

## ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN SUNGAI PADA SUNGAI CIMADUR, PROVINSI BANTEN DENGAN MENGGUNAKAN *HEC-RAS*

Adelia Agustina<sup>1</sup>, Arniza Fitri<sup>2</sup>, Arlina Phelia<sup>3</sup>

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Teknokrat Indonesia<sup>1</sup>

Dosen Jurusan Teknik sipil Universitas Pendidikan Indonesia<sup>2</sup>

Dosen Jurusan Teknik sipil Universitas Pendidikan Indonesia<sup>3</sup>

Email: adeliagstna@gmail.com

---

Received: 12 September 2021

Accepted: 12 September 2021

Published : 12 September 2021

---

### Abstract

*The Cimadur watershed is one of the watersheds located in the Lebak Regency, Banten Province. The Cimadur watershed has experienced flooding problems since several years ago, especially around the Cimadur river. One of the biggest flood problems occurred in 2019 which resulted in the submergence of some village areas, silting of riverbeds, and damage to water infrastructure. In order to deal with the problem of flooding in the Cimadur river, it is necessary to have a prior study of the characteristics of the river flow. Therefore, this study aims to determine the characteristics of the river flow in the lower reaches of the Cimadur river, by calculating the flood discharge in the Cimadur river basin for 5, 10, 25, and 50 year return periods and simulating the flow characteristics in the Cimadur river using the HEC program. -RAS 4.1. Based on the calculation of the discharge, the flood discharge for the 5, 10, 25, and 50 year return periods is 281.8140 m<sup>3</sup>/s, 352.8301 m<sup>3</sup>/s, 459.6876 m<sup>3</sup>/s, 553.1754 m<sup>3</sup>/s. Based on the HEC-RAS simulation, the river flow in a straight river profile has a higher flow velocity in the middle of the cross section compared to the right and left of the cross section of the river. However, almost the same velocity in the middle and right of the cross section of the river is shown in the profile of the river that turns to the left.*

### Abstrak

DAS Cimadur merupakan salah satu DAS yang berada di wilayah Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. DAS Cimadur mengalami masalah banjir sejak beberapa tahun yang lalu terutama disekitar sungai Cimadur. Salah satu permasalahan banjir terbesar terjadi pada tahun 2019 yang mengakibatkan terendamnya sebagian daerah perkampungan, pendangkalan dasar sungai, dan rusaknya infrastruktur keairan. Dalam rangka penanganan masalah banjir di sungai Cimadur tersebut, maka diperlukan adanya kajian terlebih dahulu mengenai karakteristik aliran sungai. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran sungai di bagian hilir sungai Cimadur, dengan cara menghitung debit banjir di DAS sungai Cimadur untuk kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun dan mensimulasikan karakteristik aliran di sungai Cimadur dengan menggunakan program *HEC-RAS* 4.1. Berdasarkan perhitungan debit, debit banjir untuk kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun adalah 281,8140 m<sup>3</sup>/dtk, 352,8301 m<sup>3</sup>/dtk, 459,6876 m<sup>3</sup>/dtk, 553,1754 m<sup>3</sup>/dtk. Berdasarkan simulasi *HEC-RAS*, aliran sungai pada profil sungai yang lurus memiliki kecepatan aliran lebih besar dibagian tengah section melintangnya dibandingkan dengan bagian kanan dan kiri dari section melintang sungai tersebut. Namun, kecepatan yang hampir sama besar pada bagian tengah dan kanan section melintang sungai diperlihatkan pada profil sungai yang membelok kearah kiri.

**Kata Kunci:** *Hec-Ras, debit banjir, karakteristik, sungai.*

**To cite this article:**

Agustina, Adelia (2021). Analisis Karakteristik Aliran Sungai pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten dengan Menggunakan HEC-RAS..

## PENDAHULUAN

Sungai adalah aliran terbuka dengan ukuran geometrik yaitu penampang melintang, profil memanjang, dan kemiringan lembah yang berubah seiring waktu, tergantung pada debit, material dasar dan tebing (Asdak, 2010). Karakteristik DAS merupakan gambaran spesifik mengenai DAS yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan morfometri, topografi, tanah geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi dan manusia (Mawardi, 2010).

