

Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-HMS Di DAS Bengawan Solo Hulu

Wiliya^{1,*}, Umboro Lasminto¹

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: citrawiliya@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	02 Januari 2022	<i>Flooding during the rainy season and drought during the dry season are two issues that the Bengawan Solo watershed faces. Changes in land use contribute to flooding by increasing the amount of runoff from the Bengawan Solo Hulu river. An effort that can be made to overcome the issues is by rainfall-runoff modeling to approximate hydrological values in the field. The purpose of this study is to compare the magnitude of the simulated discharge using observed data in the Bengawan Solo Hulu River, such as observation discharge, rainfall, land use maps, maps of soil type, and topographic maps. NSE value, viz the result of calibration between field discharge and simulated discharge 0.578 with a simulated peak discharge of 805.03 m³/s which occurred on March 23, 2019. The result of model research obtained this value has a good level of similarity for rainfall-runoff modeling using Hec-HMS in the Bengawan Solo Hulu watershed.</i>
Diperbaiki	03 Februari 2022	
Disetujui	28 April 2022	

Keywords: rainfall-runoff model, Hec-HMS

Abstrak

DAS Bengawan Solo memiliki berbagai permasalahan salah satunya yaitu banjir saat musim penghujan dan kekeringan saat musim kemarau. Salah satu penyebab terjadinya banjir adalah perubahan tata guna lahan yang mengakibatkan bertambahnya jumlah limpasan sungai Bengawan Solo Hulu. Upaya yang dapat dilakukan dalam mengatasi hal ini adalah dengan pemodelan hujan debit untuk mendekati nilai-nilai hidrologi di lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan besaran debit simulasi dengan debit observasi yang terjadi di DAS Bengawan Solo Hulu. Data yang digunakan adalah debit observasi, curah hujan, peta tata guna lahan, peta jenis tanah, dan peta topografi. Hasil dari pemodelan ini adalah NSE sebesar 0,578 dengan debit puncak simulasi sebesar 805,03 m³/dt yang terjadi pada tanggal 23 Maret 2019. Nilai NSE menunjukkan angka kalibrasi perbandingan debit dilapangan dengan debit hasil simulasi, Berdasarkan nilai NSE yang diperoleh dari pemodelan sebesar 0,578, maka model hujan-debit menggunakan Hec-HMS memiliki tingkat kemiripan yang baik.

Kata kunci: model hujan-debit, Hec-HMS

1. Pendahuluan

Bengawan Solo merupakan sungai terbesar di Pulau Jawa. Terdapat beberapa kerusakan yang terjadi di DAS Bengawan Solo Hulu antara lain kekeringan saat musim kemarau dan banjir saat musim hujan. Perlu melakukan kajian untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di DAS Bengawan Solo Hulu, antara lain yaitu pemodelan hujan debit yang berfungsi untuk mendekati nilai-nilai hidrologis di lapangan. Pengukuran hujan debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumber daya air di suatu wilayah DAS [1].

Transformasi hujan debit merupakan suatu hal yang kompleks disebabkan oleh dua hal yaitu variabilitas sistem DAS dan karakter masukan (*input*). Analisis kuantitatif terhadap keluaran sistem DAS berdasarkan masukan dan karakteristik sistem dapat dilakukan dengan model. Hec-

HMS adalah salah satu model yang dapat menirukan perilaku aliran dalam sistem DAS. [2]

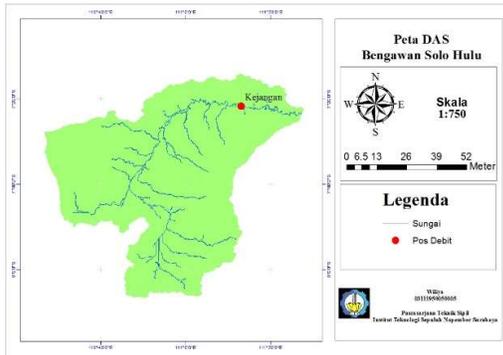
Azizah mengatakan dalam penelitiannya bahwa pemodelan hujan-debit menggunakan model Hec-HMS memberikan hasil pendekatan nilai lapangan yang baik [1]. Selain itu Gede (2006) juga mengatakan dalam penelitiannya menggunakan model Hec-HMS memberikan hasil pendekatan nilai lapangan yang baik [2]. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu tentang pemodelan hujan-debit menggunakan model Hec-HMS memperoleh hasil yang baik, maka penelitian terdahulu melatarbelakangi pemodelan hujan-debit di DAS Bengawan Solo Hulu menggunakan model Hec-HMS.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari sumber daya air di DAS Bengawan Solo Hulu agar dapat dimanfaatkan sebagai pengendalian banjir dan penyediaan air baku.

