

## Estimasi Debit Aliran Menggunakan Data Radar Cuaca (Studi Kasus : DAS Manna, Bengkulu)

### *Discharge Estimation Using Weather Radar Data (Case Study : Manna Watershed, Bengkulu)*

**Muhammad Fajar Handoyo<sup>1,3\*</sup>, M Pramono Hadi<sup>2</sup>, Slamet Suprayogi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Magister Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur Yogyakarta.55281.

<sup>2</sup>Departemen Geografi, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur Yogyakarta.55281.

<sup>3</sup>Stasiun Meteorologi Fatmawati, Jl Depati Payung Negara Pekan Sabtu Bengkulu 38213.

\*E-mail: handoyomuhammadfajar@gmail.com

Naskah masuk: 29 Maret  
2021

Naskah diperbaiki: 15 Juli  
2021

Naskah diterima: 29 Juli 2021

#### ABSTRAK

Radar cuaca memiliki kelebihan dalam mengestimasi curah hujan, karena memiliki resolusi spasial yang tinggi (mencapai 0.5 km). Curah hujan estimasi radar cuaca dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, diantaranya untuk pemodelan hidrologi. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan radar cuaca BMKG Bengkulu untuk estimasi debit aliran di DAS Manna pada bulan Desember 2018. Persamaan Z-R ditentukan berdasarkan data reflektivitas radar (Z) dan curah hujan pengamatan (R). Pengolahan data radar cuaca menggunakan perangkat lunak *wradlib* berbasis bahasa pemrograman *python*. Model hidrologi HEC-GeoHMS dan HEC-HMS digunakan untuk menghitung debit aliran berdasarkan inputan curah hujan radar cuaca. Metode *Gridded Soil Conservation Service Curve Number* (SCS CN) dan *ModClark* digunakan untuk menentukan metode kehilangan dan waktu tempuh yang dibutuhkan air hingga ke titik *outlet*. Sedangkan aliran dasar dan *routing* masing-masing menggunakan metode *Recession* dan *Lag*. Hasilnya, diperoleh persamaan antara reflektivitas radar cuaca dan curah hujan pengamatan sebesar  $Z=2,65R^{1,3}$ . Debit simulasi menghasilkan nilai RMSE sebesar  $11,99 \text{ m}^3/\text{detik}$  sebelum dikalibrasi, dan RMSE sebesar  $4,37 \text{ m}^3/\text{detik}$  setelah dikalibrasi. Selain itu, curah hujan estimasi radar cuaca memiliki pola yang sama dengan fluktuasi debit harian DAS Manna.

**Kata Kunci :** Radar Cuaca, Debit, Daerah Aliran Sungai, Manna.

#### ABSTRACT

*Weather radar has an advantage in estimating rainfall, because it has a high spatial resolution (up to 0.5 km). Weather radar estimated rainfall can be used for various needs, including for hydrological modeling. This study aims to utilize the Bengkulu BMKG weather radar to estimate discharge of the Manna watershed in December 2018. The Z-R equation is determined based on radar reflectivity (Z) and observed rainfall (R) data. Weather radar data processing uses *Wradlib* software based on the Python programming language. The HEC-GeoHMS and HEC-HMS hydrological models were used to calculate the discharge based on the weather radar rainfall input. The Gridded Soil Conservation Service Curve Number (SCS CN) and ModClark methods are used to determine the method of loss and travel time required for water to the outlet point. Meanwhile, base flow and routing use Recession and Lag methods. As a result, the equation between weather radar reflectivity and observed rainfall is  $Z=2,65R^{1,3}$ . The simulation discharge produces an RMSE value of  $11.99 \text{ m}^3/\text{second}$  before calibration, and an RMSE of  $4.37 \text{ m}^3/\text{second}$  after calibration. In addition, the rainfall forecasted by weather radar has the same pattern as the daily discharge fluctuation of the Manna watershed.*

**Keywords :** Weather Radar, Discharge, Watershed, Manna.

## 1. Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Manna merupakan salah satu DAS yang berhulu di provinsi Sumatera Selatan, dan bermuara ke Samudera Hindia yang berada di provinsi Bengkulu. Secara geografis, DAS Manna terletak pada koordinat  $102^{\circ} 51' 38.2''$  -  $103^{\circ} 10' 57.8''$  Bujur Timur dan  $4^{\circ} 0'39.6''$  -  $4^{\circ} 29'38.0''$  Lintang Selatan [1].

Data debit aliran sungai dapat digunakan untuk identifikasi perubahan kuantitas aliran yang terjadi, sehingga bermanfaat untuk perencanaan dan pengelolaan suatu DAS [2]. Menurut data dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatera VII tahun 2012 sampai dengan 2018, debit aliran rata-rata bulanan terbesar di DAS Manna terjadi pada bulan Desember, yaitu sebesar  $51.7 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Informasi ini menunjukkan bahwa bulan Desember terjadi fluktuasi maksimum debit terbesar di DAS Manna.

Radar cuaca merupakan alat penginderaan jauh sistem aktif yang dapat mengukur curah hujan secara tidak langsung. Radar cuaca memiliki kelebihan karena memiliki resolusi spasial yang detail (mencapai  $0.5 \text{ km}$ ). Resolusi radar dapat memberikan estimasi curah hujan yang terjadi di suatu wilayah yang tidak terdapat alat penakar hujan [3], [4]. Penentuan nilai curah hujan ( $R$ ) data radar cuaca masih harus dikonversi berdasarkan persamaan ( $Z-R$ ), yaitu persamaan yang menggunakan data reflektivitas radar ( $Z$ ) dan curah hujan observasi di permukaan sebagai pembandingnya [5].

Salah satu model hidrologi yang digunakan untuk menghitung prakiraan debit berdasarkan inputan data curah hujan adalah HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System*). Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [6]–[10] menunjukkan bahwa model HEC-HMS dapat merepresentasikan debit aliran berdasarkan inputan data hujan.