Banjir merupakan suatu masalah yang sampai saat ini masih perlu adanya penanganan khusus dari beberapa pihak, baik dari pemerintah maupun masyarakat. Banjir bukan lah masalah yang ringan, bencana banjir seakan telah dan akan tetap menjadi persoalan yang tidak memiliki akhir bagi umat manusia di seluruh Indonesia bahkan seluruh dunia sejak dahulu dan bahkan sampai di masa mendatang Kodoatie dan Sugiyanto, 2002). Salah satu daerah yang sampai saat ini masih mengalami banjir adalah kawasan disekitar DAS Cimadur.

Sungai Cimadur merupakan salah satu sungai yang berada di wilayah Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, yang mengalami masalah banjir sejak beberapa tahun seperti pada tahun 2019 terjadinya beberapa permasalahan di sungai Cimadur.

## TELAAH PUSTAKA

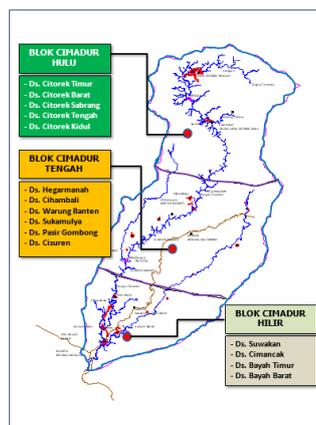
Kodoatie dan Sugiyanto (2002), mendefinisikan DAS sebagai suatu kesatuan tata air yang bersatu atau terbentuk secara alami di suatu tempat daerah atau wilayah yang bersumber/berasal dari air hujan /curah hujan, dan curah hujan tersebut akan mengalir dari tempat/daerah tersebut menuju ke arah sungai-sungai yang bersangkutan. Dan biasanya disebut dengan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) atau Daerah Tangkapan Air (DTA). Dalam bahasa inggris terdapat beberapa macam istilah yaitu *cathcment area*, *watershed*.

Mawardi (2010). Karakteristik DAS merupakan gambaran spesifik mengenai DAS yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan *morfometri*, *topografi*, tanah geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hodrologi dan manusia.

## METODE PENELITIAN

### *Populasi dan Sampel*

Lokasi penelitian ini dilaksanakan pada bagian Hilir sungai Cimadur, yang berada diwilayah Kabupaten Lebak, Provinsi Banten.



### **Teknik Pengumpulan Data**

Seperti yang telah diperlihatkan pada bagan alir penelitian, data yang diperlukan pada kajian ini terdiri dari data sekunder. Data sekunder terdiri dari cross section Sungai Cimadur, data topografi & tata guna lahan, dan data Hujan.

### **Metode Analisis**

#### **Analisis Data dan Pemograman HEC-RAS**

##### **A. Analisis Data**

Setelah semua data sekunder yang dibutuhkan terkumpul maka analisis data dilakukan dalam penelitian ini. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Office Excel* dan *Autocad*. Analisis data terdiri dari perhitungan curah hujan rata-rata, distribusi hujan, intensitas hujan, penggambaran *cross section* sungai Cimadur dan perhitungan debit. Rincian diskripsi untuk analisis data adalah sebagai berikut ini :

- a. Analisis Curah Hujan Rata-rata  
Untuk menentukan curah hujan rata-rata metode analisis data dilakukan dengan menggunakan metode poligon *thiessen*.
- b. Analisis Parameter Statistik  
Pada kajian Parameter statistik ini menggunakan 4 perbandingan metode distribusi yang diantaranya ialah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel, dan distribusi log person III. Setelah menghitung  $c_s$  dan  $c_k$  dari 4 metode distribusi, maka akan dipilih salah satu yang paling tepat berdasarkan nilai  $c_s$  dan  $c_k$  tersebut.
- c. Analisis Hujan Rancangan  
Setelah mendapatkan hasil perhitungan  $c_s$  dan  $c_k$  dari 4 metode distribusi yang tepat maka metode tersebut akan digunakan untuk mencari nilai hujan rancangan.
- d. Analisis Koefisien Pengaliran  
Menghitung nilai koefisien aliran dengan menggunakan tata guna lahan yang diperoleh dari PT. Saeba Konsolindo dan tabel koefisien aliran, sehingga hasil yang didapatkan adalah nilai C
- e. Analisis Debit Rencana  
Pada kajian ini, debit dihitung dengan menggunakan rumus debit rasional.

