

**PROYEKSI HIDROGRAF BANJIR BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN DAN TUTUPAN
LAHAN DAS DAYEUKHKOLOT**

***FLOOD HYDROGRAPH PROJECTION BASED ON RAINFALL AND LAND COVER DATA IN THE
DAYEUKHKOLOT WATERSHED***

**Ronny Eka Putra^{*1}, Faizal Immaddudin Wira Rohmat², Dhermi Harlan³, Rangga Fernando⁴, Verryn
Aisha Uzhelia⁵, Sicilia Afriyani⁶, Wiliya⁷**

^{1,4,5,6,7}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang

^{2,3}Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Korespondensi: ronnyepu01@gmail.com

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di DAS Dayeuhkolot, Sub-DAS Citarum, akibat curah hujan tinggi dan perubahan tutupan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan hidrograf banjir DAS Dayeuhkolot berdasarkan data curah hujan satelit dan perubahan tutupan lahan hingga tahun 2100. Data curah hujan yang digunakan berasal dari GSMaP periode 2018–2022 yang dikalibrasi menggunakan metode quantile mapping agar sesuai dengan data observasi lapangan. Data debit sungai diperoleh dari pos pemantauan AWLR PJT II. Analisis tutupan lahan dilakukan menggunakan Sentinel-2 untuk periode 2017–2021, kemudian diprediksi hingga tahun 2100 menggunakan Malaccha. Pemodelan hujan–debit dilakukan dengan aplikasi HEC-HMS menggunakan metode Hidrograf Satuan Soil Conservation Service (SCS). Kinerja model dievaluasi menggunakan Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) dan Root Mean Square Error (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 12 kejadian banjir yang dianalisis, 6 model memenuhi kriteria dengan nilai $NSE > 0,36$. Prediksi tutupan lahan hingga tahun 2100 menunjukkan perubahan kecil pada kelas hutan yang menyebabkan peningkatan nilai Curve Number dari 76,90 menjadi 77,00. Perubahan tersebut berdampak pada peningkatan debit puncak banjir sebesar 0,33% dari tahun 2021 ke tahun 2100. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap karakteristik hidrograf banjir dan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan mitigasi banjir di DAS Dayeuhkolot.

Kata Kunci: Banjir, DAS Dayeuhkolot, GSMaP, HEC-HMS, Tutupan lahan.

ABSTRACT

Flooding is a frequent hydrometeorological disaster in the Dayeuhkolot Watershed, a sub-watershed of the Citarum River Basin, caused by high rainfall intensity and land cover changes. This study aims to project flood hydrographs in the Dayeuhkolot Watershed based on satellite rainfall data and land cover changes up to the year 2100. Rainfall data were obtained from GSMaP for the period 2018–2022 and calibrated using the quantile mapping method to match observed rainfall characteristics, while river discharge data were collected from the AWLR monitoring station operated by PJT II. Land cover analysis was conducted using Sentinel-2 imagery for the period 2017–2021 and projected to the year 2100 using the Malaccha method. Rainfall–runoff modeling was performed using the HEC-HMS software with the Soil Conservation Service (SCS) Synthetic Unit Hydrograph method. Model performance was evaluated using Nash–Sutcliffe Efficiency (NSE) and Root Mean Square Error (RMSE). The results show that out of 12 flood events analyzed, six models met the performance criteria with NSE values greater than 0.36. Land cover projections to 2100 indicate minor changes in forest areas, leading to an increase in the Curve Number value from 76.90 to 77.00, which resulted in a 0.33% increase

in peak flood discharge from 2021 to 2100. These findings demonstrate that land cover changes influence flood hydrograph characteristics and can serve as a basis for flood mitigation planning in the Dayeuhkolot Watershed.

Keywords: Dayeuhkolot Watershed, Flood, GSMaP, HEC-HMS, land cover.

PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia dan salah satu wilayah rawan terdampak adalah DAS Dayeuhkolot, bagian dari Sub-DAS Citarum. Kejadian banjir di wilayah ini dipengaruhi oleh curah hujan tinggi serta perubahan tutupan lahan yang meningkatkan limpasan permukaan dan debit sungai. Keterbatasan data curah hujan observasi menjadikan data satelit Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) sebagai alternatif, namun diperlukan proses kalibrasi agar data satelit sesuai dengan kondisi lapangan, salah satunya menggunakan metode *quantile mapping*.

Pemodelan hujan-debit menggunakan HEC-HMS dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (SCS) digunakan untuk menganalisis respon hidrologi DAS terhadap curah hujan. Perubahan tutupan lahan dianalisis melalui nilai Curve Number (CN) dan diproyeksikan hingga tahun 2100 menggunakan Malaccha. Kinerja model dievaluasi menggunakan Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) dan Root Mean Square Error (RMSE). Penelitian ini bertujuan memproyeksikan hidrograf banjir DAS Dayeuhkolot berdasarkan data curah hujan dan perubahan tutupan lahan sebagai dasar pendukung mitigasi banjir.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Curah Hujan

Tahapan analisis curah hujan meliputi pengumpulan data curah hujan dan pengolahan data curah hujan. Data curah hujan yang diperoleh akan menjadi curah hujan regional. Luas area dampak rata-rata untuk setiap stasiun curah hujan didasarkan pada poligon yang terbentuk. Berdasarkan Persamaan 1, curah hujan regional dirumuskan menggunakan metode poligon Thiessen.