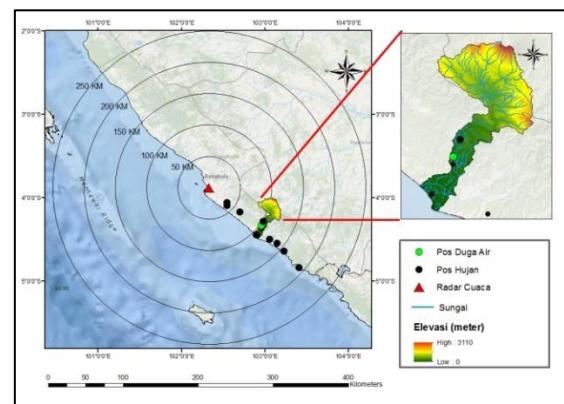
Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan data radar cuaca untuk mengestimasi debit aliran harian DAS Manna. Hal ini bermanfaat untuk perencanaan dan pengelolaan DAS Manna. Model hidrologi HEC-HMS digunakan untuk mengestimasi hujan menjadi debit aliran. Bulan Desember dipilih untuk melakukan penelitian ini, karena pada bulan tersebut terjadi debit terbesar dalam waktu satu tahun.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Manna, yang berhulu di provinsi Sumatera Selatan, dan bermuara ke Samudera

Hindia yang berada di provinsi Bengkulu. Secara geografis, DAS Manna terletak pada koordinat  $102^{\circ} 51' 38.2''$  -  $103^{\circ} 10' 57.8''$  Bujur Timur dan  $4^{\circ} 0'39.6''$  -  $4^{\circ} 29'38.0''$  Lintang Selatan. Peta lokasi DAS Manna dapat dilihat pada gambar 1 dan proses penelitian ini digambarkan pada kerangka pemikiran seperti pada Gambar 2.

Penelitian dilakukan pada bulan Desember tahun 2018. Waktu ini dipilih karena berdasarkan data dari Balai Wilayah Sungai Sumatera VII pada bulan tersebut terjadi debit terbesar dalam kurun waktu satu tahun. Hal ini bertujuan untuk melihat fluktuasi maksimum debit terbesar di DAS Manna. Lokasi sebaran pos hujan, radar cuaca, dan pos duga air ditampilkan pada gambar 1.



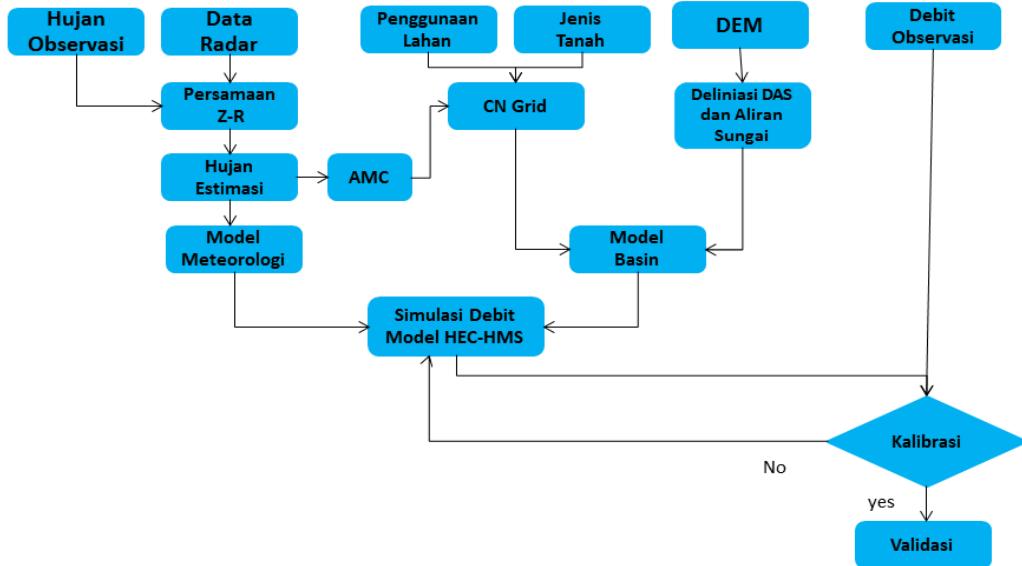
Gambar 1. Lokasi penelitian

Data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data radar cuaca BMKG Bengkulu bulan Desember tahun 2018 yang berada pada  $3^{\circ} 51' 30.9''$  LS dan  $102^{\circ} 20' 28.0''$  BT. Radar cuaca dapat menjangkau wilayah hingga radius 250 km dari pusat radar, dan ketinggian hingga 10 km.
2. Data curah hujan dari 10 pos hujan BMKG pada bulan Desember 2018 di lokasi Batu Bandung ( $04^{\circ}21'36.1''$  LS;  $102^{\circ}57'23.4''$  BT), Manna ( $04^{\circ}26'45.6''$  LS;  $102^{\circ}54'15.4''$  BT), Ulu Manna ( $04^{\circ}17'60.0''$  LS;  $102^{\circ}58'52.2''$  BT), Bunga Mas ( $04^{\circ}30'10.7''$  LS;  $102^{\circ}58'31.2''$  BT), Sulau ( $04^{\circ}32'58.1''$  LS;  $103^{\circ}09'10.4''$  BT), Kanpel Linau ( $04^{\circ}50'19.1''$  LS;  $103^{\circ}24'49.4''$  BT), Tanjung Harapan ( $04^{\circ}37'50.3''$  LS;  $103^{\circ}14'29.1''$  BT), Masmambang ( $04^{\circ}10'06.7''$  LS;  $102^{\circ}42'14.4''$  BT), Rimbo Kedui ( $04^{\circ}05'39.6''$  LS;  $102^{\circ}33'00.5''$  BT), Talang Dantuk ( $04^{\circ}03'41.0''$  LS;  $102^{\circ}32'56.0''$  BT).
3. Data debit aliran sungai Manna bulan Desember 2018 dari Balai Wilayah Sungai Sumatera VII yang berlokasi pada  $04^{\circ}20'12''$  LS dan  $102^{\circ}57'21''$  BT.

4. Data *Digital Elevation Model* (DEM) yang digunakan adalah SRTM USGS (*Shuttle Radar Terrain Mission United State Geological Survey*) resolusi 30 meter (format GeoTIFF).
5. Citra *Landsat 8* resolusi 30 meter.

6. adalah peta jenis tanah yang diperoleh dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSSDL) skala 1 : 250.000.