##### **B. Pemograman HEC-RAS**

Pemograman *HEC-RAS* digunakan dalam kajian ini untuk mendapatkan karakteristik aliran sungai di sepanjang bagian hilir sungai Cimadur berdasarkan debit kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun. Untuk proses *running* program data yang diinputkan terdiri dari data *cross section* dan debit setiap kala ulang. *Running* model untuk karakteristik aliran sungai Cimadur pada kajian ini menggunakan *Steady Flow*. Tahapan dari simulasi program Hec-Ras 4.1.0 adalah sebagai berikut:

- a. Membuka *software Hec-Ras 4.1.0*
- b. Kemudian *New Project* untuk membuat projek baru
- c. Edit *Geometry Data*
- d. *River Reach* lalu gambar *cross section* sungai bagian hilir
- e. Klik *Cross Section* lalu masukkan seluruh data dari 0 m sampai dengan 11.389 m, dengan menggunakan angka Manning 0,035.
- f. *Save Geometry Data*, lalu buka *Steady Flow* dan masukkan data debit yang sudah dihitung dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun
- g. Setelah semua data lengkap, langkah terakhir adaah me-*running* model

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

tentang hasil dan pembahasan mengenai analisis yang telah dilakukan, diantaranya adalah perhitungan debit aliran sungai dan analisis tinggi muka air disungai Cimadur bagian hilir-tengah yang telah dianalisis menggunakan program *Hec-Ras 4.1*.

#### **Analisis Debit Rencana**

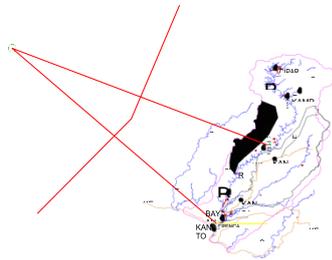
Pada analisis debit rencana diperlukan untuk mendapatkan simulasi dari tinggi muka air bagian hilir – tengah sungai Cimadur, perhitungan yang lebih rinci tentang debit aliran air dan analisis tinggi muka air di sungai Cimadur.

Dalam perhitungan debit rencana ini banyak beberapa langkah yang telah dilakukan yaitu:

### Analisis Hujan Rata-Rata

Untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun, digunakan cara polygon thiessen. Hitungan polygon thiessen dilakukan dengan cara:

1. Stasiun hujan digambar pada peta daerah yang ditinjau.
2. Stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus, sehingga akan mendapatkan bentuk garis segitiga.
3. Setiap sisi segitiga dibuat garis berat sehingga saling bertemu dan membentuk suatu polygon.
4. Luas pada setiap polygon diukur, lalu dikalikan dengan kedalaman hujan di setiap polygon. Hasil jumlah hitungan dibagi dengan total luas daerah yang di tinjau.



Pada stasiun cibeber mempunyai luas 263,0086 km<sup>2</sup> dan stasiun Bayah 89,3664 km<sup>2</sup> maka luas seluruhnya adalah 352,3750 km<sup>2</sup>. Untuk mencari koefisien thiessen yaitu menggunakan rumus:

Tabel Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	R (mm)
2011	55.9800
2012	67.9224
2013	88.5420
2014	74.0492
2015	52.9944
2016	89.6524
2017	59.5372
2018	104.4150
2019	185.1472
2020	137.3376

$$\text{Sta. Cibeber} = \frac{An}{\sum A} = \frac{263,0086 \text{ km}^2}{352,3750 \text{ km}^2} = 0,7464$$

$$\begin{aligned} \text{Sta. Bayah} &= \frac{An}{\sum A} = \frac{89,3664 \text{ km}^2}{352,3750 \text{ km}^2} = 0,2536 \\ &= 0,7464 + 0,2536 = 1 \end{aligned}$$

Hasil dari stasiun Cibeber dan stasiun Bayah di tambah dan harus mendapatkan hasil 1 maka perhitungan benar.

$$\bar{R} = R_A \alpha_A + R_B \alpha_B$$

Keterangan :

