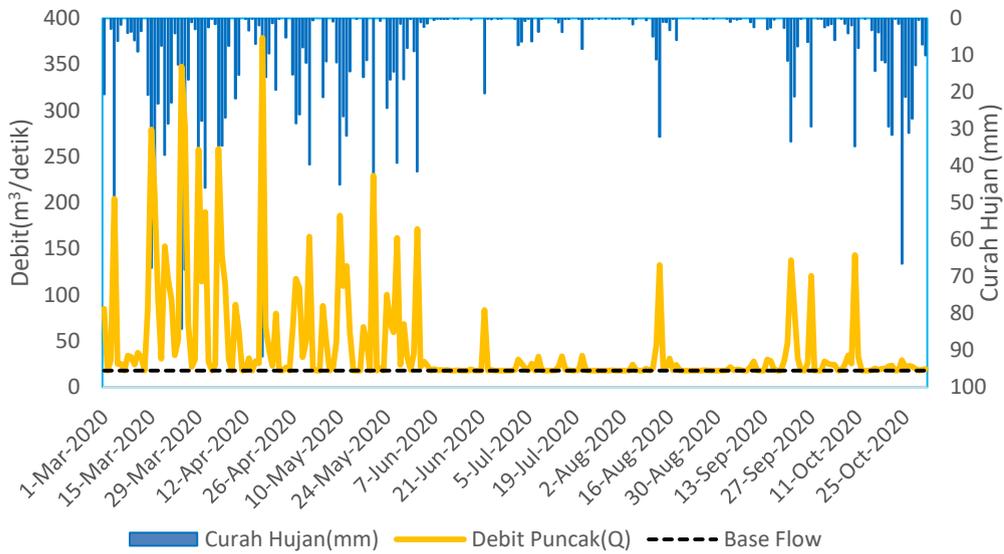


Gambar 7 Kurva *Intensity Duration Frequency*

Analisis intensitas curah hujan dilakukan dengan menggunakan distribusi Log Pearson III. Analisis intensitas curah hujan digunakan untuk menghitung tingginya debit puncak yang terjadi pada wilayah DAS akibat jatuhnya curah hujan pada wilayah tersebut. Hubungan intensitas hujan dengan durasi berdasarkan periode ulang tahun digambarkan menggunakan kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF). Nilai intensitas hujan dengan durasi 1 pada periode ulang 2 tahun sebesar 0.48 mm/jam, 5 tahun sebesar 0.66 mm/jam, 10 tahun sebesar 1.03 mm/jam, 25 tahun sebesar 2.25 mm/jam, 50 tahun sebesar 4.45 mm/jam, dan 100 tahun sebesar 9.43 mm/jam. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 13.

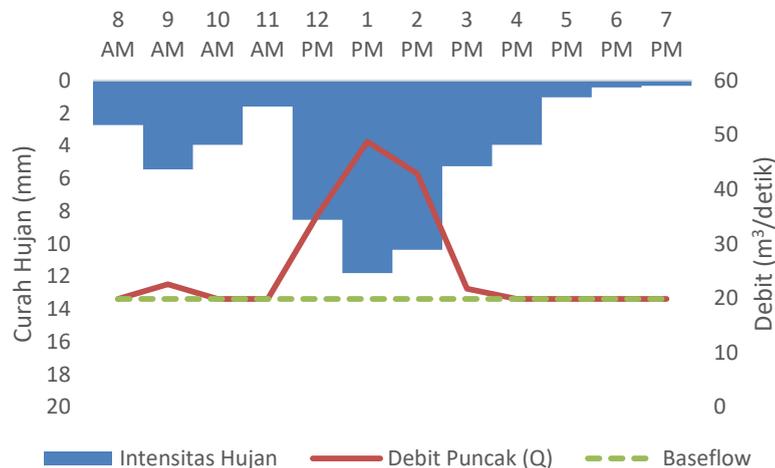
3.3 Hidrograf

Hidrograf merupakan penyajian grafis yang menghubungkan debit aliran dengan waktu (Parlindungan 2014). Besaran limpasan langsung (*direct run-off*) dapat diketahui melalui hidrograf. Bentuk dari suatu hidrograf akan berubah-ubah sesuai dengan karakteristik Sub DAS dan iklimnya (Agus 2007).

