

**PEMODELAN CURAH HUJAN-LIMPASAN PADA SUB DAS  
CIKAPUNDUNG HULU****Ika Sari Damayanthi Sebayang<sup>1</sup>; Syaefudin Wibowo<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup>Universitas Mercu Buana<sup>1</sup>ikasari.damayanthi@mercubuana.ac.id**ABSTRACT**

The Cikapundung River is one of the rivers that divides the city of Bandung and is often used as the main drainage center of the city, the flow of sewage or waste, tourism objects, and raw water sources. This causes the importance of observing reliable discharge values flowing on the Cikapundung River. In this study the authors analyzed the availability of minimum river discharge in Cikapundung Hulu Sub Das using the FJ Mock method. This study uses rainfall data and climatology data. The rainfall data used are rainfall data from Dago Pakar station and Meteo Lembang station, with a span of 10 years while the climatological data used is data from the Bandung Geophysical Station with a span of 10 years. Mainstay discharge calculated using the F.J Mock Method, where in the F.J Mock calculation there are a number of parameters assumed. This modeling test process is by calibrating the parameters assumed by Trial and Error. The average discharge magnitude for Q50, Q80, Q90, and Q95 in calculating the mock model in the period 2008 to 2014 resulted in a value of  $3.87 \text{ m}^3/\text{sec}$ ;  $2.98 \text{ m}^3/\text{sec}$ ;  $2.46 \text{ m}^3/\text{sec}$ ; and  $2.21 \text{ m}^3/\text{sec}$ . While the discharge values of Q50, Q80, Q90, and Q95 in the observation debit produce successive values of  $3.85 \text{ m}^3/\text{sec}$ ;  $2.45 \text{ m}^3/\text{sec}$ ;  $2.05 \text{ m}^3/\text{sec}$ ; and  $1.91 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Even with the increase in the calculation period, reliable debit values have a tendency to rise.

**Keywords:** Rainfall-Runoff, FJ Mock, FDC, Cikapundung**ABSTRAK**

Sungai Cikapundung sebagai salah satu sungai yang membelah Kota Bandung memiliki manfaat sebagai drainase utama kota, mengalirkan air pembuangan kotoran ataupun air limbah, objek pariwisata, serta sumber air bersih yang baku. Sehingga pentingnya dilakukan pengamatan nilai debit andal yang mengalir di Sungai Cikapundung. Dalam penelitian ini penulis menganalisis ketersediaan debit minimum sungai yang ada di Sub Das Cikapundung Hulu menggunakan metode FJ Mock. Penelitian ini menggunakan data curah hujan dan data klimatologi. Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan dari stasiun Dago Pakar dan stasiun Meteo Lembang, dengan rentang waktu 10 tahun sedangkan data klimatologi yang digunakan adalah data dari Stasiun Geofisika Bandung dengan rentang waktu 10 tahun. Debit andalan yang dihitung menggunakan Metode F.J Mock, dimana pada perhitungan F.J Mock ini ada beberapa parameter yang diasumsikan. Proses pengujian pemodelan ini dengan cara kalibrasi parameter-parameter yang diasumsikan dengan cara Trial and Error. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi yang mendekati debit observasi. Besaran debit andal rata-rata untuk Q50, Q80, Q90, dan Q95 dalam perhitungan model mock pada periode 2008 sampai 2014 menghasilkan nilai berturut-turut adalah  $3,87 \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $2,98 \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $2,46 \text{ m}^3/\text{det}$ ; dan  $2,21 \text{ m}^3/\text{det}$ . Sedangkan nilai debit Q50, Q80, Q90, dan Q95 pada Debit observasi menghasilkan nilai berturut-turut adalah  $3,85 \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $2,45 \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $2,05 \text{ m}^3/\text{det}$ ; dan  $1,91 \text{ m}^3/\text{det}$ . Besarnya debit andal cenderung mengalami naik seiring dengan naiknya periode dalam perhitungan.