**Gambar 2.** Kerangka Pemikiran

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu perangkat lunak ArcGIS 10.5, *wradlib* yang berbasis bahasa pemrograman *python*, Hec-GeoHMS, HEC-HMS 4.2, HEC-DSSVue. HEC-Grid Util 2.0.

Ada 3 metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu model meteorologi untuk mengolah data radar dan hujan, model *basin* untuk penentuan metode hidrologi yang digunakan, dan metode statistik untuk analisa data. Metode-metode tersebut dijelaskan sebagai berikut.

Model meteorologi, digunakan untuk mengolah data radar cuaca BMKG Bengkulu dalam ekstensi *volumetric* (.vol) diubah terlebih dahulu ke dalam format netcdf menggunakan aplikasi *wradlib* berbasis *python* [11]. Kemudian data radar diubah ke dalam format grid ascii menggunakan Arc GIS. Setelah itu diubah lagi ke dalam format *Data Storage System* (.dss) menggunakan aplikasi HEC-DSSVue dan HEC-Grid Util, agar dapat diolah menggunakan aplikasi HEC-HMS.

Penentuan nilai curah hujan dilakukan dengan metode yang menghubungkan faktor reflektivitas data radar  $Z$  ( $\text{mm}^6 \text{ M}^{-3}$ ) dengan intensitas curah hujan  $R$  ( $\text{mm h}^{-1}$ ). Pendekatan yang digunakan adalah dengan membuat hubungan antara reflektivitas radar dengan data hujan terukur hasil pencatatan penakar hujan

- [5]. Persamaan umum yang dikenal sebagai hubungan Z-R ditunjukkan pada persamaan 1, dimana  $a$  dan  $b$  adalah konstanta.

$$Z = a R^b \quad (1)$$

Model basin, digunakan untuk inputan model HEC-HMS. Proses ini membutuhkan data DEM, Peta penggunaan lahan, peta jenis tanah dan *LookUp table*. Data DEM diolah menggunakan aplikasi ArcGIS 10.5, HEC-GeoHMS dan Arc-Hydro untuk persiapan deliniasi jaringan sungai dan DAS dengan beberapa tahapan, yaitu *fill sinks*, *flow direction*, *flow accumulation*, *stream definition*, *stream segmentation*, *catchment grid delineation*, *catchment polygon processing*, *drainage line processing*, *new hms project*, *generate project*, *characteristics*, *hsm input/parameter*, *hms schematic*, *prepare data for model export* [12].

Metode pemanfaatan hujan estimasi radar cuaca menjadi debit aliran menggunakan metode kehilangan infiltrasi (*infiltration loss*) yaitu *gridded Soil Conservation Service Curve Number* (*gridded SCS-CN*). Parameter yang digunakan untuk menghitung hujan menjadi aliran pada metode CN adalah jenis tanah, penggunaan lahan, kondisi *Antecedent Moisture Content* (AMC) atau keadaan air tanah sebelumnya [13]. CN adalah bilangan kurva yang nilainya berkisar antara 0 sampai dengan

100. Nilai CN DAS ditetapkan dengan menggunakan nilai rata-rata tertimbang luas DAS. Untuk Das yang memiliki bermacam jenis tanah dan penggunaan lahan nilai CN dihitung berdasarkan kompositnya (CN komposit), nilai CN komposit dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$CN_{komposit} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i CN_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

$CN_{komposit}$  adalah CN komposit yang digunakan untuk menghitung volume limpasan,  $i$  adalah indeks dengan penggunaan lahan dan jenis tanah yang sama,  $CN_i$  adalah CN pada sub-DAS ke- $i$  dan  $A_i$  adalah luasan sub-DAS ke- $i$ .

Perhitungan nilai CN pada metode SCS CN menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Dinas konservasi Tanah Amerika Serikat seperti pada persamaan 3 [14].

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \quad (3)$$

Dimana  $P_e$  adalah Curah Hujan efektif (mm),  $P$  Curah Hujan Total (mm),  $S$  adalah Kapasitas Lapang atau retensi potensial maksimum (mm). Hubungan antara  $S$  dan  $I_a$  digambarkan pada persamaan 4.

$$I_a = 0.2 S \quad (4)$$

Hubungan nilai  $S$  terhadap CN ditunjukkan pada persamaan (5).

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

Nilai CN dipengaruhi berdasarkan laju infiltrasi tanah. Menurut [14] tanah diklasifikasikan menjadi empat kelompok berdasarkan laju infiltrasinya, yaitu A, B, C dan D (Tabel 1). Pada akhirnya nilai CN ditentukan oleh kondisi kelengasan tanah *Antecedent Moisture Content (AMC)* yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Variasi waktu tempuh dari semua sub-DAS ke titik outlet dihitung menggunakan metode ModClark. Model *ModClark* terdiri atas reservoir linear dan kanal linear. Limpasan ditentukan dengan memperhitungkan perpindahan (*translation*) dan penyimpanan (*storage*). Perpindahan pada metode *ModClark* dihitung menggunakan persamaan 6. Dimana  $t_{cell}$  adalah waktu tempuh sel ke outlet,  $t_c$  adalah waktu konsentrasi sub-DAS,  $d_{cell}$  adalah Jarak tempuh sel ke outlet dan  $d_{max}$  adalah jarak tempuh terjauh sel ke outlet.

$$t_{cell} = t_c \times \frac{d_{cell}}{d_{max}} \quad (6)$$

Aliran dasar dihitung menggunakan penurunan eksponensial melalui model resesi seperti persamaan 7.  $Q_t$  adalah aliran dasar pada waktu  $t$ ,  $Q_0$  aliran dasar pada  $t=0$ ,  $K$  konstanta penurunan eksponensial dan  $t$  waktu limpasan terjadi.

$$Q_t = Q_0 \times k^t \quad (7)$$

Metode *routing* merupakan persamaan matematis yang digunakan untuk memprediksi perubahan besaran dan kecepatan aliran yang terjadi [10]. Salah satu metode *routing* yang terdapat pada aplikasi HEC-HMS adalah metode *lag* yang dijelaskan pada persamaan 8. Dimana  $O_t$  adalah *outflow* ordinat hidrograf pada waktu  $t$ ,  $I_t$  *Inflow* ordinat hidrograf pada waktu  $t$ , dan *lag* waktu dimana ordinat *inflow* mengalami *lag*.

