



Analisis Debit Banjir Puncak Sungai Brukah Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Blok Sindu Kalibening Banjarnegara

Ahmad Hakim Bintang Kuncoro¹✉, Susilowati²

^{1,2}Universitas Diponegoro, Indonesia

DOI: 10.26623/teknika.v19i2.10499

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Disubmit 2024-09-16

Direvisi 2024-09-17

Disetujui 2024-10-29

Keywords:

Flood; Gama 1; GPM;
Hydrognomon; Landuse

Abstrak

Kawasan Blok Sindu di Kecamatan Kalibening Kabupaten Banjarnegara merupakan wilayah persawahan di ketinggian 1000 mdpl yang sering terjadi banjir ketika musim hujan. Indikasi awal penyebab banjir adalah tingginya curah hujan, pendangkalan sungai, dan perubahan tata guna lahan hutan. Perlu adanya penelitian terkait perubahan tata guna lahan di kawasan Kalibening untuk mengetahui pengaruhnya terhadap debit puncak banjir Sungai Brukah. Mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap persentase peningkatan debit banjir puncak di Sungai Brukah menjadi tujuan dari penelitian ini. Perhitungan debit banjir puncak pada penelitian ini menggunakan aplikasi HEC-HMS dengan data hujan satelit GPM, analisis frekuensi menggunakan *Hydrognomon*, serta *baseflow* menggunakan persamaan Gama 1. Hasil simulasi menunjukkan perbandingan antara kondisi ideal dengan kondisi lainnya secara persentase dari kala ulang Q2th, Q5th, Q10th, Q25th, dan Q50th adalah rata-rata sebesar 14,1% - 10,7% untuk kondisi 2012, kemudian sebesar 15,7% - 11,7% untuk kondisi 2020, dan sebesar 22,7% - 16,1% untuk kondisi parah. Perubahan tata guna lahan sangat mempengaruhi peningkatan debit banjir puncak, khususnya di Sungai Brukah wilayah Blok Sindu Kalibening Banjarnegara.

Abstract

The Sindu Block area in Kalibening District, Banjarnegara Regency, is a rice field area 1000 meters above sea level that often floods during the rainy season. The initial indications of the cause of flooding are high rainfall, siltation of rivers, and changes in forest land use. There is a need for research related to land use change in the Kalibening area to determine its effect on the peak discharge of the Brukah River flood. The purpose of this study is to determine the effect of land use change on the percentage of increase in peak flood discharge in the Brukah River. The calculation of peak flood discharge in this study uses the HEC-HMS application with GPM satellite rainfall data, frequency analysis using Hydrognomon, and baseflow using the Gama 1 equation. The simulation results showed that the comparison between ideal conditions and other conditions in percentage terms from Q2th, Q5th, Q10th, Q25th, and Q50th was an average of 14.1% - 10.7% for 2012 conditions, then 15.7% - 11.7% for 2020 conditions, and 22.7% - 16.1% for severe conditions. Land use changes significantly affect peak flood discharge, especially in the Brukah River in the Sindu Kalibening Block area of Banjarnegara.

✉ Alamat Korespondensi:

E-mail: kuncoroahb@lecturer.undip.ac.id

PENDAHULUAN

Kawasan Blok Sindu di Kecamatan Kalibening Kabupaten Banjarnegara merupakan wilayah di ketinggian 1000 mdpl, berupa cekungan seperti mangkuk di antara perbukitan di sekelilingnya yang dimanfaatkan sebagai area persawahan (Saputra, 2019). Terdapat sungai di tengah kawasan tersebut yang dimanfaatkan sebagai sumber pengairan persawahan yaitu Sungai Brukah. Ketika musim hujan kawasan tersebut selalu mengalami banjir dan menggenangi semua persawahan di daerah tersebut. Ada beberapa faktor yang diperkirakan menjadi penyebab banjir tersebut adalah pendangkalan alur sungai dan peningkatan debit banjir akibat perubahan lahan hutan menjadi perkebunan kopi serta tingginya curah hujan. Perlu adanya penelitian terkait perubahan tata guna lahan (TGL) di kawasan Kalibening untuk mengetahui peningkatan debit puncak banjir Sungai Brukah di kawasan tersebut.

Penelitian terdahulu terkait pengaruh perubahan TGL terhadap peningkatan debit banjir telah dilakukan seperti salah satunya yang dilakukan di Sungai Bodri menunjukkan adanya peningkatan debit banjir akibat perubahan TGL di daerah aliran sungai (DAS) di wilayah tersebut (Tisnasuci et al., 2021). Keterbatasan durasi data hujan yang sesuai ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait perhitungan banjir dengan data hujan minimum sepanjang 20 tahun (Badan Standardisasi Nasional, 2016), sehingga pemanfaatan data hujan satelit menjadi salah satu alternatif yang bisa digunakan. Salah satu data hujan satelit adalah *Global Precipitation Measurement* (GPM) yang dikelola oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) serta memiliki tingkat kemiripan yang cukup tinggi berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, sehingga data tersebut bisa digunakan untuk analisis hidrologi ('Aini et al., 2024) (Andari & Nurhamidah, 2024) (Harsanto et al., 2022) (Kurniawan & Jendra, 2022) (Sanjaya et al., 2022). Perhitungan hidrologi membutuhkan analisis statistik dalam menghitung dan memilih distribusi hujan kala ulang yang sesuai dengan data hujan tercatat dan digunakan dalam perhitungan tersebut. Terdapat aplikasi yang dapat menghitung secara otomatis perhitungan statistik hujan kala ulang yaitu *Hydrognomon* (Amri et al., 2024). Terdapat beberapa komponen pembentuk debit banjir, salah satunya adalah debit aliran dasar atau sering dikenal dengan *baseflow*. Komponen penting tersebut banyak sekali pendekatan rumusan empiris yang dapat digunakan, salah satunya adalah rumusan *baseflow* dari Gama 1 yang merupakan salah satu persamaan yang dikembangkan berdasarkan data hidrologi di Pulau Jawa (Koagouw et al., 2021). Kombinasi dari beberapa rumusan seperti data hujan GPM, analisis frekuensi menggunakan *Hydrognomon*, serta penggunaan rumus empiris *baseflow* Gama 1 belum pernah dilakukan dalam penelitian sebelumnya, sehingga penelitian ini akan menggunakan rumusan tersebut.