$$d = \frac{d_1A_1 + d_2A_2 + d_nA_n}{A} \quad (1)$$

Dimana :

A = Luas (km²)

d = Tinggi Curah hujan rata - rata

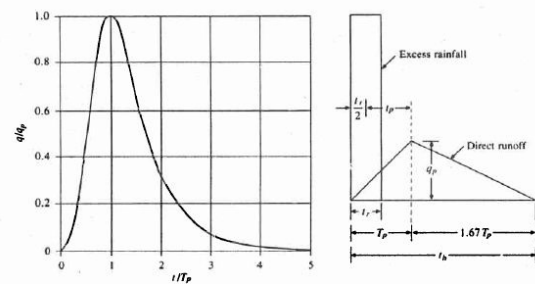
d₁, d₂, ..., d_n = jumlah curah hujan per stasiun (mm)

A₁, A₂, ..., A_n = luas pengaruh pos 1, 2, N

Permodelan Hujan Debit

Parameter yang termasuk dalam model adalah luas daerah aliran sungai, kehilangan, waktu tunda, dan aliran dasar. Model hidrologi secara sederhana mewakili sistem hidrologi yang kompleks model hidrologi untuk memodelkan kondisi daerah aliran sungai dalam bentuk jaringan aliran. Daerah tangkapan air adalah daerah yang menyediakan sistem sungai dan waduk .

Metode HSS Soil Conservation Service (SCS) pada gambar 1 digunakan untuk melakukan analisis hidrografi. Metode SCS sintesis satuan hidrograf adalah hidrograf tak berdimensi untuk menyediakan bentuk standar hidrograf satuan.



Gambar 1 Hidrograf Satuan SCS

Sumber : Ven Te Chow (1988)

HEC – HMS

Model HEC-HMS dikembangkan oleh Korps Angkatan Darat AS dan digunakan dalam banyak simulasi hidrologi. Model HEC-HMS dapat diterapkan pada analisis banjir perkotaan, frekuensi banjir, perencanaan sistem peringatan banjir, kapasitas luapan waduk, pemulihan aliran .

Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan untuk menentukan keberhasilan model dalam merepresentasikan aliran sungai menggunakan koefisien efisiensi dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dari model *Nash-Sutcliffe* (NSE) menggunakan persamaan 2 dan 3.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=0}^n (Q_s(t) - Q_o(t))^2}{\sum_{t=1}^n (Q_s(t) - \bar{Q}_0)^2} \quad (2)$$

Dimana :

Q_s(t) = debit simulasi

$Q_o(t)$ = debit observasi
 Q_o = debit observasi rata – rata
 N = banyak data

Tabel 1 Kriteria Nilai NSE

NSE	Intrepretasi
$NSE > 0.75$	Baik
$0.36 < NSE < 0.75$	Memenuhi
$NSE < 0.36$	Tidak memenuhi

Kalibrasi dilakukan hingga mendapatkan nilai NSE lebih dari 0,36 [1].

Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (x_t - y_t)^2}{N}} \quad (3)$$

Dimana :

X_i = data aktual

Y_i = data estimasi

N = banyak data

Tutupan Lahan

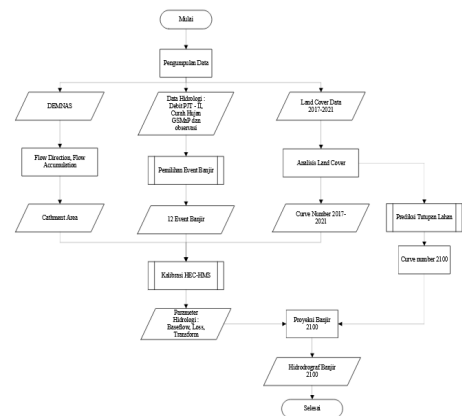
Tutupan lahan berguna untuk mengetahui karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan tata guna lahan dengan bilangan kurva air larian CN (runoff curve number) yang menunjukkan potensi aliran untuk curah hujan tertentu [2].

Metoda Prediksi Malaccha

Prediksi metode malaccha dengan menggunakan data yang ada kemudian diubah menjadi bentuk matriks Markov, Kemudian didapatkan matriks transisi [3].

METODE

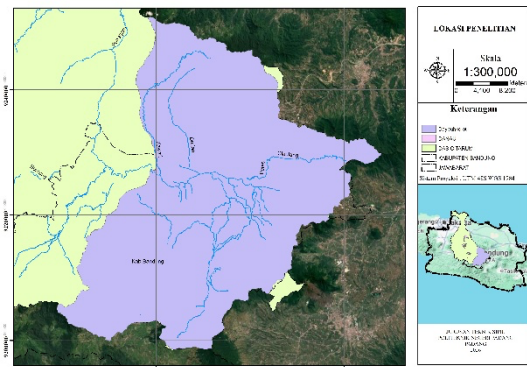
Pada Penelitian Ini dilakukan empat tahap dapat dilihat pada bagan alir pada gambar .Dimana tahap pertama Adalah menyamakan model hidrograf banjir yang didapatkan datanya dari AWLR dan data curah hujan yang di dapat dari GSMAP,Tahap kedua yaitu melakukan klasifikasi tutupan lahan untuk mengetahui nilai *Curve Number* dan menklaibrasi nilai yang didapat dari model yang dibua pada aplikasi HEC – HMS, Tahap ketiga yaitu melakukan prediksi tutupan lahan DAS Dayeuhkolot dan tahap terakhir yaitu membuat model prediksi hidrograf banjir pada DAS Dayeuhkolot