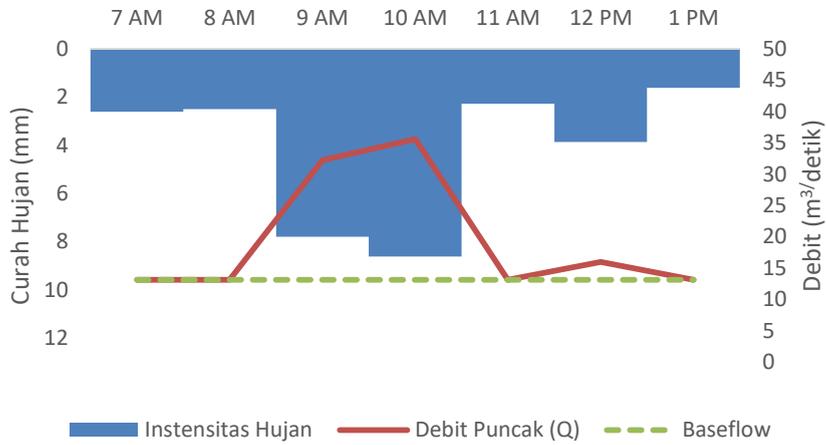


Gambar 8 Hubungan antara curah hujan dan debit di Sub DAS Cibaregbe

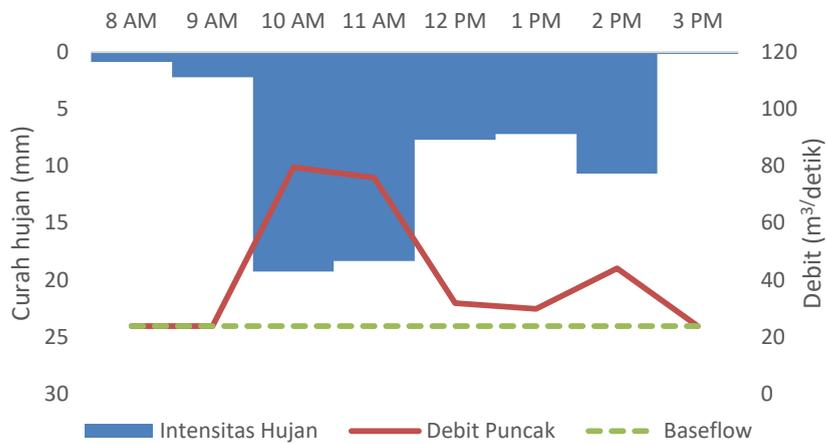
Analisis hidrograf dilakukan menggunakan data dari AWLR dalam rentang waktu 1 Maret 2020 – 31 Oktober 2020 (8 bulan). Total curah hujan yang terjadi dalam rentang waktu tersebut sebesar 2161.95 mm. Dengan rata-rata debit yang terjadi sebesar 31.88 m³/dt dan besaran *baseflow* sebesar 17.99 m³/dt. Besaran *baseflow* tersebut menunjukkan debit minimal yang ada di sungai tersebut dan dapat digunakan sepanjang waktu. Dalam rentang tersebut sering terjadi debit puncak dan debit puncak tertinggi terjadi pada tanggal 17/4/2020 sebesar 378.75 m³/s. Curah hujan yang terjadi dalam debit puncak tersebut sebesar 91.67 mm. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 14.



(a)



(b)



(c)

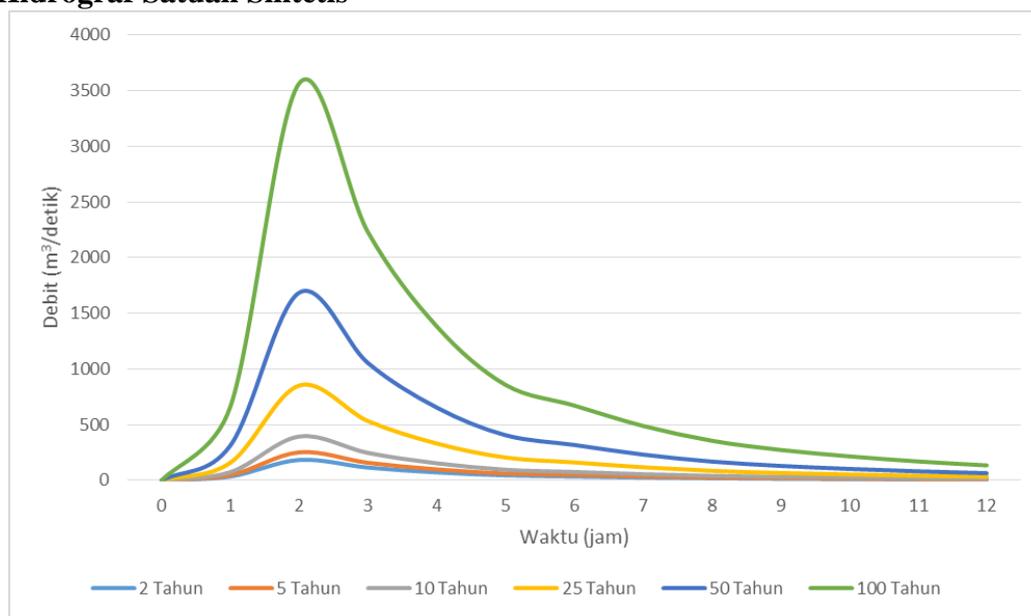
Gambar 9 Hidrograf kejadian hujan 1 (20/5/2020) (a), hidrograf kejadian hujan 2 (27/9/2020) (b), dan hidrograf kejadian hujan 3 (24/10/2020) (c)