$$O_t = \begin{pmatrix} I_t & t < lag \\ I_{t-lag} & t \geq lag \end{pmatrix} \quad (8)$$

Analisis data dilakukan menggunakan metode statistika yaitu melakukan kalibrasi dan validasi Model dengan data observasi. Kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan parameter model yang mendekati sebenarnya. Validasi model dengan melakukan uji statistik terhadap data observasi. Metode statistik yang digunakan adalah RMSE (*Root Mean Square Error*) dan Koefisien Korelasi, dengan penjelasan pada persamaan 9 dan persamaan 10.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i')^2}{n}} \quad (9)$$

Dimana RMSE adalah *Root Mean Square Error*,  $Y_i$  data observasi pada pengamatan ke  $i$ ,  $Y_i'$  data Pengamatan pada pengamatan ke  $i$ ,  $n$  jumlah data.

$$r(x, y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2(y - \bar{y})^2}} \quad (10)$$

Dimana  $r$  adalah koefisien korelasi,  $x$  nilai variabel bebas,  $y$  nilai variabel terikat.

**Tabel 1.** Klasifikasi Jenis Tanah berdasarkan infiltrasi minimum (Soil type classification based on minimum infiltration)

Jenis	Tekstur	Keterangan	Laju infiltrasi (mm/jam)
A	Pasir, Pasir berlempung, lempung berpasir	Limpasan kecil, infiltrasi tinggi	203,2 – 304,8
B	Lempung, lempung berlumpur	Limpasan kecil, infiltrasi sedang	101,6 – 203,2
C	Lempung liat berpasir	Limpasan sedang, infiltrasi rendah	25,4 – 101,6
D	Lempung liat, lempung liat berlumpur, liat berpasir atau liat	Limpasan tinggi, infiltrasi rendah	0,0 -25,4

**Tabel 2.** Kondisi AMC dan batasan jumlah curah hujan (AMC conditions and limits of accumulation rainfall)

AMC	Kondisi Tanah	Total Curah Hujan 5 Hari Sebelumnya (mm)	
		Musim Dorman	Musim Tumbuh
I	Kondisi tanah kering tetapi tidak sampai pada titik layu, pernah ditanami dengan hasil memuaskan.	<13	<35
III	Kondisi rata-rata	13-28	35 – 53
III	Hujan lebat atau ringan dengan suhu rendah telah terjadi dalam lima hari terakhir, tanah jenuh	>28	>53

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hubungan antara reflektivitas radar cuaca (Z) terhadap curah hujan (R) dicari menggunakan persamaan 1. Koefisien a dan b diperoleh dengan menggunakan regresi linier hasil logaritma kedua sisi nya. Data reflektivitas radar cuaca BMKG Bengkulu dan curah hujan observasi dari 10 penakar hujan bulan Desember tahun 2018, digunakan untuk menentukan nilai koefisien a dan b. Hasilnya didapat nilai koefisien a sebesar 2.65 dan b sebesar 1.3. Sehingga persamaan umum Z-R relation pada radar cuaca BMKG di peroleh seperti persamaan 11.

$$Z = 2.65 R^{1.3} \quad (11)$$

Penentuan nilai a dan b pada persamaan 11 tidak memperhitungkan jenis hujan yang terjadi (nilai setiap pixel dianggap sama untuk setiap jenis hujan). Nilai a dan b pada persamaan 11 mendekati dengan persamaan Z-R dengan pendekatan orografis, yaitu masing-masing sebesar 31 dan 1.7 [15]. Dimana proses terbentuknya hujan di wilayah pantai barat sumatera termasuk DAS Manna, didominasi oleh pengaruh orografis karena adanya pegunungan bukit barisan. Sehingga nilai yang dihasilkan menunjukkan hasil yang lebih mendekati.

Persamaan 11 digunakan untuk mencari nilai curah hujan estimasi radar cuaca BMKG Bengkulu di wilayah DAS Manna. Gambaran hujan estimasi radar cuaca secara spasial ditunjukkan pada gambar 3.

Curah hujan estimasi dilakukan uji statistik sederhana menggunakan koefisien korelasi (r) pada pos hujan yang berada di DAS Manna, yaitu pada pos hujan Ulu Manna, Batu Bandung, dan Manna. Hasil uji statistik menunjukkan

korelasi (r) antara curah hujan estimasi radar cuaca terhadap curah hujan pengamatan sebesar 0.98 untuk lokasi penakar hujan Batu Bandung, 0.97 untuk penakar hujan Manna, dan 0.96 untuk Ulu Manna (Gambar 4).