2. Metode

A. Lokasi Penelitian

Secara administrasi lokasi penelitian terletak di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu. Memiliki luas DAS sebesar 6.072 km² dan jumlah anak sungai sebanyak 425. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Penelitian DAS Bengawan Solo Hulu

Penelitian ini menggunakan model Hec-HMS. Data yang dibutuhkan dalam pemodelan ini adalah data sekunder, yaitu: data curah hujan, peta topografi, peta tata guna lahan, peta jenis tanah, dan debit observasi. Data ini akan di input ke dalam model HEC-HMS sebagai parameter model. Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengolah data yang sudah ada menjadi parameter-parameter yang dibutuhkan dalam pemodelan hujan-debit dengan Hec-HMS.

Data curah hujan diperoleh dari BBWS Bengawan Solo. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan yang tersebar di setiap stasiun hujan di DAS Bengawan Solo Hulu. Terdapat 9 stasiun hujan yang tersebar di DAS Bengawan Solo Hulu yaitu Baturetno, Kalijambe, Nepen, Pabelan, Parangjoho, Pracimantoro, Song Putri, Tawangmangu dan Waduk Nawangan. Dari sebaran stasiun yang ada di DAS Bengawan Solo Hulu, maka dapat dihitung curah hujan wilayah dengan persamaan 1 [3]:

$$d = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + A_3 \cdot d_3 + \dots + A_n \cdot d_n}{A} = \frac{\sum A_i \cdot d_i}{A} \quad (1)$$

Dimana:

A = luas area (km²)

d = tinggi curah hujan rata-rata area

d₁, d₂, d₃, ... d_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2, 3, ...n

A₁, A₂, A₃, ... A_n = Luas Daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ...n

Peta topografi diperoleh dari data DEMNAS. Peta topografi akan diolah menggunakan sistem informasi geografis untuk mendapatkan peta DAS, luas DAS, panjang sungai, lebar sungai, dan kemiringan sungai. Data ini digunakan sebagai parameter basin sungai yang dimasukkan ke dalam model Hec-HMS.

Peta tata guna lahan dan peta jenis tanah diperoleh dari sumber yang berbeda. Peta tata guna lahan diperoleh dari webgis.menlhk.go.id dan google earth, sedangkan peta jenis tanah diperoleh dari webgis BBSDLP Kementerian Pertanian. Dari peta tata guna lahan dan jenis tanah dapat ditentukan fungsi lahan yang digunakan dan jenis tanah di DAS Bengawan Solo Hulu. Dari data ini dapat menentukan besaran nilai parameter *Curve Numer* (CN), *Impervious*, *Initial Abstraction* (I_a) dan *Time Lag* (TL). Parameter ini digunakan untuk pemodelan hujan-debit dengan menggunakan Hec-HMS [4]. Hec-HMS dirancang untuk menghitung proses hujan aliran suatu DAS [4].

Model perhitungan SCS Curve Number dapat ditunjukkan pada persamaan 2 [5]:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2)$$

Dimana:

P_e : akumulasi hujan efektif pada waktu t

P : akumulasi hujan pada waktu t

I_a : kehilangan mula-mula (*Initial Abstraction*)

S : potensi penyimpanan maksimum

Hubungan empiris antara I_a dan S dapat ditunjukkan pada persamaan 3 [5]:

$$I_a = 0.2 \times S \quad (3)$$

Akumulasi hujan efektif pada saat t ditunjukkan pada persamaan 4 [5]:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (4)$$

Hubungan antara nilai penyimpanan maksimum dengan karakteristik DAS berupa nilai CN pada persamaan 5 [5]:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254CN \text{ (mm)} \quad (5)$$

Persamaan 5 untuk menentukan parameter *time lag* [5]:

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8} \times (S+1)^{0.7}}{1900 \times Y^{0.5}} \quad (6)$$

Dimana:

L : panjang sungai utama

Y : kemiringan DAS (%)

S : potential maximum retention

Nilai S dapat dihitung menggunakan persamaan 7 [5]:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (7)$$

Nilai Curve Number (CN) menggunakan perhitungan composit CN. Composit CN dapat dihitung menggunakan persamaan 8 [6]:

$$CN_{Composite} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i CN_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (8)$$

Dimana:

CN : Curve Number

A_i : Luas Sub DAS (Km²)

Nilai Curve Number dapat dilihat pada **Tabel 1** [6]:

Tabel 1. Nilai Curve Number AMC II, Untuk Berbagai Kondisi Lahan dan Tipe Tanah

No	Jenis Tata Guna Lahan	Tipe Tanah			
		A	B	C	D
1.	Tanah yang diolah dan ditanami				
	Tanpa perlakuan	72	81	88	91
	konservasi/ladang				
	Dengan konservasi (sawah dan kebun)	62	71	78	81
2.	Padang rumput				
	Kondisi buruk (<50% tertutup tanah)	68	79	86	89
	Kondisi baik (<50 – 70% tertutup tanah)	39	61	74	80
	3.	Padang rumput (seluruhnya rumput)	30	58	71
	Senak (baik > 75% tertutup tanah)	30	48	65	73
	Hutan	45	66	77	83
	Buruk / tanaman jarang, penutupan jelek	25	55	70	77
	Baik / penutupan baik				
4.	Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan dsb.				

No	Jenis Tata Guna Lahan	Tipe Tanah			
		A	B	C	D
5.	Daerah perniagaan atau bisnis (80% kedap air)	89	92	94	95
6.	Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
7.	Pemukiman				
	Luas % kedap air				
	1/8 acre	65	77	85	90
	¼ acre	38	61	75	83
	1/3 acre	30	57	72	81
	½ acre	25	54	70	80
	1 acre	20	51	68	79
8.	Tempat parkir, atap, jalan mobil (dihalaman)	98	98	98	98
9.	Jalan				
	Perkerasan dengan drainase	98	98	98	98
	Kerikil	76	85	89	91
	Tanah	72	82	87	89

Debit observasi diperoleh dari BBWS Bengawan Solo Hulu. Data ini digunakan sebagai acuan untuk perbandingan antara hasil simulasi model dengan data yang tercatat dilapangan. Hasil yang diharapkan dari pemodelan ini adalah kemiripan hasil simulasi dengan data dilapangan, hal ini dapat dilakukan dengan proses kalibrasi data. Kalibrasi data menggunakan Hec-HMS.

Nilai parameter untuk kalibrasi model Hec-HMS dapat dilihat pada **Tabel 2** [1]:

Tabel 2. Nilai Parameter Kalibrasi Model HEC-HMS

Model	Parameter	Min	Max	
SCS Loss	Initial Abstraction	0 mm	500 mm	
	Curve Number	1	100	
SCS UH	Lag	0.1 min	30000 min	
	Baseflow	Initial Baseflow	0 m ³ /s	100000
	Recession factor	0.0000	m ³ /s	
	Flow-to-peak ratio	11	-	
Muskingum	K	0	1	
	Routing	X	0.1 hr	150 hr
	Number of steps	0	0.5	
		1	100	

Metode yang digunakan untuk menentukan kriteria penampilan dan kalibrasi model terhadap hasil pengamatan dilapangan adalah metode Nash. Metode kalibrasi dengan menggunakan Nash ini adalah dengan membandingkan

kuadrat selisih debit hasil simulasi dan debit hasil pengamatan dengan kuadrat selisih debit pengamatan dan rata-rata debit pengamatan [1].