Selain analisis hidrograf selama 8 bulan menggunakan data AWLR, penelitian analisis hidrograf menggunakan data pengukuran lapangan juga dilakukan. Pengukuran data lapangan dilakukan pada tanggal 20/5/2020, tanggal 27/9/2020, dan tanggal 24/10/2020. Pengamatan hujan pertama dilakukan pada tanggal (20/5/2020) berlangsung selama 11 jam dengan jumlah curah hujan sebesar 55.47 mm. Jumlah debit yang terjadi sebesar 310.02 m³/s, menghasilkan DRO sebesar 72.06 m³/s atau setebal 7.74 mm. Rasio DRO pada pengamatan hujan pertama sebesar 1.29 %. Pengamatan hujan kedua dilakukan pada tanggal (27/9/2020) berlangsung selama 6 jam dengan jumlah curah hujan sebesar 29.28 mm. Jumlah debit yang terjadi sebesar 120.96 m³/s, menghasilkan DRO sebesar 44.35 m³/s atau setebal 4.77 mm. Rasio DRO pada pengamatan hujan pertama sebesar 1.51 %. Pengamatan hujan ketiga dilakukan pada tanggal (24/10/2020)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

berlangsung selama 7 jam dengan jumlah curah hujan sebesar 66.45 mm. Jumlah debit yang terjadi sebesar 274.53 m³/s, menghasilkan DRO sebesar 142.16 m³/s atau setebal 15.29 mm. Rasio DRO pada pengamatan hujan ketiga sebesar 2.14 % (hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 6, 8 dan 10). Semakin besar jumlah curah hujan yang terjadi maka semakin besar pula debit aliran yang dihasilkan. Bentuk hidrograf setiap kejadian hujan bervariasi tergantung kepada sifat hujan yaitu intensitas hujan, lama hujan, dan arah gerak hujan (Harto 1993).

Hidrograf Satuan Sintetis



Gambar 10 Hidrograf satuan sintetis Nakayasu untuk Sub DAS Cibaregbe

Hidrograf satuan sintetis (HSS) dihitung menggunakan persamaan HSS Nakayasu besaran waktu jeda (T_g) sebesar 1.26 jam dan besarnya waktu puncak sebesar 2.01 jam. Waktu jeda adalah waktu yang dibutuhkan dari puncak hujan maksimum hingga puncak debit maksimum (Rimbawanto 2019). Waktu puncak adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai debit maksimum. Informasi tersebut dapat digunakan untuk tujuan pengelolaan DAS oleh Pemerintah Daerah setempat dan khususnya oleh PT Aqua Golden Mississippi sebagai acuan untuk meminimalisasi dampak resiko terjadinya bencana banjir. Debit puncak rencana tiap periode ulang tahun disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Debit puncak rencana dengan metode HSS Nakayasu

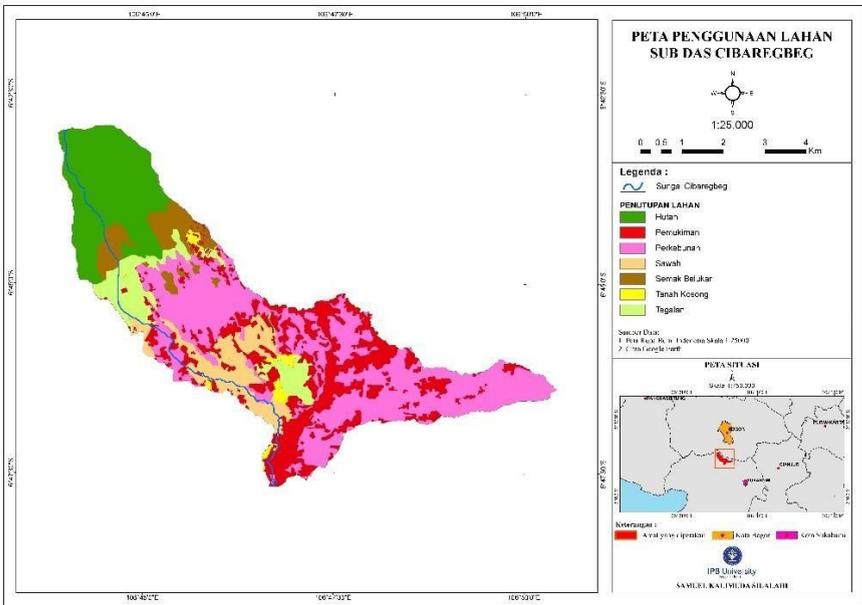
Periode ulang (tahun)	Debit puncak (m ³ /detik)
2	182.18
5	250.72
10	392.76
25	851.19
50	1685.95
100	3567.68