**Kata kunci:** Curah Hujan-Limpasan, FJ Mock, FDC, Cikapundung

## 1. PENDAHULUAN

Sungai Cikapundung adalah salah satu sungai di wilayah Jawa Barat yang memiliki panjang 28 kilometer. Tiga kabupaten kota yang dilintasi oleh Sungai Cikapundung yaitu Kota Bandung, Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bandung Barat. Daerah aliran sungai (DAS) Cikapundung merupakan sub-DAS dari DAS Citarum memiliki luas kurang lebih 434,43 km<sup>2</sup> meliputi Kabupaten Bandung Barat, Kabupaten Bandung dan Kota Bandung. Daerah hulu Sungai Cikapundung terletak di bagian daerah Cigulung dan daerah Cikapundung, Maribaya, (Kab. Bandung Barat). Untuk bagian tengah termasuk Cikapundung Gandok dan Cikapundung Pasir Luyu (Kota Bandung). Sungai Cikapundung merupakan bagian dari 48 sungai yang mengitari Kota Bandung serta menjadi pemasok air untuk Sungai Citarum dari 13 anak sungai utama [1].

Salah satu sumber air bersih penduduk Kota Bandung berasal dari Sungai Cikapundung [2], hal ini menjadikan Sungai Cikapundung adalah salah satu sungai utama yang mendukung ekosistem Kota Bandung. Dengan semakin maraknya kegiatan pembangunan pada Sub DAS Cikapundung dewasa ini, hal ini menyebabkan suatu kekhawatiran terutama pada kuantitas pemenuhan kebutuhan air bersih Kota Bandung. Perlu ada kajian mendalam terkait dengan pemodelan curah hujan-limpasan untuk mendapatkan gambaran terkait dengan pemenuhan kuantitas air di Sungai Cikapundung. Penelitian terdahulu mengenai Sungai Cikapundung sendiri pernah dilakukan dengan membuat analisis debit andalan pada Sungai Cikapundung menggunakan model NRECA [2]. Untuk mendapatkan pemodelan yang lebih baik, maka perlu diuji dengan menggunakan metode lainnya sehingga bisa didapatkan gambaran yang baik mengenai ketersediaan air di Sungai Cikapundung.

## 2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

### 2.1. Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Pengumpulan data ini diperoleh dengan cara didapatkan dari sumber instansi terkait dan laporan-laporan atau referensi lain. Adapun data-data yang terkumpul adalah :

- a. Peta daerah aliran Sungai (DAS) Cikapundung
- b. Data curah hujan (Stasiun Curah Hujan Terdekat).
- c. Data debit observasi (AWLR dan Peilschaal) di Stasiun Gandok tahun 2008 – 2014
- d. Data Klimatologi Stasiun Bandung tahun 2008 -2017

### 2.2. Pengolahan Data

Data-data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis sehingga menghasilkan nilai-nilai tertentu.

1. Membuat DAS Sungai Cikapundung di Peta Topografi.
2. Analisis Curah Hujan dengan menggunakan Metode Aritmatik.
3. Analisis Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial menggunakan Metode Penman Modifikasi berdasarkan data klimatologi. Data klimatologi yang digunakan terdiri dari :

- a. Data temperature
  - b. Data kecepatan angin.
  - c. Data kelembaban relative
  - d. Data prosentase lamanya penyinaran matahari.
4. Analisis Debit Sungai

Metode untuk analisis debit sungai menggunakan Metode F.J Mock.

## 5. Grafik FDC (*Flow Duration Curve*)

Membuat grafik FDC setelah menghitung nilai debit andalan dengan parameter yang diasumsikan dan menghitung nilai korelasi debit andalan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Perhitungan Evapotranspirasi

Terdapat banyak metode yang digunakan untuk perhitungan evapotranspirasi potensial, salah satu metode sering digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi potensial yaitu metode *Pennman Modifikasi*. Dalam penggunaan persamaan *Pennman Modifikasi* akan membutuhkan lebih banyak data terukur, diantaranya suhu udara bulanan rerata ( $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ), kelembaban relatif bulanan rerata (RH, %), kecerahan matahari bulanan ( $n/N$ , %), kecepatan angin bulanan rerata ( $u$ , m/s), dan letak lintang daerah yang ditinjau.