Peningkatan debit banjir merupakan gambaran yang ingin ditemukan agar dapat digunakan dalam perencanaan penanganan banjir khususnya di Sungai Brukah Kalibening Banjarnegara. Faktor penyebab banjir berupa perubahan TGL yang disinyalir sebagai penyebab meningkatnya debit banjir perlu dimodelkan agar menjadi masukan dalam pengelolaan wilayah tangkapan air Sungai Brukah. Mengetahui pengaruh perubahan TGL terhadap persentase peningkatan debit banjir puncak di Sungai Brukah menjadi tujuan dari penelitian ini.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Sungai Brukah di kawasan Blok Sindu, Kecamatan Kalibening, Kabupaten Banjarnegara. Dalam perhitungan debit banjir puncak pada penelitian ini menggunakan aplikasi HEC-HMS dengan beberapa bantuan metode pendekatan data sekunder yang didapatkan secara digital. Data hujan menggunakan data satelit GPM. Penggunaan Peta wilayah serta tata guna lahan merupakan data yang didapat melalui situs yang dapat diakses secara gratis yaitu shp Indonesia. Untuk data *Hydrologic Soil Groups* (HSG) juga didapatkan secara gratis pada situs penyedia data tersebut. Metode yang digunakan dalam perhitungan menggunakan HEC-HMS ini adalah *Soil*

Conservation Service Curve Number (SCS CN), SCS Unit Hydrograph (UH), Constant monthly, dan Lag (Ulfah et al., 2020).

1. SCS CN

Metode perhitungan dari SCS CN dianggap bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Rumus SCS CN dapat dilihat pada Persamaan 1 hingga Persamaan 4 (Ideawati et al., 2015).

$$I_a = 0,2 S \dots\dots\dots (1)$$

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$CN(II) = \frac{CN_i A_i + CN_{i+1} A_{i+1} + \dots + CN_n A_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (3)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10+0,13CN(II)} \dots\dots\dots (4)$$

keterangan:

- I_a = initial abstraction,
- P = hujan harian (mm),
- S = retention parameter (mm),
- $CN(II)$ = curve number kondisi tanah normal (Tabel. 1),
- $CN(III)$ = curve number kondisi tanah basah.

Tabel 1. Curve Number (CN) dan Impervious

TGL	Impervious	CN "HSG"			
		A	B	C	D
Badan Air	100	100	100	100	100
Hutan	5	30	55	70	77
Lahan Terbuka	5	74	83	88	90
Pemukiman	30	57	72	81	86
Perkebunan	5	43	65	76	82
Pertanian	5	61	70	77	80
Sawah	5	63	75	83	87

Sumber: (Tisnasuci et al., 2021)

2. SCS UH

Model SCS UH adalah suatu hidrograf satuan yang berdimensi dengan satu puncak banjir. Nilai yang didapatkan berdasarkan pengaruh tutupan lahan dan lapisan tanah disuatu wilayah sungai. Penggunaan SCS UH di dalam HEC-HMS hanya membutuhkan masukan berupa *time Lag* yang didapatkan dari rumusan seperti pada Persamaan 5 dan Persamaan 6 (Ikhsan et al., 2021).

$$t_c = \frac{L^{0,8} \left(\left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) + 10 \right)^{0,7}}{1900y^{0,5}} \dots\dots\dots (5)$$

$$t_{lag} = 0,6t_c \dots\dots\dots (6)$$

keterangan:

- t_c = waktu konsentrasi (jam)
- t_{Lag} = waktu kelambatan (jam)
- L = panjang sungai (km),
- CN = curve number,
- y = slope.

3. Gama I Baseflow

Aliran dasar atau *baseflow* menggunakan *constant monthly* yang bantu dengan persamaan aliran dasar Gama I. Persamaan ini digunakan karena dikembangkan dari data-data di Pulau Jawa yang

mana penelitian ini juga berada di pulau yang sama. Persamaan aliran dasar Gama 1 dapat dilihat pada Persamaan 7 (Koagouw et al., 2021).

$$Q_b = 0,4751A^{0,6444}D^{0,9430} \dots\dots\dots (7)$$

keterangan:

- Q_b = *baseflow* (m³/s)
- A = luas daerah aliran (km²),
- L = panjang sungai (km),
- D = kerapatan jaringan.

4. Time Lag Routing

Perhitungan debit yang terbagi menjadi beberapa sub-DAS atau basin, perlu dilakukan routing atau penelusuran banjir untuk mengetahui debit di titik temu tertentu. Dalam HEC-HMS terdapat beberapa pilihan routing, salah satunya adalah *Lag*. Rumusan *Lag* dan waktu konsentrasi dari Kirpich (1940) yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Persamaan 8 dan Persamaan 9 (Perdikaris et al., 2018).

$$T_c = 0,0663 \left(\frac{L_c}{\sqrt{S_c}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots (8)$$

$$T_{lag} = 0,6T_c \dots\dots\dots (9)$$

keterangan:

- T_c = waktu konsentrasi (jam)
- T_{Lag} = *time Lag* (jam),
- L_c = panjang sungai (km),
- S_c = kemiringan sungai.

5. Uji Data Hujan

Data hujan yang dicatat dapat mengandung kesalahan baik kesalahan alat ataupun *human error* yang terjadi ketika pengukuran. Sehingga data hujan yang akan digunakan dalam analisis hidrologi perlu dilakukan beberapa pengujian agar memberi tingkat kepercayaan terhadap kualitas datanya. Beberapa uji yang dapat dilakukan adalah Uji *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) (Pratiwi et al., 2017), Uji Stasioner, Uji Trend, dan Uji Outlier (Putra et al., 2024).