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
 Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian adalah DAS Dayeuhkolot dapat dilihat pada gambar yang merupakan sub-DAS Citarum. DAS Dayeuhkolot memiliki luas ± 1.410,50 km²



Gambar 3 Lokasi Penelitian
 Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Pengumpulan Data

Pada Penelitian ini Data satelit yang digunakan adalah GSMAP. Data ketinggian air dan debit menggunakan data dari PJT - II (Perum Jasa Tirta II). Data dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang digunakan diperoleh dari GSMaP.
2. Citra Sentinel 2 digunakan dalam penelitian ini untuk data tutupan laan
3. Data observasi debit yang diperoleh dari pos pemantauan ALWR di Dayeuhkolot.

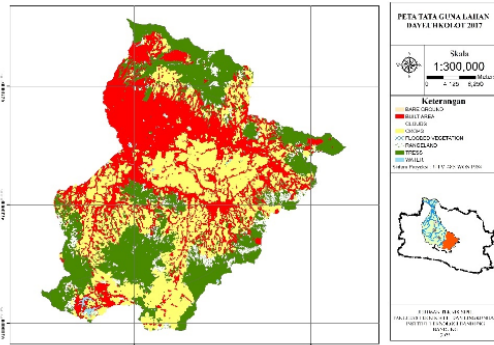
Alat :

1. Software Arcgis 10.8
2. HEC - HMS 4.9
3. R Studio

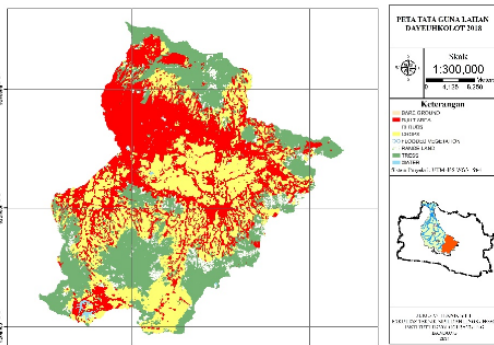
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan Lahan

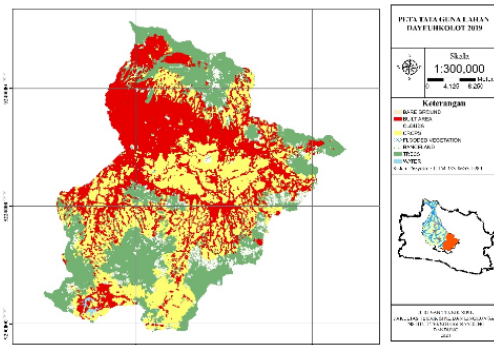
Data tutupan lahan yang di download pada website sentinel kemudian dilakukan klasifikasi tutupan lahan menggunakan aplikasi ArcGIS sesuai tabel .Peta tutupan lahan tahun 2017 – 2021 dapat dilihat dari gambar 4 sampai dengan gambar 8.



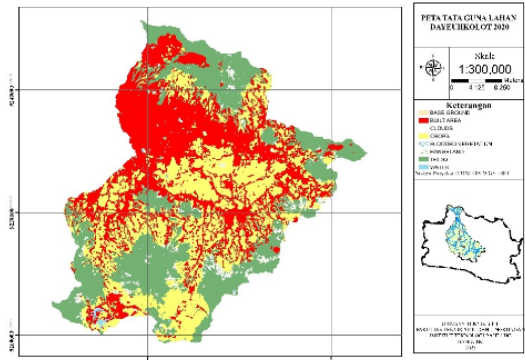
Gambar 4 Peta Tutupan Lahan tahun 2017
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



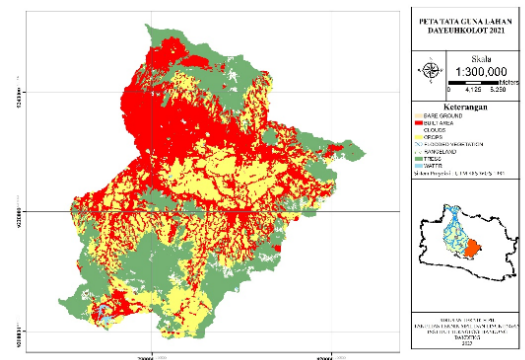
Gambar 5 Peta tutupan lahan tahun 2018
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



Gambar 6 Peta tutupan lahan tahun 2019
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

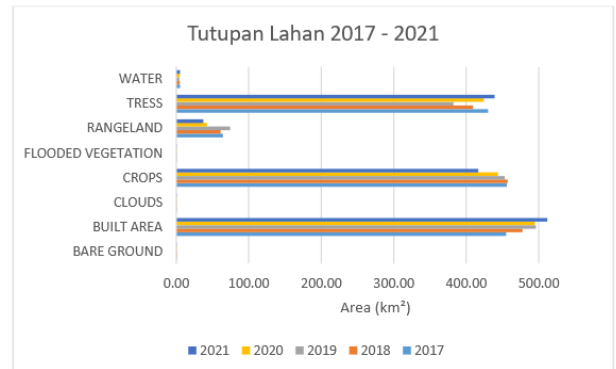


Gambar 7 Peta tutupan lahan tahun 2020
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