Perhitungan ET<sub>o</sub> berdasarkan rumus Pennman di daerah Indonesia adalah sebagai berikut :

$$\text{ET}_o = c \times \text{ET}_{o*} \quad (1)$$

$$\text{ET}_{o*} = W (0,75 R_s - R_n) + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d) \quad (2)$$

**Tabel 1.** Rekapitulasi perhitungan evapotranspirasi metode pennman modifikasi tahun 2008-2017

Tahun	mm / Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2008	81,38	68,17	77,95	67,18	68,87	65,22	70,32	73,74	83,07	84,31	74,36	79,07
2009	79,80	70,37	78,86	65,99	68,16	65,78	71,18	80,32	84,70	83,83	77,40	79,80
2010	77,10	68,89	75,36	75,69	67,18	62,17	62,40	71,04	70,96	78,44	74,76	77,57
2011	79,90	75,32	81,48	71,45	68,56	68,52	70,12	79,61	83,88	87,50	74,87	82,29
2012	80,53	74,98	84,01	71,19	69,60	68,81	70,83	81,29	86,18	91,49	75,71	77,80
2013	80,72	73,68	81,49	70,39	66,73	66,42	66,57	79,71	84,82	92,07	86,75	84,74
2014	80,22	78,14	82,89	76,99	70,95	65,05	67,50	76,42	87,74	92,05	78,95	81,03
2015	81,69	73,96	81,16	72,04	70,63	69,24	73,02	82,51	83,27	97,35	80,49	80,50
2016	80,50	73,77	78,49	70,14	67,22	65,92	68,27	76,37	76,09	77,97	75,44	87,02
2017	86,23	72,09	79,74	70,93	70,69	65,74	68,27	78,87	83,23	81,88	76,24	84,02

### 3.2. Perhitungan Evapotranspirasi Aktual

Menurut Mock dalam [3] *exposed surface* (m) dan jumlah hari hujan (n) akan mempengaruhi nilai perbandingan antara selisih evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi aktual seperti ditunjukkan dalam formulasi sebagai berikut.

$$\Delta E/E_p = (m/20)*(18-n) \quad (3)$$

Sehingga :

$$\Delta E = E_p * (m/20)*(18-n) \quad (4)$$

Dari persamaan di atas dapat dihitung bahwa evapotranspirasi potensial akan sama dengan evapotranspirasi aktual (atau  $\Delta E = 0$ ) jika:

1. Evapotranspirasi terjadi pada hutan primer atau hutan sekunder. Jika daerah ini memiliki harga exposed surface (m) sama dengan nol.

2. Banyaknya hari hujan dalam bulan yang ditinjau pada suatu daerah itu sama dengan 18 hari.

Jadi evapotranspirasi aktual merupakan evapotranspirasi potensial dengan memperhitungkan faktor *exposed surface* serta jumlah hari hujan dalam bulan yang ditinjau [4]. Sehingga evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang benar-benar terjadi atau *actual evapotranspiration* [5], dihitung sebagai berikut.

$$E_{\text{actual}} = E_p - \Delta E \quad (5)$$

### 3.3. Perhitungan Water Surplus

Persamaan *water surplus* (WS) adalah sebagai berikut:

$$WS = (P - Ea) + SS \quad (6)$$

Dalam metoda Mock, tampungan kelembaban tanah dihitung sebagai berikut :

$$SMS = ISMS + (P - Ea) \quad (7)$$

dimana :

*ISMS* = *initial soil moisture storage* (tampungan kelembaban tanah awal), merupakan *soil moisture capacity* (SMC) bulan sebelumnya