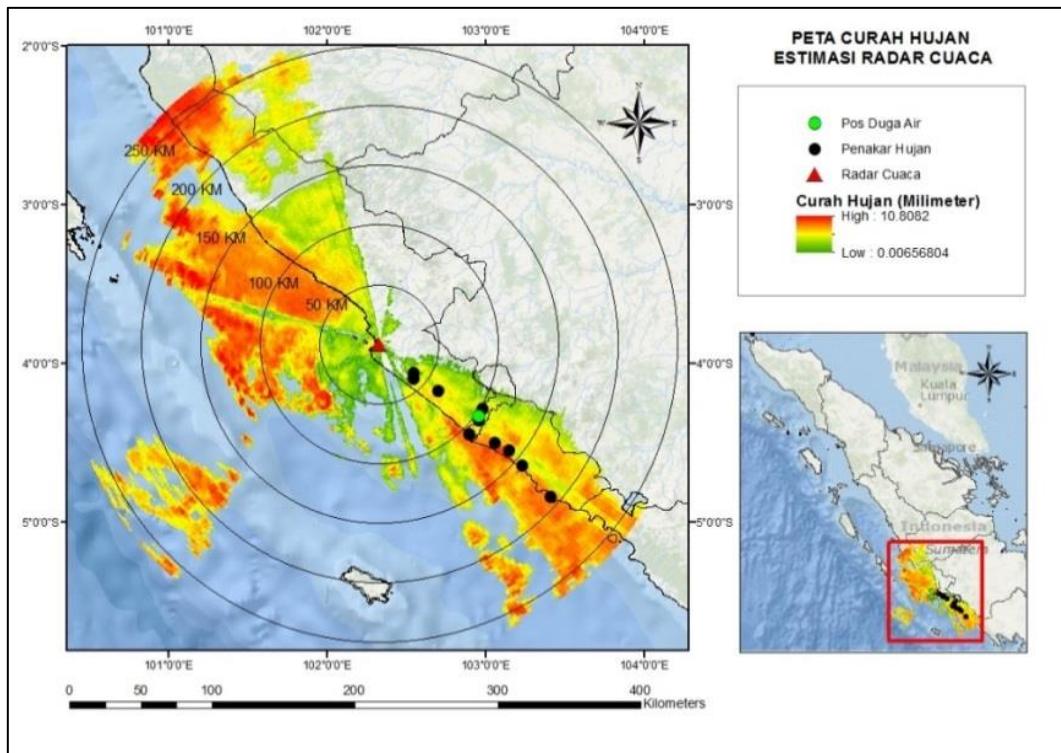
Data curah hujan estimasi radar cuaca kemudian dikonversi dalam format ascii (.asc) selanjutnya di generate ke dalam format *data storage system* (.dss), agar dapat diolah menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Proses pengolahan data dari format (.ascii) ke (.dss) menggunakan menu *Generate DSS from ASCII grid* pada aplikasi HEC-GeoHMS. *Data Storage System* (.dss) yang masih berupa data *single grid* atau hanya menunjukkan satu waktu saja, disatukan menjadi satu file data (.dss) *grid set* menggunakan aplikasi HEC-GridUtil (Gambar 5). Setelah menjadi data *grid set*, data radar telah siap di input ke dalam aplikasi HEC-HMS.

Hasil perhitungan peta penggunaan lahan dan peta jenis tanah DAS Manna, dengan batasan nilai pada kondisi AMC diperoleh peta Bilangan Kurva (Curve Number) untuk DAS Manna seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

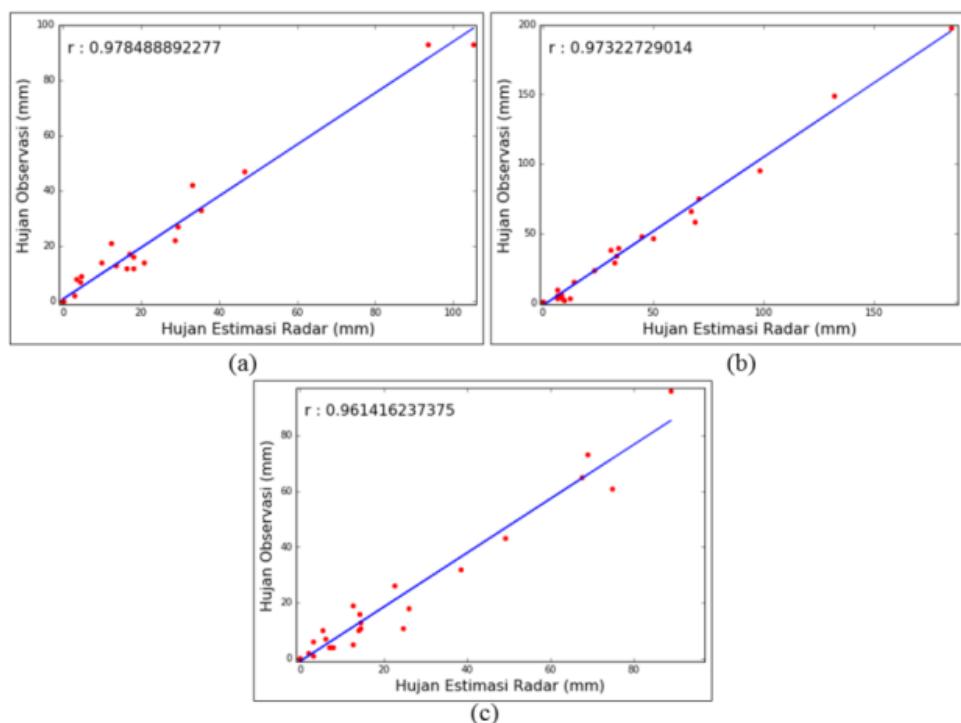
DAS Manna didominasi jenis tanah tipe C, yang memiliki luas sekitar 363.77 km<sup>2</sup> atau 50.49% dari total keseluruhan DAS Manna (lihat Tabel 4.2). Jenis tanah tipe D memiliki luas sekitar 267.61 km<sup>2</sup> atau 37.14%. Jenis tanah tipe A memiliki luas sekitar 52.36 km<sup>2</sup> atau 7.27 %, dan jenis tanah tipe B memiliki luas sekitar 36.81 atau 5.11%. Dari hasil analisis citra diperoleh bahwa DAS Manna didominasi oleh pertanian lahan kering dengan luas lahan 427.02 km<sup>2</sup> atau 59,26% dari total luas wilayah. Hutan sekunder menempati urutan kedua seluas 164.82 km<sup>2</sup> (22.87 %). Hutan primer memiliki luas wilayah 74.13 km<sup>2</sup> (10.29%). Semak belukar seluas 33.12 km<sup>2</sup> (4.60%). Kebun seluas

13.01 km<sup>2</sup> (1.81%). Permukiman seluas 7.87 km<sup>2</sup> (1.09%). Yang terakhir adalah hutan tanaman seluas 0.58 km<sup>2</sup> (0.08%). Hasil

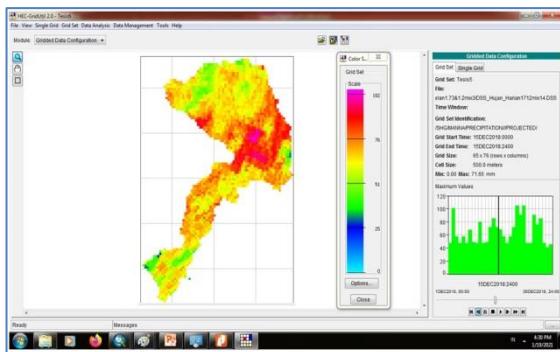
pengolahan data penggunaan lahan dan jenis tanah sesuai kondisi AMC, maka diperoleh peta bilangan kurva (*curve number*).