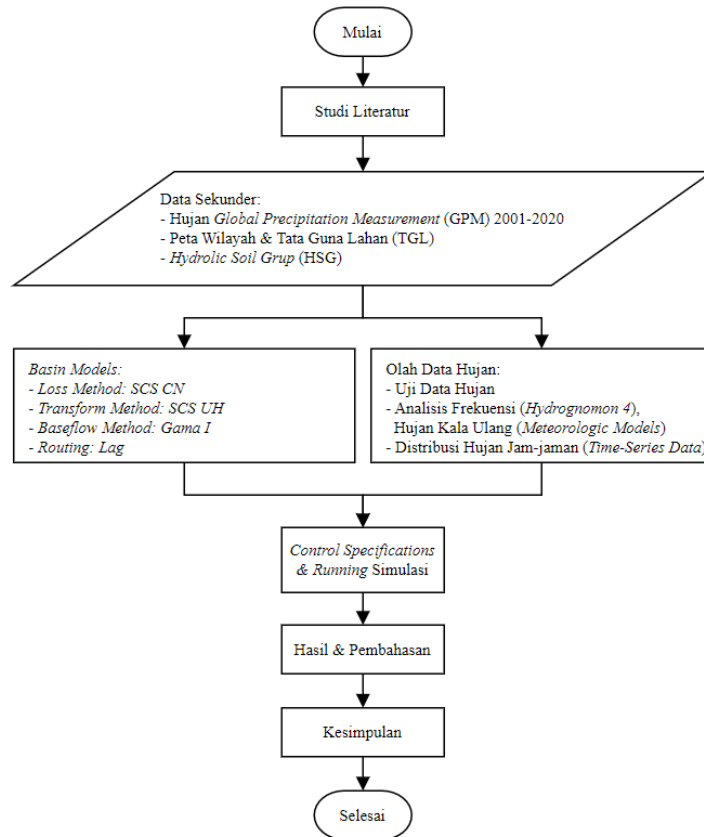
6. Hydrognomon

Pola distribusi hujan kala ulang dapat diperkirakan berdasarkan hujan harian tahunan maksimum (HHTM) yang biasa dihitung secara manual dengan distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Namun dalam penelitian ini ingin menghitung dengan perkiraan distribusi yang lebih banyak lagi dan dapat dihitung dengan cepat. Aplikasi yang dapat membantu dalam perhitungan hujan kala ulang dengan berbagai macam distribusi adalah aplikasi *Hydrognomon* (Amri et al., 2024). *Hydrognomon* juga menyediakan uji *Smirnov-Kolmogorov* untuk menentukan distribusi paling sesuai dengan data hujan yang digunakan dalam penelitian ini.

7. Distribusi Hujan

Kejadian hujan sangat bervariasi baik dari segi kedalamannya, durasinya, intensitasnya, serta distribusi kedalaman hujan satu durasi hujan. Dalam analisis hidrologi sering digunakan distribusi hujan jam-jaman yang didapat menggunakan rumusan empiris seperti Mononobe & ABM, PSA 005, PSA 007, Huff q1, Huff q2, Huff q3, Huff q4, SCS I, SCS IA, SCS II, SCS III, Tadashi Tanimoto, Wannu, dll. (Sumarauw, 2017). Distribusi hujan jam-jaman dari data yang dimiliki akan menjadi penentuan penggunaan persamaan mana yang akan digunakan dalam penelitian ini.

8. Bagan Alir Penelitian

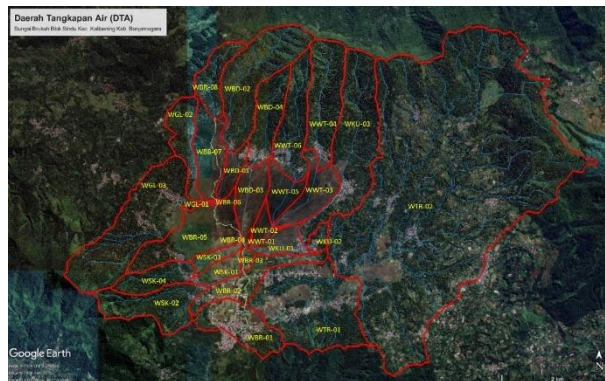


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. SCS CN Loss Method

Daerah tangkapan air dari suatu wilayah sungai merupakan salah satu indikator utama dalam terbentuknya debit banjir. Wilayah sungai dapat dibagi menjadi beberapa sub wilayah yang mewakili anak wilayah anak sungai utama di kawasan tersebut. Pembagian sub DAS atau *sub-basin* atau *watershed* dari Sungai Brukah didasarkan pada beberapa cabang anak sungai yang masuk ke sungai utama yaitu Sungai Brukah itu sendiri. Pembagian sub DAS pada penelitian ini yaitu beberapa *watershed* yang menuju sungai utama yaitu Sungai Brukah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembagian Sub Basin Sungai Brukah

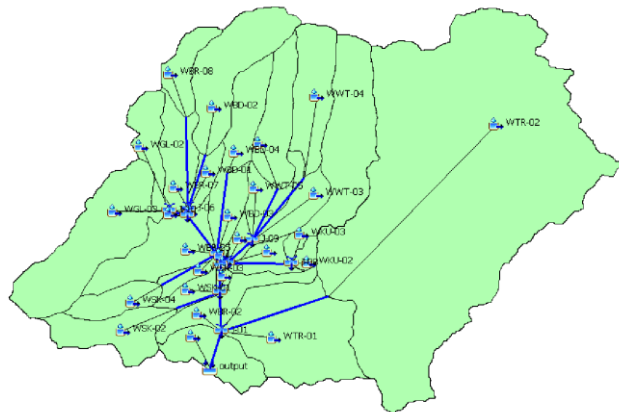
Pembagian wilayah DAS atau Daerah Tangkapan Air (DTA) atau *Watershed* atau *Sub-basin* pada kawasan Bloks Sindu Kecamatan Kalibening dapat dilihat pada Gambar 2. Terdapat 30 *watershed* pada pemodelan menggunakan aplikasi HEC-HMS. Pembagian *watershed* berdasarkan wilayah aliran sungai yang berada di kawasan tersebut. Uraian penamaan dan luasan dari masing-masing *watershed* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembagian *Watershed* Kawasan Sungai Brukah Blok Sindu Kalibening Banjarnegara