*P – Ea* = presipitasi yang telah mengalami evapotranspirasi

Ada dua keadaan untuk menentukan SMC, yaitu:

1.  $SMC = 200 \text{ mm/bulan}$ , jika  $P - Ea \geq 0$
2.  $SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (P - Ea)$ , jika  $P - Ea < 0$

### 3.4. Perhitungan Base Flow, Direct Off dan Storm Run Off

Menurut Mock, besarnya infiltrasi adalah *water surplus* (WS) dikalikan dengan koefisien infiltrasi (if), atau

$$\text{Infiltrasi (i)} = WS \times if \quad (8)$$

Zona tampungan air tanah (*groundwater storage*, disingkat GS) dirumuskan sebagai berikut:

$$GS = \{0,5 \times (1 + K)xi\} + \{KxGSom\} \quad (9)$$

Perubahan *groundwater storage* ( $\Delta GS$ ) adalah selisih antara *groundwater storage* bulan yang ditinjau dengan *groundwater storage* bulan sebelumnya. Perhitungan *Base flow* dihitung dalam bentuk persamaan :

$$BF = i - \Delta GS \quad (10)$$

*Direct run off* dihitung dengan persamaan :

$$DRO = WS - i \quad (11)$$

Setelah *base flow* dan *direct run off*, komponen pembentuk debit yang lain adalah *storm run off*. Mock menetapkan bahwa:

- a. Jika presipitasi (*P*) > *maksimum soil moisture capacity* maka nilai *storm run off* = 0
- b. Jika *P* < *maksimum soil moisture capacity* maka *storm run off* adalah jumlah curah hujan dalam satu bulan yang bersangkutan dikali *percentage factor*, atau:

$$\text{SRO} = \text{P} \times \text{PF}$$

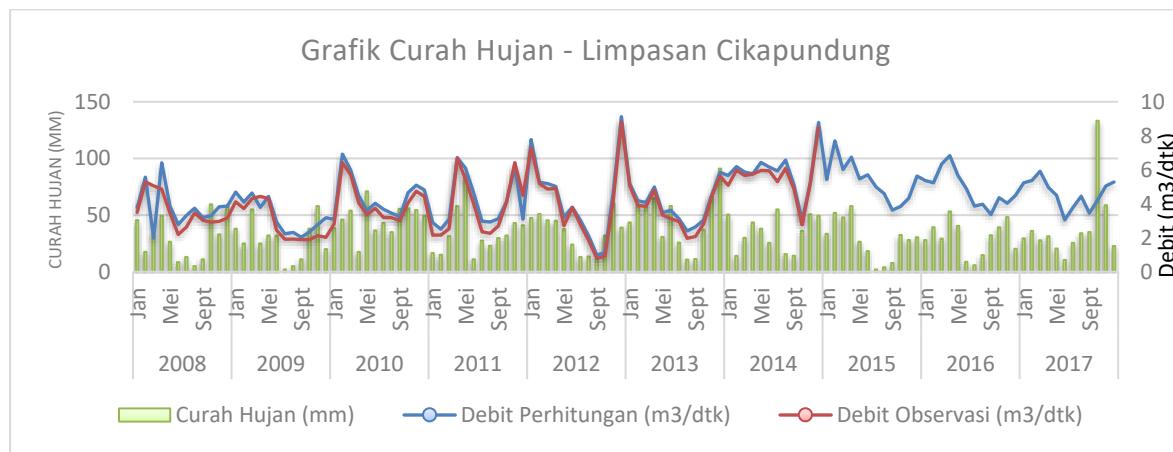
*Total run off* (TRO) merupakan komponen-komponen pembentuk debit sungai (*stream flow*) adalah jumlah antara *base flow*, *direct run off* dan *storm run off*, atau [6]:

$$\text{TRO} = \text{BF} + \text{DRO} + \text{SRO}$$

(Hendri Setiawan, Jahiel R Sidabutar, 2017).