$\bar{R}$  = Hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm)

$R_1 \dots R_n$  = Hujan yang tercatat dari stasiun 1 sampai stasiun n (mm)

Contoh perhitungan mencari hujan rata-rata di stasiun Bayah pada tahun 2011:

$$\begin{aligned} \bar{R} &= R_A \alpha_A + R_B \alpha_B \\ &= (137 \times 0,2536) + (0 \times 0,7464) \\ &= 34,7432 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel Curah hujan tahunan maksimal stasiun Bayah

Tahun	Tanggal	Bayah (mm)	Cibeber (mm)	Rata-rata (mm)
2011	10-Jan	137	0	34.7432
2012	28-Nov	128	47	67.5416
2013	8-Feb	184.5	0	46.7892
2014	25-Jun	121	0	30.6856
2015	6-Mar	101	0	25.6136
2016	19-Jan	115	0	29.164
2017	7-Nov	119.5	18	43.7404
2018	2-Jan	131	18	46.6568
2019	7 des	112	210	185.1472
2020		136	0	34.4896

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel Curah hujan tahunan maksimal stasiun Cibeber

Tahun	Tanggal	Bayah (mm)	Cibeber (mm)	Rata-rata (mm)
2011	20-Nov	0	75	55.98
2012	27-Feb	0	91	67.9224
2013	14-Jan	19.5	112	88.542
2014	24-Jul	6.5	97	74.0492
2015	29-Jan	0	71	52.9944
2016	24-Apr	79.8	93	89.65248
2017	29-Jan	25.8	71	59.53728
2018	16-Feb	35	128	104.4152
2019	7 des	112	210	185.1472
2020		0	184	137.3376

(Sumber: Hasil Analisis)

### Metode non logaritmik

#### a. Curah hujan rata-rata ( R )

$$R = \frac{\sum R}{n} = \frac{915.5774}{10} = 91.5577 \text{ mm}$$

**b. Simpangan baku**

$$\delta = \sqrt{\sum \frac{(R-R)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6805760.217}{10-1}} = 869.5961 \text{ mm}$$

**c. Koefisien kemencengan/skewness (Cs)**

$$Cs = \frac{nx \sum (R-R)^3}{(N-1)(N-2)\delta^3} = \frac{10 \times -5633151241}{9 \times 8 \times 869.5951^3} = -1.1898 \text{ mm}$$

**d. Koefisien kurtosis (Ck)**

$$Ck = \frac{(n^2-2xn+3)x \sum (R-R)^4}{(n-1)x(n-2)x(n-3)x\delta^4} = \frac{(10^2-2 \times 10+3) \times 4.6719 \times 10^{12}}{9 \times 8 \times 7 \times 869.5951^4} = 1.2482 \text{ mm}$$

**Metode distribusi logaritmik**

**a. Curah hujan rata-rata (In  $\bar{R}$ )**

$$\text{In } R = \frac{\sum \ln R}{n} = \frac{44.37626}{10} = 4.437626 \text{ mm}$$

**b. Simpangan baku**

$$\delta \text{ In } R = \sqrt{\frac{\sum (\ln R - \ln R)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1.4766}{10-1}} = 0.4051 \text{ mm}$$

**c. Koefisien kemencengan/skewness (Cs)**

$$CS (\text{In } R) = \frac{nx \sum (\ln R - \ln R)^3}{(n-1)x(n-2)x \ln \delta^3} = \frac{10 \times 0.3761}{9 \times 8 \times 0.4051^3} = 0.7860 \text{ mm}$$

**d. Koefisien kurtosis (CK)**

$$CK (\text{In } R) = \frac{(n^2-2n+3)x \sum (\ln R - \ln R)^4}{(n-1)x(n-2)x(n-3)x \ln \delta^4} = \frac{(10^2 - 2 \times 10 + 3) \times 0.5287}{(9 \times 8 \times 7 \times 0.4051^4)} = 3.0005 \text{ mm}$$

Tabel Tinjauan kesesuaian tipe distribusi berdasarkan parameter statistik

N0	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Kesimpulan
1	Normal	cs=0	1,4597	Tidak
		ck=3	4,3514	
2	Log Normal	cs(InR)=0	0,7860	Tidak
		ck(InR)=3	3,0005	
3	Gumbel	cs=1.14	0,7860	Tidak
		ck=5.4	3,0005	
4	Log Person III	Selain dari nilai di atas	-	Dipilih
			-	

Sumber: Perhitungan,2021

Karena dari hasil perhitungan Cs dan Ck tidak memenuhi syarat maka digunakan jenis sebaran *Log Pearson III*.