Debit Puncak Rasional

Penggunaan lahan berupa perkebunan hampir terdapat diseluruh wilayah Sub DAS kecuali di area lereng Gunung Salak. Area lereng Gunung Salak jenis penggunaan lahan yang dominan berupa hutan. Jenis penggunaan lahan di Sub DAS Cibaregbeg didominasi oleh perkebunan dengan luasan sebesar 1231.35 ha, jenis perkebunannya adalah perkebunan teh. Penggunaan lahan lain yang juga bernilai cukup besar adalah pemukiman sebesar 714.26 ha dan hutan sebesar 627.83 ha.

Debit puncak di sub DAS Cibaregbeg dihitung dengan metode rasional menggunakan tutupan lahan tahun 2019 (Gambar 11) dan luas DAS sebesar 3347.55 ha mempunyai debit puncak sebesar 378.75 m³/detik. Nilai ini lebih besar dari debit puncak rencana dengan metode HSS Nakayasu pada periode ulang 2 tahun dan 5 tahun, tetapi pada periode ulang 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun nilai debit puncak sudah jauh lebih besar. Hasil nilai ini menunjukkan resiko terjadinya banjir pada periode ulang 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Tutupan lahan yang dapat menurunkan debit puncak adalah tutupan lahan hutan. Pada Tabel 6 luas tutupan lahan semak belukar dan tanah kosong dapat digunakan menjadi tutupan lahan hutan untuk mengurangi resiko terjadinya banjir pada periode ulang tersebut.

@ciprainsip@ipb.ac.id



Gambar 11 Peta tutupan lahan Sub DAS Cibaregbeg

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 6 Luasan tutupan lahan Sub DAS Cibaregbeg

Penggunaan Lahan	Luasan	
	ha	%
Hutan	627.83	18.75
Pemukiman	714.26	21.34
Perkebunan	1231.35	36.78
Sawah	277.44	8.29
Semak Belukar	187.02	5.59
Sungai	10.30	0.31
Tanah Kosong	45.87	1.37
Tegalan	253.49	7.57
Jumlah	3347.55	100.00



IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Debit puncak merupakan salah satu parameter untuk memantau kejadian banjir pada suatu DAS dan dapat juga menentukan kondisi suatu DAS. Curah hujan rencana pada periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun mempunyai curah hujan berturut-turut sebesar 31.89 mm/hari, 32.42 mm/hari, 33.50 mm/hari, 37.00 mm/hari, 43.36 mm/hari, dan 57.71 mm/hari yang menghasilkan debit puncak berturut-turut sebesar 182.18 m³/detik, 250.72 m³/detik, 392.76 m³/detik, 851.19 m³/detik, 1685.95 m³/detik, dan 3567.68 m³/detik. Nilai debit puncak pada periode ulang 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun lebih besar dari debit puncak pada tutupan lahan tahun 2019 yang sebesar 378.75 m³/detik. Rasio *direct run-off* (DRO) terhadap curah hujan pada 3 kejadian hujan yaitu pada tanggal 20/05/2020, 27/09/2020 dan 24/10/2020 masing-masing sebesar 1.29%, 1.51%, dan 2.14% hal ini menunjukkan bahwa besarnya jumlah hujan yang menjadi aliran permukaan masih kecil.