No.	Nama	<i>Watershed</i>	Luas (km ²)	No.	Nama	<i>Watershed</i>	Luas (km ²)
1	Bedana-01	WBD-01	0,29	16	Kuang-01	WKU-01	0,37
2	Bedana-02	WBD-02	1,66	17	Kuang-02	WKU-02	0,14
3	Bedana-03	WBD-03	0,58	18	Kuang-03	WKU-03	2,05
4	Bedana-04	WBD-04	0,78	19	Sikumpul-01	WSK-01	0,30
5	Brukah-01	WBR-01	0,89	20	Sikumpul-02	WSK-02	1,01
6	Brukah-02	WBR-02	0,74	21	Sikumpul-03	WSK-03	0,21
7	Brukah-03	WBR-03	0,08	22	Sikumpul-04	WSK-04	0,54
8	Brukah-04	WBR-04	0,04	23	Tersana-01	WTR-01	2,47
9	Brukah-05	WBR-05	1,30	24	Tersana-02	WTR-02	15,10
10	Brukah-06	WBR-06	0,01	25	Waton-01	WWT-01	0,01
11	Brukah-07	WBR-07	0,76	26	Waton-02	WWT-02	0,19
12	Brukah-08	WBR-08	0,55	27	Waton-03	WWT-03	0,66
13	Gunung Langit-01	WGL-01	0,02	28	Waton-04	WWT-04	1,21
14	Gunung Langit-02	WGL-02	0,62	29	Waton-05	WWT-05	0,43
15	Gunung Langit-03	WGL-03	2,35	30	Waton-06	WWT-06	1,01
			Jumlah				36,36

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

Perhitungan hidrologi menggunakan aplikasi HEC-HMS yang dapat menganalisis secara lebih detail dan dapat disimulasikan dengan beberapa kondisi. Yang pertama dalam perhitungan menggunakan aplikasi HEC-HMS adalah pembagian *sub-basin* pada area yang ingin disimulasikan. Tampilan pembagian *sub-basin* daerah Sungai Brukah Blok Sindu Kecamatan Kalibening Kabupaten Banjarnegara dalam HEC-HMS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembagian *Sub-basin* Sungai Brukah di HEC-HMS

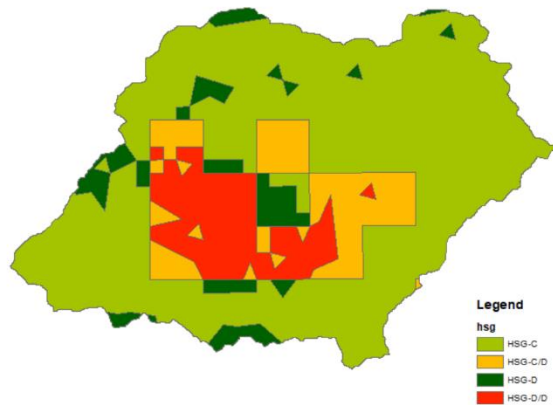
Pembagian sub-basin berdampak pada analisis yang lebih detail setiap areanya, sehingga dapat diketahui dari mana asal debit banjir yang dominan. Kemudian setiap sub-basin akan membentuk pertemuan-pertemuan yang disebut dengan *join* yang dapat juga dilihat seberapa besar debit dari gabungan sub-basin yang saling bertemu. Beberapa *join* yang terbentuk dalam simulasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertemuan Sungai Brukah

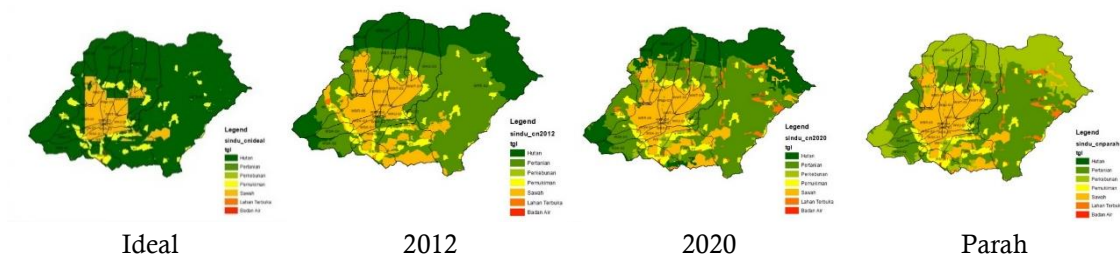
No.	Join	Watershed	Sungai
1	J1	WBR-02, WTR-01	Pertemuan Sungai Brukah dengan Sungai Tersana
2	J2	WBR-03, WSK-01	Pertemuan Sungai Brukah dengan Sungai Sikumpul Sebelah Selatan
3	J3	WBR-04, WWT-01	Pertemuan Sungai Brukah dengan Sungai Waton
4	J4	WBR-05, WBD-03, WSK-03	Pertemuan Sungai Brukah dengan Sungai Bedana Sebelah Timur & Sungai Sikumpul Sebelah Utara
5	J5	WBR-06, WGL-01	Pertemuan Sungai Brukah dengan Sungai Gunung Langit
6	J6	WBR-07, WBD-01	Pertemuan Sungai Brukah dengan Sungai Bedana Sebelah Barat
7	J7	WKU-01, WWT-02	Pertemuan Sungai Kuang dengan Sungai Waton
8	J8	WKU-02, WKU-03	Pertemuan Sungai Kuang Sebelah Selatan dengan Sungai Kuang Sebelah Utara
9	J9	WWT-03, WWT-05	Pertemuan Sungai Waton Sebelah Timur dengan Sungai Waton Sebelah Barat
10	J10	WGL-02, WGL-03	Pertemuan Sungai Gunung Langit Sebelah Utara dengan Sungai Gunung Langit Sebelah Selatan

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

Suatu wilayah yang memiliki jenis tanah atau HSG yang sama namun TGL yang berbeda, maka akan mengakibatkan nilai CN yang berbeda serta pengaruh terhadap debit juga berbeda. Biasanya dengan nilai CN semakin tinggi maka kemungkinan debit banjir juga akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya. Kondisi HSG dan perubahan TGL yang disimulasikan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Kondisi HSG DTA Sungai Brukah