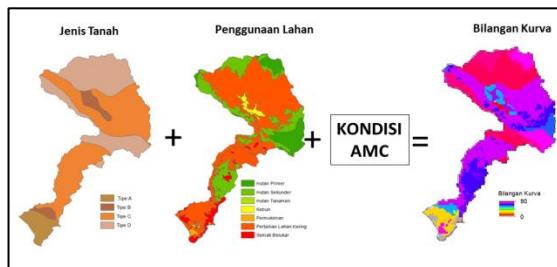
**Gambar 3.** Peta curah hujan estimasi radar cuaca bengkulu tanggal 22 Desember 2018 pukul 16.30 hingga 17.00 UTC berdasarkan persamaan Z-R.  
(sumber: data diolah)



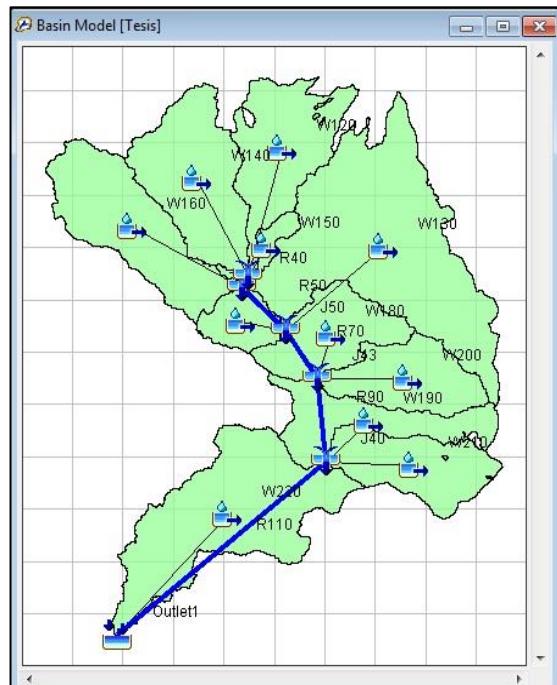
**Gambar 4.** Korelasi hujan harian estimasi radar cuaca terhadap hujan observasi pada penakar hujan Batu Bandung (a), Manna (b) dan Ulu Manna (c)  
(sumber: data diolah)



**Gambar 5.** Data hujan radar cuaca dalam format grid set untuk masukan model meteorologi pada HEC-HMS  
(sumber: data diolah)



**Gambar 6.** Proses pembuatan peta bilangan kurva  
(sumber: data diolah)



**Gambar 7.** Hasil proses deliniasi jaringan sungai dan DAS.  
(sumber: data diolah)

Proses deliniasi DAS dan jaringan sungai pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.5 dengan ekstensi Hec-GeoHMS dan Arc-Hydro. Hasilnya, diperoleh 11 Sub-DAS yang dinamai dengan awalan huruf "W", aliran sungai, titik tengah Sub-DAS, dan aliran sungai

terjauh (Gambar 7). Titik *outlet* ditetapkan berdasarkan lokasi Pos Duga Air milik Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatera VII tempat pengamatan debit aliran dilakukan.

Model HEC-HMS ditentukan parameter awal model sesuai metode yang dipilih. Parameter yang dipilih untuk masukan model HEC-HMS pada tiap Sub-DAS. Parameter awal setiap Sub-DAS pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Gambar 8 merupakan hidrograf harian DAS Manna bulan Desember 2018 hasil simulasi. Hasil menunjukkan debit hasil simulasi menunjukkan pola yang hampir mirip dengan debit pengamatan, namun simpangan nilai debit simulasi terhadap debit pengamatan masih cukup besar. Pola hujan yang terjadi masih mengikuti pola fluktuasi debit pengamatan. Hal ini menunjukkan curah hujan akumulasi harian grid radar cuaca sangat baik menunjukkan pola fluktuasi debit harian di DAS Manna.

Setelah dilakukan kalibrasi mendapatkan nilai parameter-parameter baru seperti yang ditampilkan pada Tabel 4. Diperoleh hidrograf yang baru seperti ditampilkan pada Gambar 9. Proses kalibrasi berhasil memperoleh nilai debit simulasi yang lebih mendekati nilai debit pengamatan. Pola debit simulasi setelah dikalibrasi juga semakin mendekati pola debit pengamatan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap perubahan nilai estimasi debit sebelum dan sesudah dikalibrasi adalah parameter *storage coefficient* pada metode ModClark dan *initial discharge, recession constant, ratio to peak* pada metode *baseflow* atau aliran dasar.

Proses terakhir adalah melakukan validasi data debit hasil simulasi terhadap data debit pengamatan. Hasil uji validasi sebelum dilakukan kalibrasi diperoleh nilai RMSE sebesar 11.99 m<sup>3</sup>/detik dan korelasi (r) sebesar 0.95 (Gambar 10.a). Nilai RMSE ini dinilai masih terlalu besar untuk simulasi debit, mengingat aliran debit rata hanyalah sebesar 36.29. Setelah dilakukan kalibrasi terhadap semua parameter-parameter model yang dapat mempengaruhi perubahan hidrograf, diperoleh debit hasil simulasi lebih mendekati nilai observasi dengan RMSE sebesar 4.37 m<sup>3</sup>/detik dan korelasi (r) sebesar 0.95 (Gambar 10.b). Nilai maksimum debit pengamatan sebesar 91.7 M<sup>3</sup>/detik, yang terjadi pada tanggal 27 Desember 2018, sedangkan debit yang dihasilkan sebelum kalibrasi sebesar 73,5 M<sup>3</sup>/detik yang terjadi pada

tanggal 23 Desember 2018. Hasil debit simulasi setelah dikalibrasi sebesar  $82.5 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang terjadi pada tanggal 27 Desember 2018. Hal ini menunjukkan debit hasil setelah proses kalibrasi