Gambar 8 Peta tutupan lahan tahun 2021
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Dapat dilihat dari gambar terdapat perubahan tutupan lahan, untuk lahan yang berubah seperti area terbangun, hutan dan vegetasi. Perubahan tutupan lahan dapat dilihat pada gambar dan tabel



Gambar 9 Grafik perubahan tutupan lahan tahun 2017- 2021
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Tabel 2 Perubahan tutupan Lahan tahun 2017 - 2021

Classification	2017	2018	2019	2020	2021
BARE GROUND	0.39	0.51	0.8	0.77	0.43
BUILT AREA	454.64	477.24	495.81	494.59	511.9
CLOUDS	0.07	0	0	0.07	0.14
CROPS	455.59	457.3	453.08	443.46	416.66
FLOODED VEGETATION	0.28	0.17	0.17	0.15	0.08
RANGELAND	64.24	61.23	74.1	42.36	37.15
TRESS	430.13	409.29	382.28	424.24	439.04
WATER	5.15	4.75	4.26	4.85	5.1
Grand Total	1410.5	1410.5	1410.5	1410.5	1410.5

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Untuk mencari nilai *Curve Number* dilakukan analisis dengan mengabungkan peta jenis tanah dan peta ktutupan lahan yang diolah di aplikasi arcgis. Untuk nilai *Curve Number* dapat di lihat pada tabel 3

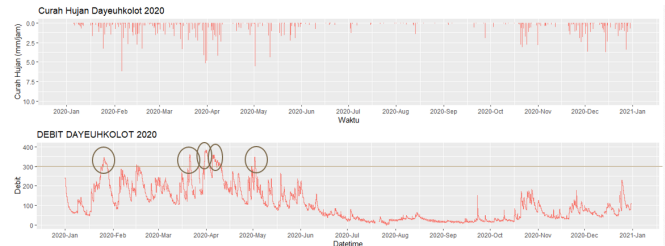
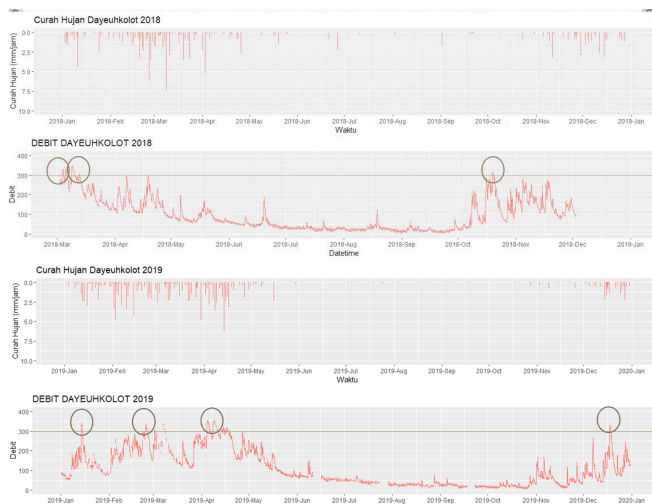
Tabel 3 Rekap Nilai Curve Number tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021
CN	75.83	76.35	77.41	77.14	76.9

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Analisa Debit Banjir AWLR PJT – II

Dari data yang telah didapatkan, yaitu data curah hujan dan data debit, dilakukan analisis data. Setelah dilakukannya Analisa data debit banir dengan asumsi bahwa debit air yang melebihi 300 m³/s banjir di daerah dayeuhkolot. Maka terdapat 12 kejadian banjir dengan debit melibih 300 m³/s. dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Data Curah Hujan Dan Debit Tahun 2018 – 2020

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Dari total 12 kejadian banjir yang memenuhi kriteria. Untuk rekapan hasil debit yang melebihi dari 300 m³/s dapat dilihat pada tabel 4

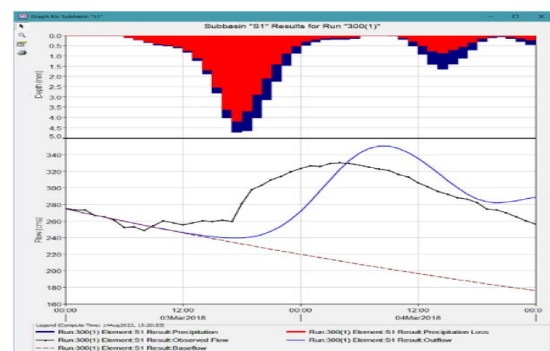
Tabel 4 Rekap Debit > 300 m³/s dari tahun 2018 - 2022

No	tanggal	debit (m ³ /s)
1	03-03-2018 s/d 05-03-2018	330.198
2	08-03-2018 s/d 11-03-2018	347.494
3	19-10-2018 s/d 21-10-2018	315.373
4	13-01-2019 s/d 15-01-2019	339.258
5	23-02-2019 s/d 25-02-2019	331.845
6	06-04-2019 s/d 10-04-2019	295.605*
7	17-12-2019 s/d 19-12-2019	331.022
8	25-01-2020 s/d 29-01-2020	346.671
9	20-03-2020 s/d 22-03-2020	360.672
10	30-03-2020 s/d 03-03-2020	382.91
11	04-04-2020 s/d 06-04-2020	359.025
12	01-05-2020 s/d 03-05-2020	348.318