### Perhitungan hujan rancangan dengan metode log pearson III

**a. Rata-rata data**

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan rata-rata (log R)} &= \frac{\sum \log R}{n} \\ &= \frac{19.2724}{10} = 1.9272 \text{ mm} \end{aligned}$$

**b. Standar deviasi data**

$$\begin{aligned} \text{Std (log) ( R )} &= \sqrt{\frac{\sum(\log(R)-\text{LOG}(R))^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0.2785}{10-1}} = 0.1759 \text{ mm} \end{aligned}$$

**c. Koefisien kemencengan/Skewness**

$$\begin{aligned} \text{CS} &= \frac{n \sum (\log(R) - \log(R))^3}{(n-1) \times (n-2) \times (\text{std}(\log(R)))^3} \\ &= \frac{10 \times (0.0308)}{(10-1) \times (10-2) \times (0.1759)^3} \\ &= 0.7860 \text{ mm} \end{aligned}$$

**d. Data hujan rancangan (R<sub>T</sub>)**

$$\begin{aligned} \text{Log t} &= \log \bar{R} + \text{std}(\log(\bar{R})) \cdot G \\ R_T &= 10^{\log t} \end{aligned}$$

Dari tabel penentuan nilai G di lampiran, didapat:

Untuk T = 5 dan, Cs = 0,7860 maka G = 0,7810

Untuk T = 10 dan, Cs = 0,7860 maka G = 1,989

Untuk T = 25 dan, Cs = 0,7860 maka G = 1,336

Untuk T = 50 dan, Cs = 0,7860 maka G = 2,4465

**a. Hujan rancangan 5 tahunan**

$$\begin{aligned} \text{Log t} &= 1,9272 + 0,1759 \times 0,7810 \\ &= 2,0646 \\ R_5 &= 10^{2,0646} \\ &= 116,0379 \text{ mm} \end{aligned}$$

**b. Hujan rancangan 10 tahunan**

$$\begin{aligned} \text{Log t} &= 1,9272 + 0,1759 \times 1,336 \\ &= 2,1622 \\ R_{10} &= 10^{2,1622} \\ &= 143,279 \text{ mm} \end{aligned}$$

**c. Hujan rancangan 25 tahunan**

$$\begin{aligned} \text{Log t} &= 1,9272 + 0,1759 \times 1,989 \\ &= 2,2771 \\ R_{25} &= 10^{2,2771} \\ &= 189,2779 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Hujan rancangan 50 tahunan  
 $\text{Log } t = 1,9272 + 0,1759 \times 2,4465$   
 $= 2,3575$   
 $R_{50} = 10^{2,3575}$   
 $= 227,7718 \text{ mm}$

**e. Koefisien aliran**

$$Q_T = \frac{C \times I \times A}{3,6}$$

Keterangan:

C = Koefisien pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas DAS (km<sup>2</sup>)

$Q_T = 0,278 \cdot C.I.A$

a.  $Q_5 = 0,278 \times 0,0982 \times 41,7736 \times 247,1180 = 281,8140 \text{ m}^3/\text{s}$

b.  $Q_{10} = 0,278 \times 0,0982 \times 52,3004 \times 247,1180 = 352,8301 \text{ m}^3/\text{s}$

c.  $Q_{25} = 0,278 \times 0,0982 \times 68,1400 \times 247,1180 = 459,6876 \text{ m}^3/\text{s}$

d.  $Q_{50} = 0,278 \times 0,0982 \times 99,9978 \times 247,1180 = 535,1754 \text{ m}^3/\text{s}$

**f. Curah hujan rencana**

$$I = R_T \times 90\% \times 40\%$$

Keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_T$  = Hujan harian dengan kala ulang tertentu (mm)