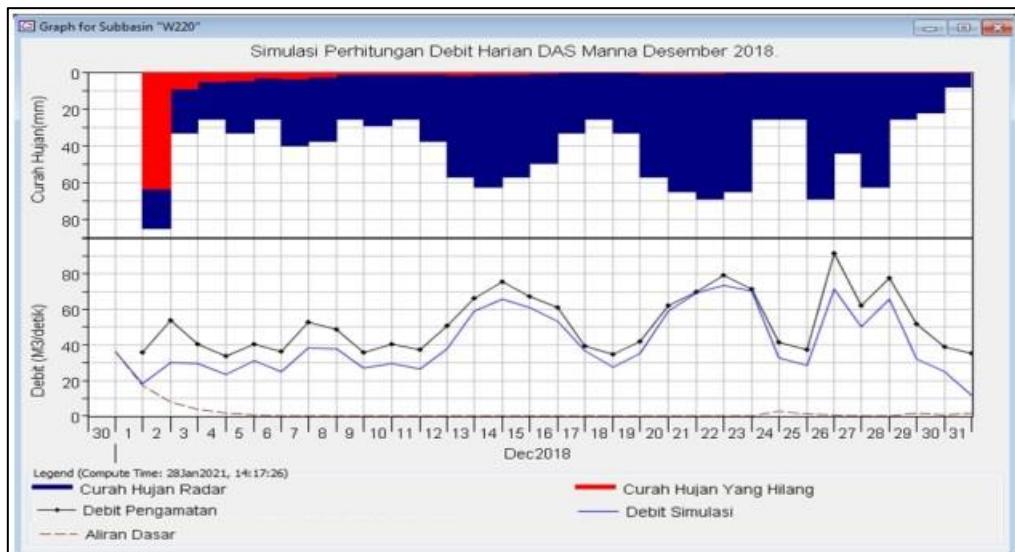
menunjukkan nilai puncak yang lebih mendekati pengamatan, baik dari segi kuantitas dan waktu kejadiannya.

**Tabel 3.** Parameter model HEC-HMS sebelum kalibrasi (sumber: data diolah)

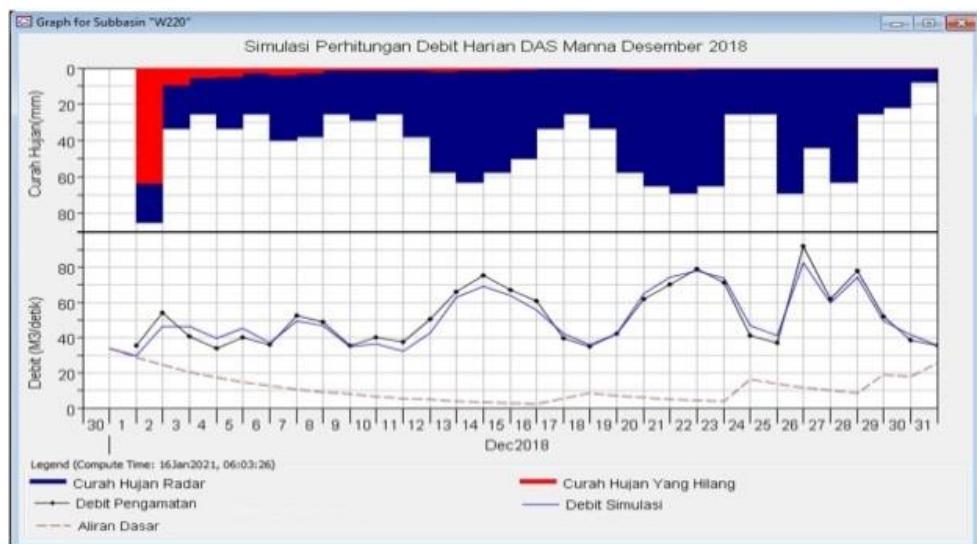
No	Sub DAS	Initial Abstraction (mm)	Curve Number	Impervious %	Time of Concentration (Jam)	Storage Coefficient (Jam)	Initial Discharge ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )	Recession Constant	Ratio to Peak
1	W220	61.86	75.98	4.23	3.35	1.53	36.29	0.47	0.52
2	W210	60.60	77.44	0.54	1.18	3.16	36.29	0.47	0.52
3	W200	63.38	74.29	2.55	0.66	1.29	36.29	0.47	0.52
4	W190	62.89	74.83	1.77	1.07	0.08	36.29	0.47	0.52
5	W180	62.46	75.31	4.62	0.63	1.87	36.29	0.47	0.52
6	W170	62.30	75.48	3.13	0.5	0.22	36.29	0.47	0.52
7	W160	61.22	76.72	2.95	1.8	0.47	36.29	0.47	0.52
8	W150	62.48	75.29	5.89	0.24	0.85	36.29	0.47	0.52
9	W140	59.78	78.43	3.72	1.3	0.48	36.29	0.47	0.52
10	W130	61.18	76.76	4.11	1.4	0.93	36.29	0.47	0.52
11	W120	59.47	78.80	3.55	1.09	4.07	36.29	0.47	0.52

**Tabel 4.** Parameter masukan model HEC-HMS setelah kalibrasi (sumber: data diolah)

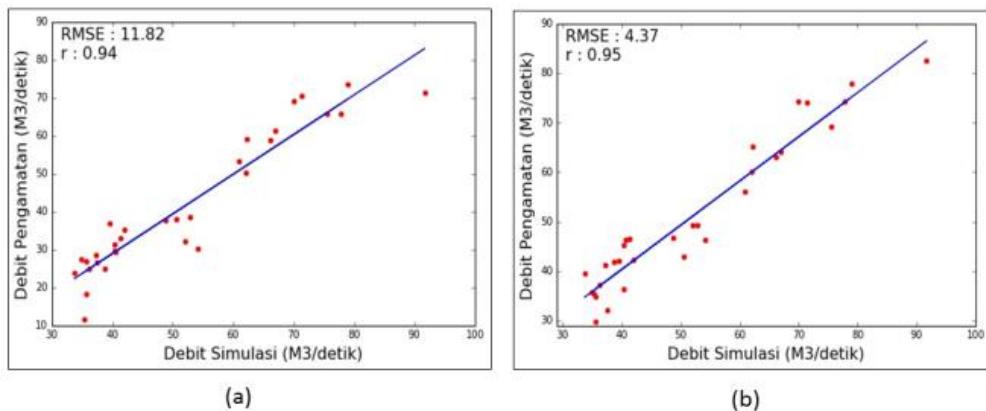
No	Sub DAS	Initial Abstraction (mm)	Curve Number	Impervious %	Time of Concentration (Jam)	Storage Coefficient (Jam)	Initial Discharge ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )	Recession Constant	Ratio to Peak
1	W220	61.86	75.98	4.23	3.35	0.11	33.74	0.85	0.64
2	W210	60.60	77.44	0.54	1.18	0.21	33.74	0.85	0.64
3	W200	63.38	74.29	2.55	0.66	0.13	33.74	0.85	0.64
4	W190	62.89	74.83	1.77	1.07	0.14	33.74	0.85	0.64
5	W180	62.46	75.31	4.62	0.63	0.15	33.74	0.85	0.64
6	W170	62.30	75.48	3.13	0.5	0.16	33.74	0.85	0.64
7	W160	61.22	76.72	2.95	1.8	0.11	33.74	0.85	0.64
8	W150	62.48	75.29	5.89	0.24	0.13	33.74	0.85	0.64
9	W140	59.78	78.43	3.72	1.3	0.11	33.74	0.85	0.64
10	W130	61.18	76.76	4.11	1.4	0.14	33.74	0.85	0.64
11	W120	59.47	78.80	3.55	1.09	0.12	33.74	0.85	0.64