Gambar 5. Perubahan TGL DTA Sungai Brukah

Pada Gambar 5 menunjukkan perubahan TGL dengan kondisi ideal yaitu hutan masih mendominasi sekitar 82,09% pada kawasan tersebut. Kondisi 2012 merupakan TGL sesuai persepsi citra satelit pada tahun tersebut dengan menunjukkan persentase hutan yang menurun menjadi sebesar 28,44% akibat pemanfaatan lahan sebagai pertanian. Situasi tahun 2020 persentase luas hutan menurun menjadi 25,55%, namun lahan terbuka meningkat di tahun ini. Kondisi parah merupakan simulasi dengan membuat luas lahan hutan menjadi 0% dan merubahnya menjadi lahan perkebunan untuk melihat seberapa besar peningkatan debit banjir puncak di Sungai Brukah jika tidak terdapat

hutan. Nilai SCS CN berbeda-beda sesuai dengan kondisi TGL nya. Dari perubahan TGL sesuai rencana skenario, maka dapat dilihat uraian nilai CN untuk setiap *watershed* pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Input Loss SCS CN*

No.	<i>Watershed</i>	CN Ideal	CN 2012	CN 2020	CN Parah
1	WBD-01	85,461	85,854	86,124	86,124
2	WBD-02	72,229	73,527	73,821	78,003
3	WBD-03	83,912	86,489	86,452	86,452
4	WBD-04	72,367	82,603	77,677	78,052
5	WBR-01	75,276	81,641	80,420	81,330
6	WBR-02	80,280	81,275	83,484	83,484
7	WBR-03	86,633	80,565	86,976	86,976
8	WBR-04	86,791	86,996	87,063	88,947
9	WBR-05	78,446	83,517	83,245	83,255
10	WBR-06	87,000	87,000	87,000	87,000
11	WBR-07	80,283	84,889	84,230	84,622
12	WBR-08	70,000	71,314	71,847	76,973
13	WGL-01	85,947	86,750	86,631	86,631
14	WGL-02	71,353	77,543	77,312	78,418
15	WGL-03	72,122	76,504	76,331	78,233
16	WKU-01	86,319	85,930	86,565	86,565
17	WKU-02	78,987	81,282	81,427	81,427
18	WKU-03	72,971	76,164	76,364	78,314
19	WSK-01	86,243	86,134	86,435	86,435
20	WSK-02	71,229	75,574	75,769	79,102
21	WSK-03	84,329	86,292	86,167	86,167
22	WSK-04	71,475	77,755	77,349	77,628
23	WTR-01	75,433	81,810	81,546	81,798
24	WTR-02	71,907	75,417	76,455	78,218
25	WWT-01	86,293	84,903	87,212	87,212
26	WWT-02	86,961	86,999	86,979	86,979
27	WWT-03	81,083	85,935	86,020	86,020
28	WWT-04	72,507	74,464	75,840	78,181
29	WWT-05	82,831	86,424	86,476	86,476
30	WWT-06	71,797	75,858	76,972	86,503

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

2. *Transform SCS UH*

Perhitungan hidrograf banjir berdasarkan rumusan SCS dengan *input* yang dibutuhkan di HEC-HMS adalah *time Lag* yang timbul berdasarkan kemiringan rata-rata lahan. Kemudian jarak tempuh air rata-rata dalam suatu luasan DASnya. Selain itu juga adanya pengaruh nilai CN pada setiap kondisi wilayah kajian. Hasil perhitungan *Transform SCS UH* sesuai kondisi di wilayah penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Input Transform SCS UH*

<i>Watershed</i>	<i>Time Lag (min)</i>			
	Ideal	2012	2020	Parah
WBD-01	286,257	282,267	279,534	279,534
WBD-02	42,546	41,032	40,693	36,026
WBD-03	188,689	172,302	172,539	172,539
WBD-04	26,308	19,346	22,581	22,328
WBR-01	256,984	211,732	220,142	213,860
WBR-02	201,787	195,513	181,821	181,821
WBR-03	127,659	156,840	126,059	126,059
WBR-04	64,832	64,343	64,183	59,718
WBR-05	335,488	285,326	287,944	287,848
WBR-06	29,936	29,936	29,936	29,936
WBR-07	111,681	95,900	98,115	96,795
WBR-08	24,351	23,496	23,154	20,006
WGL-01	50,472	49,019	49,233	49,233
WGL-02	66,819	55,997	56,383	54,541
WGL-03	37,039	32,695	32,861	31,054
WKU-01	351,251	356,215	348,109	348,109
WKU-02	15,752	14,658	14,590	14,590
WKU-03	63,477	57,946	57,608	54,357

Watershed	Time Lag (min)			
	Ideal	2012	2020	Parah
WSK-01	247,312	248,290	245,588	245,588
WSK-02	16,108	14,255	14,174	12,832
WSK-03	323,693	301,989	303,362	303,362
WSK-04	21,405	17,884	18,103	17,952
WTR-01	469,364	386,343	389,657	386,493
WTR-02	93,902	85,049	82,516	78,296
WWT-01	21,206	22,282	20,500	20,500
WWT-02	120,189	120,017	120,108	120,108
WWT-03	554,263	470,399	468,966	468,966
WWT-04	31,854	30,147	28,976	27,034
WWT-05	391,643	345,683	345,033	345,033
WWT-06	33,336	29,719	28,763	21,078

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

3. Gama I Baseflow

Perhitungan *baseflow* didasarkan pada rumusan dari Gama I yang merupakan pengembangan dari data yang terdapat di Pulau Jawa, dimana lokasi penelitian ini juga masih di ruang lingkup pulau Jawa. Rumusan Gama I terdapat rumusan untuk menghitung *baseflow* namun khusus hanya untuk kondisi ketika musim hujan. Hasil perhitungan *baseflow* pada daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Input Baseflow