Metode *Nash* menggunakan persamaan 8 [1]:

$$Nash = 1 - \frac{\sum(Q_{sim} - Q_{obs})^2}{\sum(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \tag{9}$$

Dimana:

Q_{obs} = debit hasil pengamatan di lapangan (m^3/dt)

Q_{sim} = debit hasil simulasi (m^3/dt)

\bar{Q}_{obs} = rata-rata debit hasil pengamatan di lapangan (m^3/dt)

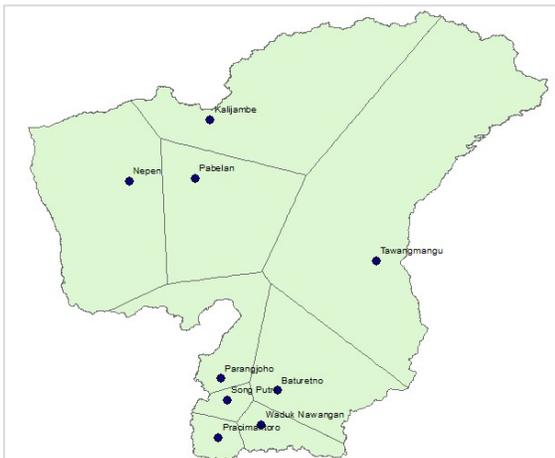
Setelah proses pengolahan data tersebut, maka langkah selanjutnya adalah melakukan setting model Hec-HMS. Setting model ini dilakukan untuk menjalankan simulasi hujan-debit. Setelah proses simulasi selesai, maka akan didapatkan hasil dari pemodelan tersebut. Dari hasil simulasi dapat ditentukan besaran nilai *Nash* sebagai acuan untuk model melakukan kalibrasi. Setelah semua proses telah dilakukan, maka akan didapatkan kesimpulan dari penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam analisa ini adalah data curah hujan yang tercatat di DAS Bengawan Solo Hulu. Terdapat beberapa lokasi pencatatan curah hujan di DAS Bengawan Solo Hulu atau disebut dengan stasiun hujan yaitu: Baturetno, Kalijambe, Napen, Pabelan, Parangjoho, Pracimantoro, Song Putri, Tawamangun, dan Waduk Nawangan.

Curah hujan wilayah dihitung menggunakan metode *polygon thiessen*. Sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 2**:



Gambar 2. Curah Hujan Wilayah Polygon Thiessen

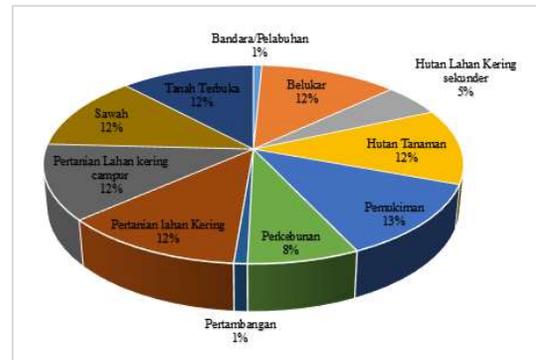
Bobot luasan curah hujan wilayah tiap-tiap stasiun di DAS Bengawan Solo Hulu, dapat dilihat pada **Tabel 3**:

Tabel 3. Koefisien *Thiessen*

Nama Stasiun	Luas (Km ²)	Bobot
Baturetno	569,835	0,252
Kalijambe	1063,421	0,470
Nepen	1003,007	0,443
Pabelan	683,893	0,302
Parangjoho	345,175	0,152
Pracimantoro	89,789	0,040
Song Putri	66,762	0,029
Tawamangu	1957,548	0,865
Waduk Nawangan	149,887	0,066
Total	2263,986	

3.2 Penggunaan Lahan

DAS Bengawan Solo Hulu terbagi menjadi 433 subdas, dimana masing-masing subdas terdiri dari beberapa kawasan dalam tata guna lahannya. Tata guna lahan pada DAS Bengawan Solo Hulu terdiri dari 11 kelas, yaitu bandara/pelabuhan, belukar, hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, pemukiman, perkebunan, pertambangan, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur, sawah, dan tanah terbuka. Prosentasi penggunaan lahan di DAS Bengawan Solo Hulu dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Prosentase Jenis Tata guna lahan DAS Bengawan Solo Hulu.

3.3 Pemodelan hujan-debit

- *Curve Number*

Perhitungan nilai CN menggunakan persamaan (8). Nilai CN ini dipengaruhi oleh jenis tutupan lahan dan jenis tanah. Dari hasil perhitungan nilai CN di DAS Bengawan Solo hulu diperoleh nilai CN berkisar antara 75%-85%.