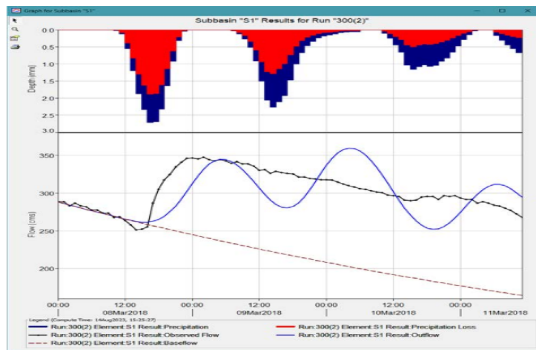
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Permodelan Hujan Debit

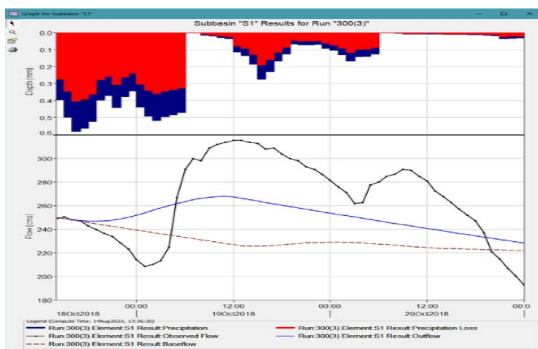
Permodelan hujan debit dibuat menggunakan aplikasi HEC – HMS. Data yang digunakan yaitu data curah hujan dari GSMaP, data debit AWLR dan data *Curve Number* dari Analisa sebelumnya



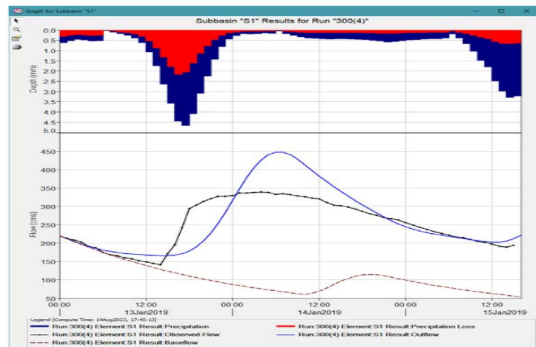
Gambar 11 Kejadian 1
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



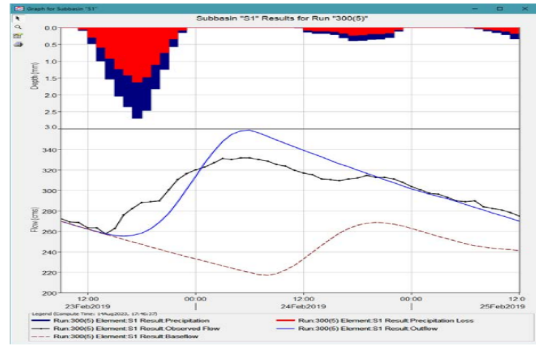
Gambar 12 Kejadian 2
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



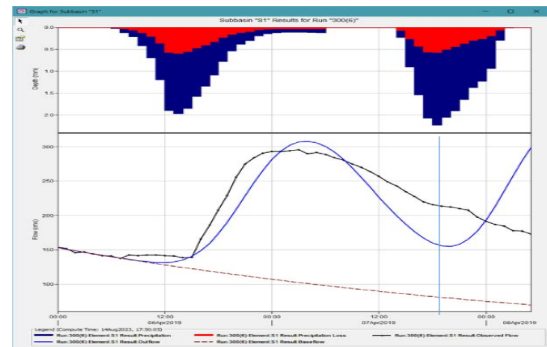
Gambar 13 Kejadian 3
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



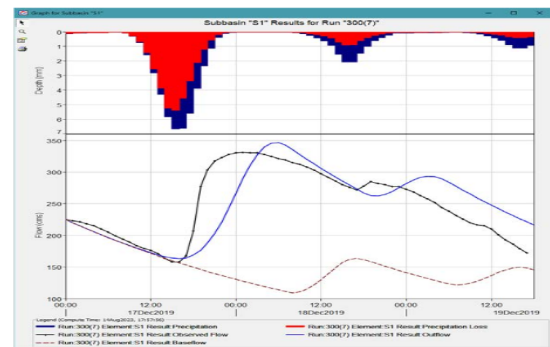
Gambar 1 Kejadian 4
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



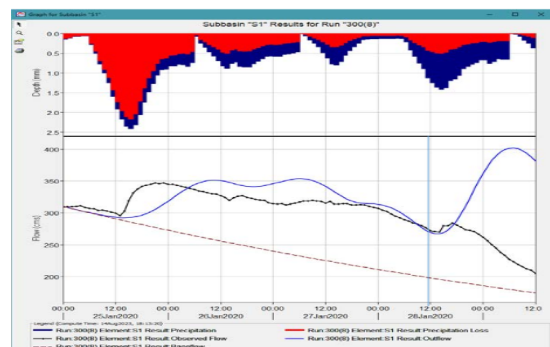
Gambar 15 Kejadian 5
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