**Tabel 2.** Rekapitulasi perhitungan debit andalan tahun 2008-2017

Tahun	(m3/detik)											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2008	3,78	5,57	1,99	6,41	3,87	2,78	3,32	3,73	3,19	3,29	3,82	3,86
2009	4,69	4,09	4,63	3,78	4,43	2,92	2,23	2,32	2,03	2,34	2,77	3,18
2010	3,08	6,92	6,00	4,47	3,60	4,03	3,68	3,44	3,25	4,65	5,10	4,81
2011	2,89	2,51	3,09	6,71	6,09	4,64	2,97	2,92	3,12	4,13	6,17	3,09
2012	7,78	5,26	5,19	5,02	3,20	3,80	3,03	2,12	0,98	1,13	4,67	9,12
2013	5,20	4,18	4,08	4,99	3,47	3,61	3,12	2,40	2,63	3,03	4,53	5,85
2014	5,66	6,18	5,86	5,76	6,43	6,15	5,93	6,57	5,12	3,00	5,22	8,79
2015	5,43	7,70	6,01	6,74	5,46	5,71	4,99	4,60	3,62	3,84	4,33	5,63
2016	5,37	5,23	6,34	6,84	5,66	4,89	3,86	3,97	3,37	4,36	4,03	4,50
2017	5,24	5,37	5,92	4,96	4,49	3,05	3,79	4,44	3,44	4,21	5,04	5,28

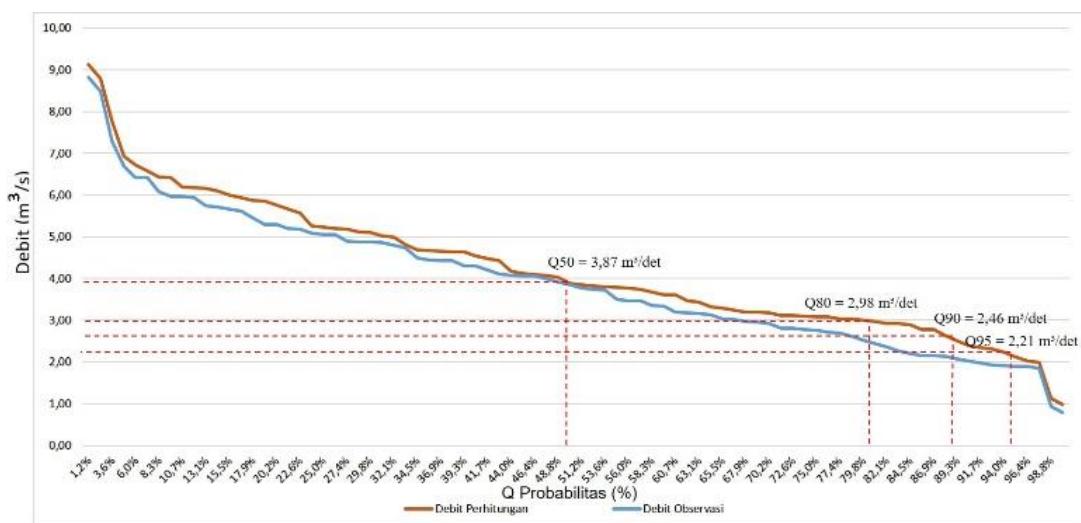


**Gambar 3 : Grafik Curah Hujan – Limpasan Cikapundung**

### 3.5. Debit Andalan

Hasil perhitungan di atas dapat didefinisikan sebagai debit andalan, bahwa debit andalan adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk perencanaan irigasi [3] atau kebutuhan air lainnya.

Perhitungan debit andalan Sub Das Cikapundung Hulu yang diranking dalam bentuk grafik (*Flow Duration Curve*) dari debit andalan bisa dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 : Grafik FDC debit andalan 2008-2014

### 3.6. Parameter Mock

Secara umum, parameter-parameter yang dijelaskan berikut ini mempengaruhi besarnya evapotranspirasi, infiltrasi, *groundwater storage* dan *storm run off*.