- *Initial Abstraction*

Perhitungan nilai I_a dapat dihitung menggunakan persamaan (3). Nilai I_a dipengaruhi oleh nilai retensi

maksimum. Dari hasil perhitungan nilai I_a di DAS Bengawan Solo Hulu diperoleh nilai I_a berkisar antara 7,5 mm-8,5 mm.

- *Impervious*

Perhitungan nilai *impervious* berdasarkan jenis tutupan lahan untuk mengetahui besaran koefisien limpasan. Dari hasil perhitungan nilai *impervious* di DAS Bengawan Solo Hulu diperoleh nilai *impervious* berkisar antara 6%-60%.

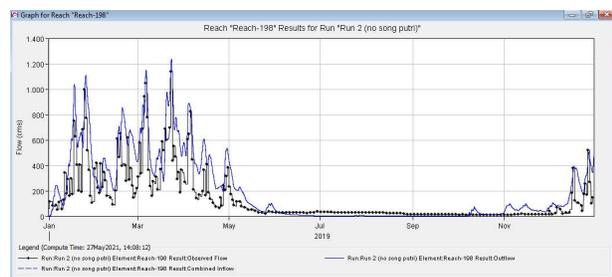
- *Time Lag*

Perhitungan nilai *time lag* dapat dihitung menggunakan persamaan (6). Nilai *time lag* dipengaruhi oleh panjang sungai, kemiringan sungai dan retensi maksimum. Dari hasil perhitungan nilai *time lag* di DAS Bengawan Solo Hulu diperoleh nilai *time lag* berkisar antara 0,2 menit-3781 menit.

3.4 Model Hec-HMS

Pemodelan dalam penelitian ini menggunakan Hec-HMS. Ada beberapa parameter yang digunakan dalam pemodelan ini, Parameter lahan pada basin model yang digunakan adalah *loss*, *transform* dan *rooting*. Parameter Basin Model Loss menggunakan metode SCS Curve Number, data yang dimasukkan ke dalam parameter ini adalah *initial abstraction*, *curve number* dan *impervious*. Parameter Basin Model Transform menggunakan metode SCS Unit Hydrograph, data yang dimasukkan ke dalam parameter ini adalah *time lag*. Parameter Basin Model Rooting menggunakan metode *Kinematic Wave*, data yang dimasukkan ke dalam parameter ini adalah *length*, *Slope* dan *width*.

Pemodelan ini menggunakan input data hujan harian dan debit pada tahun 2019. Hasil dari simulasi model ini diperoleh peak flow sebesar 1.207,82 m³/dt yang terjadi pada tanggal 23 maret 2019, sedangkan peak discharge di lapangan sebesar 805,03 m³/dt terjadi pada tanggal 23 maret 2019. Nilai *Nash* dari simulasi ini adalah sebesar 0,481. Dalam model ini nilai *base flow* tidak diperhitungkan. Dari hasil model Hec-HMS tersebut perlu dilakukan kalibrasi guna hasil simulasi model mendekati kondisi lapangan. berikut grafik hasil simulasi model Hec-HMS dapat dilihat pada **Gambar 4**:



Gambar 4. Grafik Debit Simulasi Hec-HMS tahun 2019

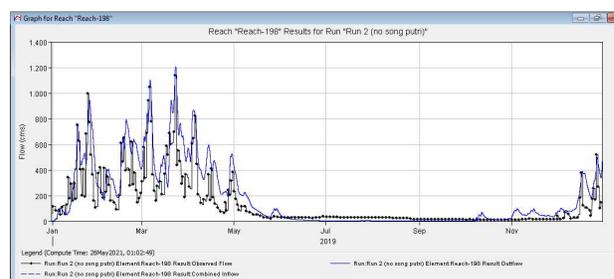
3.5 Kalibrasi Model Hec-HMS

Kalibrasi model bertujuan untuk menjadikan hasil simulasi model mendekati data lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan menaikkan dan menurunkan beberapa parameter yang mempengaruhi perubahan nilai *Nash* yang terdapat pada **Tabel 1**. Kalibrasi model ini dilakukan pada titik pos AWLR Kejangan. Pemilihan data hujan berdasarkan hasil model perbandingan dengan data hujan dan debit terukur di lapangan tahun 2018, 2019, dan 2020. Maka didapatkan hasil yang paling baik yaitu tahun 2019 dengan nilai *Nash* awal adalah 0,481. Berikut tabel kalibrasi yang dilakukan pada model Hec-HMS dengan menggunakan data hujan harian dan debit yang terukur di lapangan pada tahun 2019, dapat dilihat pada **Tabel 4**:

Tabel 4. Nilai Kalibrasi

Parameter Model		Nilai Parameter	
		Kondisi Awal	Kalibrasi
<i>Curve Number</i> (CN)	Min	75,77	59,10
	Max	84,00	65,52
<i>Time Lag</i> (TL)	Min	0,19	0,23
	Max	3176,87	3780,37
<i>Impervious</i>	Min	5	3,5
	Max	60	42
<i>Initial Abstraction</i> (I_a)	Min	7,52	22,57
	Max	8,56	25,68

Dari hasil kalibrasi model sesuai dengan **Tabel 4** di dapatkan nilai *Nash* sebesar 0,578. Nilai *Nash* di pengaruhi oleh CN, TL, *Impervious*, I_a . Kalibrasi ini dilakukan dengan menurunkan nilai CN dan *impervious* dan menaikkan nilai TL dan I_a . Berdasarkan hasil kalibrasi model Hec-HMS didapatkan nilai *peak flow* sebesar 1116,60 m³/dt yang terjadi pada tanggal 23 Maret 2019 sedangkan *peak discharge* sebesar 805,03 m³/dt yang terjadi pada tanggal 23 Maret 2019. Grafik hasil kalibrasi model HEC-HMS dapat dilihat pada **Gambar 5**:



Gambar 5. Grafik debit simulasi hasil kalibrasi model

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pemodelan hujan-debit di DAS Bengawan Solo Hulu, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi HEC-HMS pada kondisi awal didapatkan nilai debit simulasi sebesar 1207,82 m³/dt yang terjadi pada tanggal 23 maret 2019, sedangkan nilai debit observasi adalah sebesar 805,03 m³/dt. Dari hasil perbandingan antara debit simulasi dengan debit observasi didapatkan nilai *Nash* sebesar 0,481.
2. Berdasarkan hasil kalibrasi model yan dilakukan untuk menyesuaikan kondisi yang terjadi di lapangan didapatkan nilai debit simulasi sebesar 1.116,60 m³/dt yang terjadi pada tanggal 23 Maret 2019. Dengan nilai *Nash* sebesar 0,578.
3. Pemodelan HEC-HMS di DAS Bengawan Solo Hulu dengan data curah hujan dan debit observasi pada tahun 2019 dianggap memiliki performa yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *Nash* sebesar 0,578.

Daftar Pustaka

- [1] N. A. Affandy, "Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-HMS di DAS Sampean Baru," in *Prosiding Seminar Nasional VII Teknik Sipil ITS Surabaya*, 2011.
- [2] G. Tunas, "Kalibrasi Parameter Model Hec-HMS Untuk Menghitung Aliran Banjir DAS Bengkulu," *Mektek VII*, Jan 2005.
- [3] D. H. U. Ningsih, "Metode Thiessen Polygon Untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu Pada Wilayah Yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan," *J. Teknol. Inf. Din.*, vol. 17, no. 2, pp. 154–163, 2012.
- [4] N. R. Rante, J. S. F. Sumarauw, and E. M. Wuisan, "Analisis Debit Banjir Anak Sungai Tikala Pada Titik Tinjauan Kelurahan Namjer Link V Kecamatan Tikala Dengan Menggunakan HEC-HMS Dan HEC-RAS," *Tekno*, Vol. 14, no. 65, April 2016.
- [5] Y. E. P. Nggarang, A. H. Pattiraja, and S. B. Henong, "Analisa Perbandingan Penentuan Debit Rencana Menggunakan Metode Nakayasu Dan Simulasi Aplikasi Hec-Hms Di Das Lowo Rea," *J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 23–33, 2020.
- [6] Nurdiyanto, L. Montarich, and E. Suhartanto, "Analisis Hujan dan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan Di Sub DAS Pekalen Kabupaten Probolinggo," *J. Tek. Pengair.*, vol. 7, no. 1, pp. 83–94, 2016.