4.2 Saran

Perlu diadakan peringatan dini untuk meminimalisasi dampak resiko banjir seperti mengubah tutupan lahan semak belukar dan tanah kosong menjadi tutupan lahan hutan atau mengolah tutupan lahan tegalan dengan sistem agroforestry. Terutama oleh PT Aqua Golden Mississippi mengingat besarnya aset yang dimiliki perusahaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus I. 2007. Modifikasi persamaan hidrograf satuan sintetis metoda nakayasu terhadap hidrograf satuan observasi DAS Ciliwung Hulu. *Rekayasa Sipil*. 3(2): 76-86.
- Amien ER. 2016. Analisis pola sebaran curah hujan di daerah aliran sungai Cisadane. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Aminudin 2013. *Mitigasi dan Kesiapsiagaan Bencana Alam*. Bandung (ID): Angkasa Bandung.
- Amrulloh SR. 2017. Analisis neraca air dan pendugaan erosi taman keanekaragaman hayati di pabrik Mekarsari PT Aqua Golden Mississpi – Sukabumi. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor (ID): IPB Press.
- Asdak C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Handayani W dan Indrajaya Y. 2011. Analisis hubungan curah hujan dan debit sub sub das Ngatarbaru, Sulawesi Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8(2):147-151.
- Harto S. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Indarto. 2010. *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta (ID): Bumi
- Kamiana IM. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencanan Bangunan Air*. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.
- Kirpich PZ. 1940. Time of concentration of small agricultural watershed. *Civil Engineering*. 10(6): 363.
- Nugraha M. 2014. Analisis hidrograf banjir pada DAS Boang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 5(1): 2-8.
- Nurrizqi E, Suyono S. 2012. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan debit puncak banjir di sub DAS Brantas Hulu. *Jurnal Bumi Indonesia*. 5(1): 1-10.
- Overeem A, Buishand A, Holleman I. 2008. Rainfaal depth-duration-frequency curves an their uncertainties. *Journal of Hydrology*. 348: 124-134.
- Rimbawanto SA. 2019. Analisis debit puncak dan pemetaan kerentanan longsor di sub DAS Cipunagara Hulu, Kabupaten Subang. [Skripsi] Bogor (ID): IPB Press.
- Samaawa A, Hadi MP. 2016. Estimasi debit puncak berdasarkan beberapa metode penentuan koefisien limpasan di DAS Kedung Gong, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*. 5(1): 1-18.
- Sihotang R, Hazmi M, Rahmawati D. 2011. Analisis banjir rancangan dengan metode HSS Nakayasu pada Bendungan Gintung. *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur, dan Sipil)*. 3(1): 1-8.
- Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*. Bandung (ID): Hidrologi Operasional.
- Suadnya D, Sumarauw J, Mananoma T. 2017. Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Palaus. *Jurnal Sipil Statik*. 5(1): 1-6.
- US Soil Conservation Service. 1972. *National Engineering Handbooks*. Washington D.C. (US): US Soil Conservation Service.
- UU No 7 Tahun 2004. Tentang Sumber Daya Air.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Simalungun, Sumatera Utara pada tanggal 21 Oktober 1997 sebagai anak keempat dari pasangan Bapak Romijon Silalahi dan Ibu Linda Siahaan. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Dolok Ilir pada tahun 2001, lulus di SD Negeri 2 Dolok Batunanggar pada tahun 2008, lulus di SMP Negeri 1 Dolok Batunanggar pada tahun 2011, dan lulus di SMA Negeri 1 Dolok Batunanggar pada tahun 2014. Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa di Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama mengikuti program S-1, penulis aktif menjadi Badan Pengurus PMK IPB tahun 2017, Koordinator Komisi Literatur PMK IPB tahun 2017, Ketua Panitia Siang Keakraban Komisi Literatur PMK IPB tahun 2017, anggota Panitia *Retreat* PMK IPB tahun 2017, anggota Komisi Literatur PMK IPB tahun 2016-2018, Ketua Divisi Publikasi, Dekorasi, dan Dokumentasi Panitia Perayaan Malam Sukacita Paskah tahun 2018, Pemusik *Retreat* PMK IPB Angkatan 53 tahun 2017, Badan Pengurus Harian PARTARU IPB tahun 2017-2018, anggota PARTARU IPB tahun 2015-2018, Ketua Divisi Logistik dan Transportasi Malam Keakraban PARTARU IPB tahun 2016, anggota Divisi Logistik dan Transportasi Perayaan Natal PARTARU tahun 2016, dan Ketua Panitia Perayaan Natal Fakultas Kehutanan tahun 2017. Penulis mendapatkan pengalaman praktik di lapang dengan melaksanakan kegiatan Praktik Umum Kehutanan (PUK) pada tahun 2017 dan mengikuti kegiatan Praktik Kerja Lapang (PKL) di PT. Sindo Lumber Kalimantan Tengah pada Tahun 2018.

Penulis menyelesaikan skripsi untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan IPB dengan judul skripsi Analisis Debit Puncak di Sub DAS Cibaregbeg Kabupaten Sukabumi dibawah bimbingan Dr Ir Nana Mulyana Arifjaya, MSi (Alm) dan Dr Nining Puspaningsih, MSi.