No.	Watershed	Q_b (m ³ /s)	No.	Watershed	Q_b (m ³ /s)	No.	Watershed	Q_b (m ³ /s)
1	WBD-01	0,684	11	WBR-07	0,676	21	WSK-03	0,721
2	WBD-02	2,643	12	WBR-08	3,528	22	WSK-04	0,734
3	WBD-03	0,945	13	WGL-01	0,160	23	WTR-01	2,133
4	WBD-04	1,031	14	WGL-02	1,073	24	WTR-02	9,706
5	WBR-01	0,407	15	WGL-03	7,392	25	WWT-01	0,244
6	WBR-02	0,348	16	WKU-01	0,647	26	WWT-02	0,431
7	WBR-03	0,218	17	WKU-02	0,224	27	WWT-03	0,700
8	WBR-04	0,110	18	WKU-03	2,989	28	WWT-04	1,307
9	WBR-05	0,959	19	WSK-01	0,608	29	WWT-05	0,556
10	WBR-06	0,156	20	WSK-02	1,473	30	WWT-06	1,627

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

4. Routing Lag Method

Perhitungan *time Lag* untuk *routing* berdasarkan Persamaan 1, dimana kebutuhan data berupa panjang saluran atau sungai dan kemiringannya atau *slopenya*. Hasil perhitungan menggambarkan waktu tempuh air menuju titik tinjauan pada suatu alur. Hasil perhitungan *Lag time* sebagai *input routing* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Input Routing

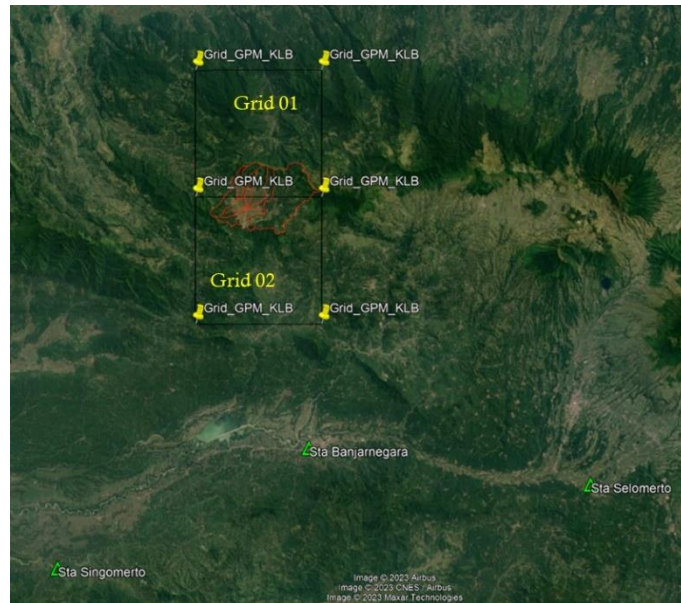
Reach	Lag Time (menit)	Reach	Lag Time (menit)
R-01	43,284	R-10	30,808
R-02	39,906	R-11	98,476
R-03	30,863	R-12	74,278
R-04	16,308	R-13	45,817
R-05	59,612	R-14	63,466
R-06	8,265	R-15	54,841
R-07	28,916	R-16	68,344
R-08	82,919	R-17	13,975
R-09	78,230	R-18	6,345

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

5. Pemilihan Data Hujan

Stasiun hujan terdekat dari lokasi studi belum bisa mewakili data yang dibutuhkan sehingga diperlukan data hujan yang lebih mewakili daerah studi. Jarak stasiun hujan akan menjadi acuan awal

bahwa lokasi tersebut terwakili oleh data pencatatan hujan yang tercatat oleh stasiun tersebut. Namun jika tidak maka dapat menggunakan data hujan digital berupa GPM. Lokasi stasiun hujan terdekat dan grid GPM dapat dilihat pada beberapa Gambar 6.



Gambar 6. Lokasi Stasiun Hujan dan Grid GPM

Penggunaan data hujan GPM berdasarkan 2 grid yang berada di atas DAS Brukah. Masing-masing grid akan mewakili hujan kawasan yang dinaunginya. Hujan harian tahunan maksimum dan jumlah curah hujan tahunan pada masing-masing grid dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hujan Harian Tahunan Maksimum

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Tahunan Maksimum (HHTM) (mm)		Curah Hujan Tahunan (mm)	
		Grid 01	Grid 02	Grid 01	Grid 02
1	2001	118,2	99,5	1532,8	1468,5
2	2003	84,2	96,6	1052,3	1264,8
3	2004	94,0	114,8	1633,1	1697,2
4	2005	83,5	199,3	963,2	1224,0
5	2006	90,1	97,3	1278,8	1407,2
6	2007	115,5	119,2	1606,8	1520,7
7	2008	145,0	96,5	1641,1	1480,2
8	2009	110,9	120,1	1207,4	1257,2
9	2010	91,8	85,7	1079,5	970,5
10	2011	84,1	78,5	1886,9	1912,5
11	2012	89,8	77,0	1282,5	1277,0
12	2013	153,8	148,6	1523,2	1504,4
13	2014	180,6	158,0	2063,1	2068,5
14	2015	87,6	123,5	1341,9	1381,5
15	2016	138,6	128,7	1158,5	1286,1
16	2017	140,4	170,3	1312,5	1586,8
17	2018	83,5	67,0	1145,0	1119,9
18	2019	170,1	181,9	1594,4	1423,7
19	2020	107,6	98,2	1296,6	1292,1
20	2020	131,7	124,4	1393,1	1533,6

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

6. Uji Data Hujan

Data hujan dari kedua grid GPM yang digunakan perlu dilakukan pengecekan kualitas data dengan beberapa pengujian. Uji data hujan yang digunakan adalah Uji RAPS, Uji Trend, Uji

Stasioner, dan Uji Outlier. Data hujan GPM untuk semua Grid menunjukkan bahwa data lolos semua uji, sehingga dianggap dapat digunakan dalam perhitungan hidrologi selanjutnya. Rekapitulasi pengujian data hujan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hujan Harian Tahunan Maksimum