- Exposed surface* ( $m$ ), yaitu nilai perkiraan proporsi permukaan bagian luar yang tidak ditutupi tumbuhan hijau ketika musim kering/kemarau dan dinyatakan dalam persen. Besarnya harga  $m$  ini, tergantung daerah yang diamati. Mock mengklasifikasikan menjadi tiga daerah, yaitu hutan primer atau sekunder, daerah tererosi dan daerah ladang pertanian. Besarnya harga *exposed surface* ini berkisar antara 0% sampai 50% dan sama untuk tiap bulan. Harga  $m$  untuk ketiga klasifikasi daerah ini telah ditabelkan dalam Tabel berikut.
- Koefisien infiltrasi (if), adalah koefisien yang didasarkan pada kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Koefisien infiltrasi mempunyai nilai yang besar jika tanah bersifat porous atau mudah dilalui air, sifat bulan kering dan lahannya tidak terjal. Karena nilai if dipengaruhi sifat bulan maka if dapat bervariasi untuk tiap bulan. Harga minimum koefisien infiltrasi bisa dicapai karena kondisi lahan yang terjal sehingga air tidak sempat mengalami infiltrasi. Besaran koefisien infiltrasi adalah kurang dari 1 atau 0 - 0,9.
- Konstanta resesi aliran (K), yaitu proporsi dari air tanah pada bulan lalu yang masih ada di bulan sekarang. Pada bulan hujan Nilai K umumnya lebih besar, yang berarti tiap bulan nilai K ini bervariasi. Harga K suatu bulan relatif lebih besar jika bulan sebelumnya merupakan bulan basah. Dalam perhitungan debit andalan dengan metode FJ Mock, besarnya nilai K didapat dengan cara coba – coba sehingga dapat dihasilkan nilai debit yang diharapkan.
- Percentage factor* (PF), adalah besarnya persentase hujan yang menjadi limpasan. Digunakan dalam perhitungan *storm run off* pada *total run off*.

**Tabel 3.** Parameter model FJ Mock pada sub das Cikapundung

<b>Parameter Terpakai</b>			
m = 30 - 50%, lahan pertanian	<b>m</b>	32	%
Koefisien infiltrasi	<b>if</b>	0,33	0.1-0.9
Konstanta resesi aliran	<b>K</b>	0,86	coba2
Percentage Factor	<b>PF</b>	5	mm

### 3.7. Kalibrasi Dan Validasi

Kalibrasi (*Calibration* atau *Calage*) terhadap satu model merupakan tahap pemilihan kombinasi parameter. Dengan kata lain, merupakan proses optimalisasi parameter untuk meningkatkan kohesi antara respons hidrologi DAS yang teramatid dan tersimulasi [7]. Dari hasil perhitungan parameter Akhir untuk model kalibrasi menghasilkan nilai yang cukup baik terhadap nilai debit yang diharapkan seperti pada table berikut.

**Tabel 4.** Hasil kalibrasi dan validasi parameter

<b>Tahun</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>RMSE</b>	0,895	1,255	1,250	0,886	0,926	0,918	1,048
<b>ME</b>	0,258	0,362	0,361	0,256	0,267	0,265	0,303
<b>R<sup>2</sup></b>	0,932	0,890	0,918	0,936	0,937	0,932	0,949

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan melihat pembahasan sebelumnya mulai dari tinjauan pustaka, pengumpulan data sampai dengan perhitungan debit andal untuk Sub DAS Cikapundung Hulu dengan metode FJ Mock Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, maka dapat disimpulkan beberapa hal seperti berikut : Besaran debit andal rata – rata untuk Q50, Q80, Q90, dan Q95 dalam perhitungan model mock pada periode 2008 sampai 2014 menghasilkan nilai berturut – turut adalah 3,87 m<sup>3</sup>/det; 2,98 m<sup>3</sup>/det; 2,46 m<sup>3</sup>/det; dan 2,21 m<sup>3</sup>/det. Sedangkan nilai debit Q50, Q80, Q90, dan Q95 pada Debit observasi menghasilkan nilai berturut – turut adalah 3,85 m<sup>3</sup>/det; 2,45 m<sup>3</sup>/det; 2,05 m<sup>3</sup>/det; dan 1,91 m<sup>3</sup>/det. Seiring dengan kenaikan periode perhitungan pun, nilai debit andal mempunyai kecenderungan naik.