**Gambar 8.** Debit hasil simulasi sebelum dikalibrasi. (sumber: data diolah)



**Gambar 9.** Debit hasil simulasi setelah dikalibrasi.  
(sumber: data diolah)



**Gambar 10.** Validasi debit sebelum (a) dan setelah kalibrasi (b).  
(sumber: data diolah)

#### 4. Kesimpulan

Perhitungan antara curah hujan pengamatan pada alat pos-pos hujan dan terhadap reflektivitas radar cuaca Bengkulu menghasilkan persamaan  $Z=2,65R^{1,3}$ . Curah

hujan estimasi radar cuaca Bengkulu dalam bentuk grid dapat digunakan untuk simulasi debit DAS Manna menggunakan model HEC-HMS. Hasil menunjukkan debit hasil simulasi menggunakan metode *Gridded SCS CN*, *ModClark*, *Recession* dan *Lag* menghasilkan nilai RMSE sebesar  $11,99 \text{ m}^3/\text{detik}$  sebelum dikalibrasi, dan RMSE sebesar  $4.37 \text{ m}^3/\text{detik}$  setelah dikalibrasi. Selain itu, curah hujan estimasi radar cuaca memiliki pola yang sama dengan fluktuasi debit harian DAS Manna.

#### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini.

Terutama Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG).

#### Daftar Pustaka

- [1] BPDAS Ketahun. (2012). Naskah Rencana Pengelolaan DAS Manna Buku II. Bengkulu.
- [2] B. Trisakti, K. Teguh, and Susanto. (2008). "Kajian Distribusi Spasial Debit Aliran Permukaan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Data Satelit Penginderaan Jauh," *J. Penginderaan Jauh*, vol. 5, pp. 45–55.
- [3] B. C. Hoblit and D. C. Curtis. (2001) "Integrating Radar Rainfall Estimates with Digital Elevation Models and Land Use Data to Create an Accurate Hydrologic Model," in *Floodplain Management Association Spring 2001 Conference*, 2001, no. 1, pp. 1–9.
- [4] P. Gilewski and M. Nawalany. (2018) "Inter-Comparison of Rain-Gauge, Radar, and Satellite (IMERG GPM) Precipitation Estimates Performance for Rainfall-Runoff Modeling in a Mountainous Catchment in Poland," *Water*, vol. 10, pp. 1–23, doi: 10.3390/w10111665.
- [5] Munawar. (2016). "Pemodelan Spasiotemporal Prediksi Curah Hujan Ekstrem Berdasarkan Integrasi Data Radar Dan Satelit Cuaca Di Provinsi Jawa Timur," *Universitas Gadjah Mada*.
- [6] N. Joshi, A. Bista, I. Pokhrel, A. Kalra, and S. Ahmad.

- (2019). "Rainfall-Runoff Simulation in Cache River Basin, Illinois, Using HEC-HMS," in World Environmental and Water Resources Congress 2019, 2019, pp. 348–360.
- [7] K. Ibrahim-Bathis and S. A. Ahmed. (2016). "Rainfall-runoff modelling of Doddahalla watershed—an application of HEC-HMS and SCN-CN in ungauged agricultural watershed," *Arab. J. Geosci.*, vol. 9, no. 3, pp. 1–16, doi: 10.1007/s12517-015-2228-2.
- [8] X. M. Song, F. Z. Kong, and Z. X. Zhu. (2016). "Application of Muskingum routing method with variable parameters in ungauged basin," *Water Sci. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, doi: 10.3882/j.issn.1674-2370.2011.01.001.
- [9] D. Halwatura and M. M. M. Najim. (2013). "Environmental Modelling & Software Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment," *Environ. Model. Softw.*, vol. 46, pp. 155–162, doi: 10.1016/j.envsoft.2013.03.006.
- [10] M. L. Anderson. (2002). "Coupling HEC-HMS with Atmospheric Models for Prediction of Watershed Runoff," *J. Hydrol. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 312–318, doi:10.1061/ASCE1084-069920027:4312.
- [11] D. S. Permana, T. D. F. Hutapea, A. S. Praja, F. Fatkhuroyan, and L. F. Muzayanah. (2016). "Pengolahan Dan Pemulihan Data Radar Cuaca Menggunakan Wradlib Berbasis Python," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 17, no. 3, doi: 10.31172/jmg.v17i3.350.
- [12] USACE. US Army Corp of Engineers, Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual, vol. 1, no. Agusto. 2016.
- [13] A. Wardhana. (2017). "Pendugaan debit aliran memanfaatkan radar cuaca dan model hidrologi di das ciliwung hulu (kasus stasiun katulampa) ali wardhana," Institut Pertanian Bogor.
- [14] NRCS USDA. (1986). National Resources Conservation Service United States Department of Agriculture, "Urban Hydrology for Small Watershed," no. Technical Release 55.
- [15] D. Blanchard. (1953). "Raindrop Size Distribution in Hawaiian Rain," *J. Meteorol.*, vol. 10, pp. 457–473,