GPM	Jenis Uji											
	RAPS				Trend		Stasioner			Outlier		
	Q/ \sqrt{n}		R/ \sqrt{n}		t	tc	F _{hitung}	F _{tabel}	XL	Min	Max	XH
	hitung	tabel	hitung	tabel								
Grid 01	0,52	1,10	0,87	1,34	-0,94	1,33	1,35	2,23	60,27	83,47	180,64	205,89
Grid 02	0,56	1,10	0,96	1,34	-2,12	1,33	1,03	2,23	56,25	66,99	199,31	232,29
Keterangan	OK		OK		OK		OK			OK		

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

7. Analisis Frekuensi

Perhitungan hujan kala ulang untuk masing-masing *watershed* dihitung dengan bantuan *software Hydrognomon* yang dapat menghitung statistik hujan kala ulang serta terdapat pengujian *Smirnov-Kolmogorov* sebagai penentuan distribusi hujan kala ulang terbaik. Rasio perbandingan perkiraan hujan kala ulang antara hujan kala ulang 2 tahunan (P2th) dan 100 tahunan (P100th) harus berada diantara 1,7 – 3,5 (Putra et al., 2024), sehingga hasil perhitungan hujan kala ulang dalam penelitian ini telah memenuhi syarat tersebut. Hasil perhitungan hujan kala ulang serta jenis distribusi statistik hujan terbaik berdasarkan uji *Smirnov-Kolmogorov* pada masing-masing *watershed* serta perbandingan rasio hujan P100th dengan P2th dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hujan Kala Ulang

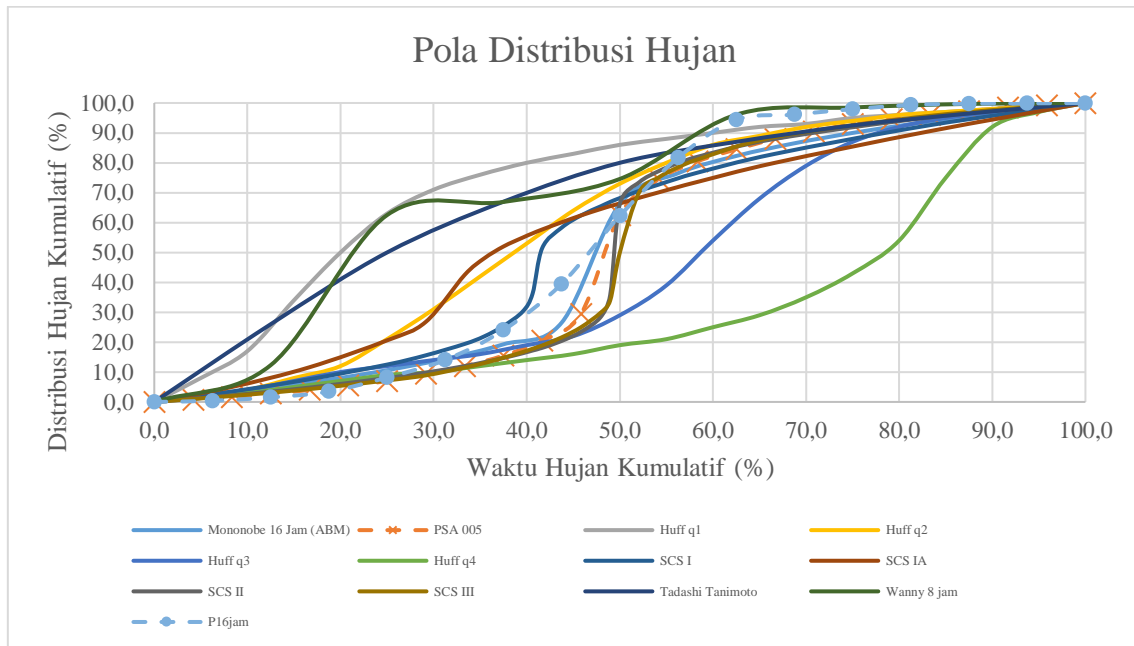
No.	DTA	Watershed	P2th	P5th	P10th	P25th	P50th	P100th	P100/P2	Distribusi Statistik
1	Bedana-01	WBD-01	105,0	138,6	159,7	182,8	197,4	209,8	2,0	Pareto (L-Moments)
2	Bedana-02	WBD-02	106,7	140,6	161,9	185,5	200,3	213,0	2,0	Pareto (L-Moments)
3	Bedana-03	WBD-03	102,6	138,0	157,2	175,3	185,1	192,4	1,9	Pareto (L-Moments)
4	Bedana-04	WBD-04	106,7	140,6	161,9	185,5	200,3	213,0	2,0	Pareto (L-Moments)
5	Brukah-01	WBR-01	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
6	Brukah-02	WBR-02	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
7	Brukah-03	WBR-03	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
8	Brukah-04	WBR-04	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
9	Brukah-05	WBR-05	112,4	146,1	168,9	198,3	220,5	242,9	2,2	GEV-Max (L-Moments)
10	Brukah-06	WBR-06	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
11	Brukah-07	WBR-07	105,8	139,4	160,6	183,8	198,4	210,8	2,0	Pareto (L-Moments)
12	Brukah-08	WBR-08	106,7	140,6	161,9	185,5	200,3	213,0	2,0	Pareto (L-Moments)
13	Gunung Langit-01	WGL-01	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
14	Gunung Langit-02	WGL-02	105,5	139,1	160,2	183,4	198,0	210,5	2,0	Pareto (L-Moments)
15	Gunung Langit-03	WGL-03	107,7	145,3	165,9	185,7	196,6	204,8	1,9	Pareto (L-Moments)
16	Kuang-01	WKU-01	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
17	Kuang-02	WKU-02	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
18	Kuang-03	WKU-03	102,5	136,2	157,2	179,9	194,0	205,9	2,0	Pareto (L-Moments)
19	Sikumpul-01	WSK-01	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
20	Sikumpul-02	WSK-02	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
21	Sikumpul-03	WSK-03	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
22	Sikumpul-04	WSK-04	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
23	Tersana-01	WTR-01	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
24	Tersana-02	WTR-02	101,8	136,6	155,7	174,2	184,3	192,0	1,9	Pareto (L-Moments)
25	Watson-01	WWT-01	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
26	Watson-02	WWT-02	112,5	146,3	169,2	198,6	220,9	243,4	2,2	GEV-Max (L-Moments)
27	Watson-03	WWT-03	102,6	138,0	157,1	175,2	185,0	192,3	1,9	Pareto (L-Moments)
28	Watson-04	WWT-04	106,7	140,6	161,9	185,5	200,3	213,0	2,0	Pareto (L-Moments)
29	Watson-05	WWT-05	101,8	136,7	155,8	174,3	184,4	192,1	1,9	Pareto (L-Moments)
30	Watson-06	WWT-06	106,7	140,6	161,9	185,5	200,3	213,0	2,0	Pareto (L-Moments)