Nilai parameter yang sudah diuji coba untuk menghasilkan nilai debit yang cukup baik yaitu nilai parameter dengan besaran nilai berikut :

$$\text{Exposed surface (m)} = 32$$

$$\text{Koefisien Infiltrasi (if)} = 0.33$$

$$\text{Konstanta Resesi Aliran (K)} = 0.86$$

$$\text{Percentage factor (PF)} = 5$$

Besarnya nilai kalibrasi dan validasi untuk parameter akhir debit andalan pada Sub DAS Cikapundung Hulu menghasilkan nilai RMSE, ME, R<sup>2</sup> dengan nilai berturut – turut 0.89, 0.258 dan 0.932 untuk tahun 2008.

Sedangkan beberapa saran yang dapat disampaikan adalah agar lebih akurat, sebaiknya peneliti tidak hanya menggunakan satu stasiun curah hujan saja untuk menghitung debit rencana. Mencoba menggunakan beberapa metode dan parameter lebih banyak untuk menggambarkan karakteristik DAS agar dapat membandingkan hasil analisis debit andalan supaya mendapatkan nilai debit yang lebih baik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode F.J

Mock untuk mendapatkan model mock agar sesuai dengan nilai yang diharapkan membutuhkan data yang sangat lengkap, baik data curah hujan yang lengkap dengan letak stasiun hujan di dalam DAS yang ingin di teliti, klimatologi dan data observasi yang tersedia pertahunnya. Mengingat sulitnya mendapatkan parameter-parameter yang bisa mendapatkan nilai debit yang sama seperti nilai debit observasi.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mercu Buana yang telah memberi dukungan sehingga pelaksanaan penelitian ini dapat dilakukan dan menghasilkan artikel ilmiah.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] M. D. Adzhani and Y. R. Tayubi, “Analisis Curah Hujan Terhadap Debit Air Sungai Di Daerah Aliran Sungai Citarum,” in *Prosiding Seminar Nasional Fisika 5.0*, 2019, vol. 0, pp. 1–4.
- [2] D. Marsim, Steven; Yudianto, “Analisis Debit Andal Pada DAS Cikapundung Hulu Dengan Menggunakan Model NRECA,” *J. Tek. Sumber Daya Air*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [3] Y. Data, S. B. Sau, E. R. Bungin, and B. Tanan, “Potensi Hidrologi Dan Tenaga Air PLTA/PLTM Sungai Maros, Sulawesi Selatan,” *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. I, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [4] C. Adiningrum, “Analisis Perhitungan Evapotranspirasi Aktual Terhadap Perkiraan Debit Kontinyu dengan Metode Mock,” *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 2, p. 135, 2016, doi: 10.24002/jts.v13i2.649.
- [5] L. Dwiwana, - Nurhayati, and - Umar, “Analisa Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Irigasi Di Daerah Irigasi Terdu,” *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 6, no. 1, pp. 215–223, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/32202>.
- [6] K. H. Sumiharni; Siregar, Amril M.; Ananta, “Studi Kasus Penggunaan Sumber Daya Air Di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Ketibung Kabupaten Lampung Selatan,” *J. Rekayasa*, vol. 20, no. 2, 2016.
- [7] D. Kurniawan, “PENENTUAN SKALA PRIORITAS LOKASI SUMBER AIR BAKU BAGI PDAM KOTA PONTIANAK Dedi Kurniawan,” *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, 2013.