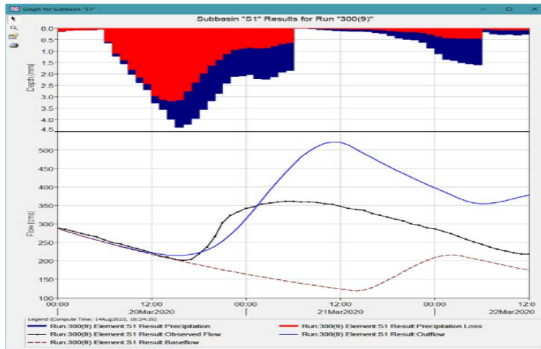
Gambar 16 Kejadian 6
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



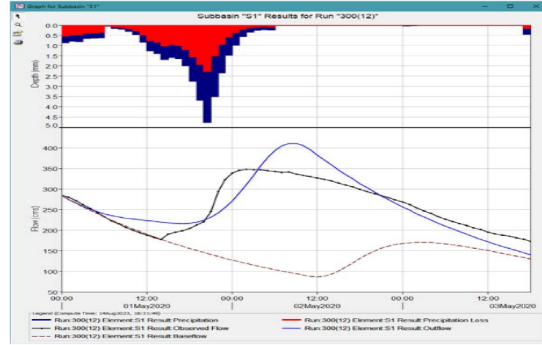
Gambar 17 Kejadian 7
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



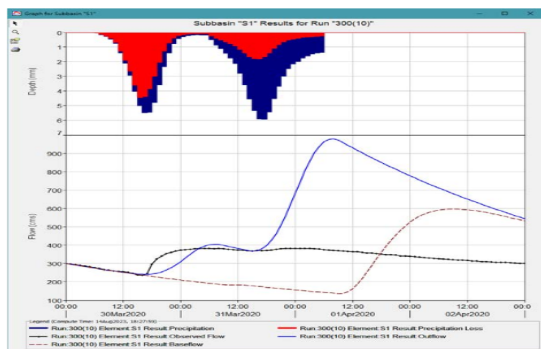
Gambar 18 Kejadian 8
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



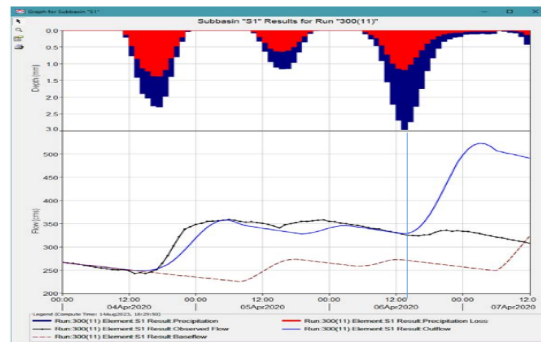
Gambar 19 Kejadian 9
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



Gambar 22 Kejadian 12
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



Gambar 20 Kejadian 10
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



Gambar 21 Kejadian 11
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Dari 12 model yang telah diujikan, Hanya 6 model yang memenuhi kriteria yang memiliki nilai NSE diatas 0,36. Rincian hasil evaluasi model dapat dilihat pada tabel 5 yang mencakup nilai NSE masing - masing model.

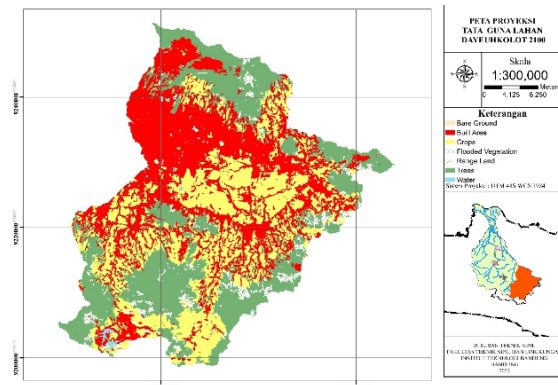
Tabel 5 Rekap NSE dan RMSE

Datetime	Event	NSE	RMSE	Ket
Mar-18	1	0.01	25.93	
Mar-18	2	-0.16	27.97	
Oct-18	3	0.15	35.57	
Jan-19	4	0.36	50.30	bisa digunakan untuk contoh kasus
Feb-19	5	0.47	15.38	bisa digunakan untuk contoh kasus
Apr-19	6	0.86	21.10	bisa digunakan untuk contoh kasus
Dec-19	7	0.50	38.15	bisa digunakan untuk contoh kasus
Jan-20	8	0.05	19.22	
May-20	9	-0.89	70.82	
Mar-20	10	-54.60	313.21	
Apr-20	11	0.89	12.41	bisa digunakan untuk contoh kasus
May-20	12	0.67	32.86	bisa digunakan untuk contoh kasus
MEAN		0.63	28.37	
SDEV		15.85	82.84	

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Tutupan Lahan Prediksi

Dalam proses prediksi tutupan lahan, Data tutupan lahan tahun 2021 digunakan sebagai dasar untuk memproyeksikan perubahan hingga tahun 2100. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada gambar dan tabel