Diasumsikan untuk hujan efektif yang terjadi hanyalah 90% dengan rata-rata hujan yang terjadi selama 4 jam berturut turut dengan pembagian 10%, 40%, 40% dan 10%.

$$I_5 = 116,0379 \times 90\% \times 40\% = 41,7736 \text{ mm/jam}$$

$$I_{10} = 143,279 \times 90\% \times 40\% = 52,3004 \text{ mm/jam}$$

$$I_{25} = 189,2779 \times 90\% \times 40\% = 68,1400 \text{ mm/jam}$$

$$I_{50} = 277,7718 \times 90\% \times 40\% = 81,9978 \text{ mm/jam}$$

**Analisis Karakteristik Aliran Sungai pada sungai cimadur dengan menggunakan Hec-Ras**

analisis karakteristik aliran sungai pada bagian hilir sungai cimadur, menggunakan hec-ras dengan cara *merunning* dan memasukkan data cross section sungai dan memasukkan debit rancangan pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun. Setelah *merunning* dengan hecras dan mendapatkan tujuan dan dapat mengetahui bagaian titik-titik mana yang terdapat perbedaan kecepatan aliran sungai. Adapun hasil yang di dapatkan pada penelitian ini yaitu terdapat 8 titik bagian hilir yang terjadinya perbedaan pada karakteristik aliran tersebut dikarenakan terjadinya luapan air pada daerah sungai tersebut yaitu terjadinya banjir yang dapat mempengaruhi kecepatan aliran tersebut. Pada setiap 8 titik tersebut kecepatan rata-rata yaitu terdapat pada bagian tengah yang kecepatannya lebih cepat dari kecepatan kanan dan kiri sungai.

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang diperoleh pada studi ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Dari hasil dan pembahasan mengenai debit rencana di dapatkan bahwa debit pada kala ulang 5 tahun yaitu 281,8140 m<sup>3</sup>/jam, debit 10 tahun yaitu 352,8301 m<sup>3</sup>/jam, debit pada 25 tahun yaitu 459,6876 m<sup>3</sup>/jam, dan debit 50 tahun yaitu 535,1754 m<sup>3</sup>/jam.
2. Perhitungan curah hujan yang di gunakan yaitu perhitungan curah hujan maksimum yang didapat dari data stasiun Bayah dan stasiun Cibeber yang di dapatkan dari PT Saeba Konsulindo Serang Banten.

3. Dari hasil simulasi program Hec-ras 4.1.0 yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa karakteristik aliran sungai di bagian tengah memiliki kecepatan rata-rata yang lebih besar di bandingkan bagian kanan dan kiri sungai karna terjadinya gerusan tebing pada setiap belahan kiri dan kanan aliran pada bagian hilir Sungai Cimarur.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terimakasih saya ucapkan, khususnya kepada:

1. Arniza Fitri, S.T., M.Sc., P.Hd. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membrikan waktu, tenaga, serta masukan-masukan yang berguna bagi penulis.
2. Arlina Phelia, S.T., M.T. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan waktu, tenaga, serta masukan-masukan yang berguna bagi penulis.

#### **REFERENSI/DAFTAR PUSTAKA**

- Asdak, C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima. *Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta*.
- Mawardi, I. (2010). Kerusakan daerah aliran sungai dan penurunan daya dukung sumberdaya air di pulau jawa serta upaya penanganannya. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, 5(2).
- Mardiatno, D., & Marfai, M. A. (2021). *Analisis bencana untuk pengelolaan daerah aliran sungai (das): studi kasus kawasan hulu das Comal*. UGM PRESS.
- Kodoatie, R. J. Sugiyanto. 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan, Pustaka Pelajar, Yogyakarta*.
- Sinukaban, N., Tarigan, S. D., & Darusman, D. (2008). Evaluasi kemampuan lahan DAS sekampung hulu. *Jurnal Tanah Tropika*, 13(2), 145-153.
- Budiawan, F. (2019). *TA: Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai Dengan Metode Depth Integrated Sampling Dan Point Integrated Sampling (Studi Kasus: Sungai Cidurian)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).
- Triadmodjo, B. (1993). Hidrolika II. *Beta Offset, Yogyakarta*.