Gambar 23 Peta prediksi tutupan lahan Dayeuhkolot tahun 2100
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Tabel 5 Perubahan Tutupan Lahan tahun 2021 dan 2100

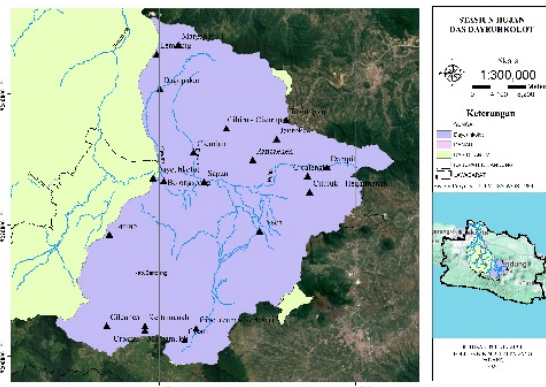
Classification	2021	2100
BARE GROUND	0.43	0.43
BUILT AREA	511.9	511.9
CLOUDS	0.14	0
CROPS	416.66	416.66
FLOODED		
VEGETATION	0.08	0.08
RANGELAND	37.15	37.14
TRESS	439.04	439.18
WATER	5.1	5.1
Grand Total	1410.5	1410.5

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Didapatkan nilai perubahan rangeland menjadi hutan yang berdampak pada perubahan nilai *Curve Number* yang diperoleh sebesar 77 meningkat 0,13 % dari nilai *curve number* tahun 2021 yaitu 76,90.

Curah Hujan Rencana

Curah hujan Prediksi menggunakan data observasi 21 stasiun diantaranya : Paseh, Cibeurum – kertasari, Hantap, Cibiru – Cisurupan, Sapan, Dampit, Margahayu I, Dago Pakar, Cilulu – Hergamanah, Kertamanah, Tanjungsari, Rancaek, Bojongsoang, Cidurian, Cisanti, Jatiroke, Cicalengka, Dayeuhkolot, Lembang, Cipanas - Margamukti dan Cileunca terlihat pada gambar



Gambar 2 Stasiun hujan DAS Dayeuhkolot
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Kemudian dilakukan analisa frekuensi untuk memilih metoda curah hujan rencana hasil dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana

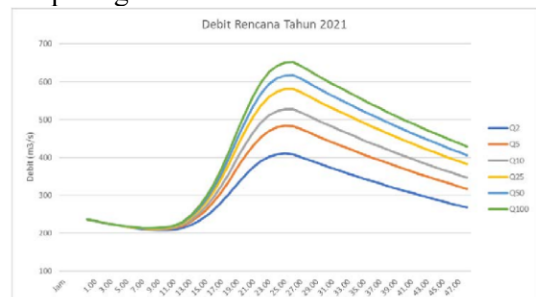
Periode Ulang Tahun	Hujan Rencana (mm)			
	Gumbel	Normal	Log Normal	Log Pearson III
2	38.16	39.13	38.55	38.21
5	46.75	45.18	45.03	46.10
10	52.43	48.34	48.85	50.51
25	59.62	51.44	52.89	53.60
50	64.95	53.88	56.32	58.94
100	70.24	55.90	59.31	62.02
200	75.51	57.70	62.12	64.79
1000	87.72	61.37	68.26	72.63
Uji Smirnov-Kolmogorov				
Signifikansi (a%)	5%	5%	5%	5%
D _{max}	0.09	0.79	0.78	0.09
D _{kritis}	0.47	0.47	0.47	0.47
Status	DITERIMA	TIDAK DITERIMA	TIDAK DITERIMA	DITERIMA
Uji Chi Square				
Signifikansi (a%)	5%	5%	5%	5%
D _{max}	2.35	7.35	7.35	2.35
D _{kritis}	7.815	7.815	7.815	7.815
Status	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
Uji Keesesuaian Distribusi				
No.	Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Status
1	Gumbel	C _s ≤ 1.1396	C _s = 0.14	Memenuhi
		C _k ≤ 5.4002	C _k = -1.94	
2	Normal	C _s ≥ 0	C _s = 0.14	Tidak Memenuhi
		C _k ≥ 5.383	C _k = -1.94	
3	Log Normal	C _s ≥ 3	C _s = 0.01	Tidak Memenuhi
		C _s /C _v = 3	C _s /C _v = 3	
4	Log Pearson III	Tidak Ada Batasan		

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

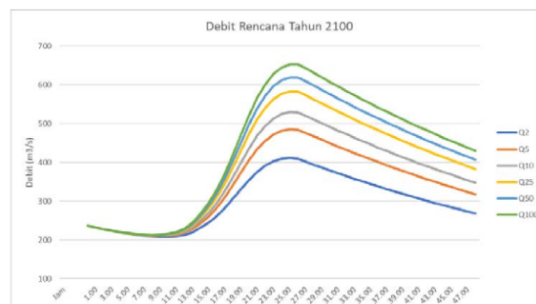
Distribusi curah hujan menggunakan metoda PSA 007 dengan pola distribusi periode 24 jam untuk setiap nilai curah hujan pada interval periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

3.6 Permodelan Hujan Debit Prediksi Tahun 2100

Dari curah hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 didapatkan hasil perbandingan debit puncak antara tahun 2100 dengan tahun 2021 dapat dilihat pada gambar



Gambar 25 Debit Rencana Tahun 2021
Sumber : Hasil Penelitian (2023)



Gambar 26 Debit Rencana Tahun 2100
Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Dapat dilihat dari gambar terjadi peningkatan debit puncak dari 651,32 m³/s menjadi 653,45 m³/s. Peningkatan debit puncak sebesar 0.33% dari tahun

2021 ke tahun 2100 dikarenakan perubahan nilai *curve number* yang didapatkan.

KESIMPULAN

Beberapa Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini Adalah:

1. Curah hujan yang digunakan Adalah GSDMap V8, dikarenakan versi terbaru dari sebelumnya dan sudah terkalibrasi
2. Data tutupan lahan yang digunakan Adalah tahun 2017 – 2021, dikarenakan kejadian banjir yang melebihi 300 m³/s hanya ada pada tahun 2018 – 2021
3. Prediksi tutupan lahan menggunakan Malaccha untuk memprediksi tutupan lahan 2100 terdapat perubahan pada hutannya saja, dikarenakan time series data tutupan lahan yang terlaui pendek membuat perubahan tutupan lahan tidak signifikan.
4. Terjadi kenaikan nilai *curve number* dari tahun 2021 ke tahun 2100 sebesar 0.13%. Pada tahun 2021 nilai *curve number* sebesar 76.90 dan pada tahun 2100 naik menjadi 77.00.
5. Perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap perubahan hidrograf banjir dengan dibuktikan hasil prediksi hidrografbanjir tahun 2021 dan tahun 2100 mengalami kenaikan 0.33% untuk debit puncak yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlina, D., Oktaverina, R., Suhartanto, E., & Wahyuni, S. (2022). Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Pos Stasiun Hujan pada Sub DAS Keduang Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. Dalam *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* (Vol. 2, Nomor 1). <https://jtresda.ub.ac.id/>
- Burnama, N. S., Rohmat, F. I. W., Farid, M., & Wijayasari, W. (2023). Utilization of quantile mapping method using cumulative distribution function (CDF) to calibrated satellite rainfall GSDMaP in Majalaya watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1165(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1165/1/012006>
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. [https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-](https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014)

2014

- Cheng, C., Cheng, S., Wen, J., & Lee, J. (2013). Time and Flow Characteristics of Component Hydrographs Related to Rainfall–Streamflow Observations. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(6), 675–688. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0000675](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000675)
- Djazim, M., Upt, S., Buatan, H., Pengkajian, B., & Teknologi, P. (2014). *VALIDASI DATA TRMM TERHADAP DATA CURAH HUJAN AKTUAL DI TIGA DAS DI INDONESIA VALIDATION OF TRMM DATA WITH ACTUAL RAINFALL DATA IN THREE WATERSHEDS IN INDONESIA*.
- Fadhilla, I. N., & Lasminto, U. (2021). Pemodelan Hujan-Debit DAS Kali Madiun Menggunakan Model HEC-HMS. Dalam *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* (Vol. 19, Nomor 3).
- Feldmen, A. D. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual CPD-74B*.
- Handayani, D., & Ningsih, U. (2012). Metode Thiessen Polygon Untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu Pada Wilayah Yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 17(2), 154–163. <http://skagit.meas.ncsu.edu/~helena/gmslab/ind>
- Jurnal, L., Alhakim, E. E., Bondan, A. W., Rudi Iswanto, E., Kajian Sistem Energi Nuklir, P., Kuningan Barat, J., Prapatan, M., & Artikel, R. (2019). Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Perbandingan Hidrograf Satuan Sub-DAS Cisadane untuk Analisis Banjir Tapak RDNK Serpong INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK. Dalam *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir* (Vol. 21, Nomor 2).
- Krisnayanti, D. S., Welkis, D. F., Sir, T. M. W., Bunganaen, W., & Damayanti, A. C. (2022). Kajian Nilai Curve Number pada Daerah Aliran Sungai Manikin di Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v1i1.3>
- Motovilov, Y. G., Gottschalk, L., Engeland, K., & Rodhe, A. (1999). *Validation of a distributed hydrological model against spatial observations*.
- Samaila, M. A., Fernando Torsulu, A., Saputro, T., Saint, P., & Sorong, P. (2023). *PEMODELAN HIDROGRAF BANJIR DAS REMU MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS*. 9(2).
- U.S. Army Corps of Engineers. (2008). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Applications Guide CPD-74C*.
- Ven T Chow, David R. Maidemen, & Larry W Mays. (1988). *Applied Hydrology Chow 1988*.
- Wijayasari, W., Rohmat, F., & Viridi, S. (2023).

Proyeksi Hidrograf Banjir Berdasarkan.., Ronny Eka Putra⁽¹⁾, Faizal Immaddudin Wira Rohmat⁽²⁾, Dhermi Harlan⁽³⁾, Rangga Fernando⁽⁴⁾, Verryn Aisha Uzhelia⁽⁵⁾, Sicilia Afriyani⁽⁶⁾ Wiliya⁽⁷⁾

Malaccha: An R-based end-to-end Markov transition matrix extraction for land cover datasets. *SoftwareX*, 21, 101315.
<https://doi.org/10.1016/j.softx.2023.101315>