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

8. Distribusi Hujan Jam-jaman

Pada perhitungan pola distribusi hujan, karakteristik hujan ekstrim di kawasan Kalibening adalah dengan durasi 16 jam. Distribusi hujan dicoba dibandingkan dengan beberapa rumusan, berdasarkan hasil perbandingan maka dipilih mengikuti distribusi PSA 005. Perbandingan distribusi

hujan dan pola distribusi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 7 dan persentase pembagian hujan jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 11.



Gambar 7. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman Kawasan Kalibening

Tabel 11. Nilai *Input* Distribusi Hujan

<i>Time</i>	Precipitation (%)	<i>Time</i>	Precipitation (%)
00:00	0,000	09:00	15,000
01:00	1,125	10:00	7,000
02:00	1,625	11:00	4,750
03:00	2,000	12:00	3,750
04:00	2,250	13:00	2,250
05:00	3,750	14:00	2,000
06:00	4,750	15:00	1,625
07:00	9,500	16:00	1,125
08:00	37,500	17:00	0,000

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

9. Perbandingan Debit Banjir Puncak

Simulasi menggunakan aplikasi HEC-HMS berdasarkan hujan kala ulang P2th, P5th, P10th, P25th, dan P50th, sehingga hasil simulasi juga menghasilkan debit banjir kala ulang Q2th, Q5th, Q10th, Q25th, dan Q50th. Hasil simulasi berupa debit puncak yang dianggap sebagai representasi setiap kondisi TGL pada wilayah tersebut. Tabulasi hasil simulasi banjir dengan berbagai kondisi TGL dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Simulasi Banjir Sungai Brukah

No.	Kondisi	Debit Banjir Puncak (m ³ /s)				
		Q2th	Q5th	Q10th	Q25th	Q50th
1	Ideal	104,5	149,1	177,0	207,4	226,3
2	2012	119,2	167,9	197,9	230,3	250,5
	Kenaikan (%)	14,1	12,6	11,8	11,0	10,7
3	2020	120,9	169,9	200,0	232,5	252,7
	Kenaikan (%)	15,7	14,0	13,0	12,1	11,7
4	Parah	128,2	178,6	209,3	242,3	262,7
	Kenaikan (%)	22,7	19,8	18,2	16,8	16,1

Sumber: (Hasil Perhitungan, 2024)

Outflow merupakan lokasi paling hilir dari simulasi banjir di kawasan Sungai Brukah yang merupakan bangunan *ground sill* yang berada di sekitar Puskesmas Kalibening. Debit yang ditampilkan pada hasil simulasi merupakan debit yang berada di titik lokasi beberapa pertemuan Sungai. Jika dilihat dari hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi peningkatan debit dari yang paling kecil menuju besar adalah Kondisi Ideal, Kondisi Tahun 2012, Kondisi Tahun 2020, dan Kondisi Parah. Kondisi tersebut sebanding dengan perubahan TGL yang terjadi. Perbandingan dilakukan antara kondisi ideal dengan kondisi lainnya sehingga menghasilkan persentase rata-rata dari semua kala ulang di titik *outflow* sebesar 14,1% - 10,7% untuk kondisi 2012, kemudian berkisar antara 15,7% - 11,7 % untuk kondisi 2020, dan berkisar antara 22,7% - 16,1% untuk kondisi parah.

SIMPULAN

Perubahan TGL sangat mempengaruhi peningkatan debit banjir puncak, khususnya di Sungai Brukah wilayah Blok Sindu Kalibening Banjarnegara. Peningkatan debit banjir puncak dari kondisi ideal dibandingkan dengan kondisi 2012, kondisi 2020, dan kondisi parah menghasilkan perbedaan debit banjir puncak yang terjadi. Perbandingannya secara persentase dari kala ulang Q2th, Q5th, Q10th, Q25th, dan Q50th ditinjau di titik *outflow* adalah rata-rata sebesar 14,1% - 10,7% untuk kondisi 2012, kemudian berkisar antara 15,7% - 11,7 % untuk kondisi 2020, dan berkisar antara 22,7% - 16,1% untuk kondisi parah.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Aini, U. N., Adityawan, M. B., Prasetyo, A., Prabandini, F., Nugroho, R. W., & Madjojo, E. F. A. (2024). Evaluasi Kesesuaian Data Satelit Global Precipitation Measurement (GPM) terhadap Stasiun Curah Hujan di Sekitar Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) di Kabupaten Penajam Paser Utara. *Journal on Education*, 06(02), 13438–13448.
- Amri, S., Syofyan, E. R., Yurisman, Wahyuni, F., & Kurniawan, J. (2024). Analisis Run-Off Menggunakan Cara Manual dan Software Hydrognomon pada DAS Batang Lembang. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 11(1), 46–55. <https://doi.org/10.21063/JTS.2024.V1101.046-55>
- Andari, R., & Nurhamidah. (2024). Evaluasi Keakuratan Data Hujan Satelit TRMM dan GPM terhadap Data Stasiun Hujan di DAS Kuranji. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 186–195. <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229>
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415:2016 - Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Harsanto, P., Prihatmanti, H. E., & Wisnulingga, B. K. (2022). Aplikasi Metode Nash pada Perhitungan Limpasan Langsung Menggunakan Data Hujan GPM 3IMERGHH Studi Kasus SubDAS Winongo Hulu. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 1(2), 121–132. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v1i2.27>
- Ideawati, L. F., Limantara, L. M., & Andawayanti, U. (2015). Analisis Perubahan Bilangan Kurva Aliran Permukaan (Runoff Curve Number) Terhadap Debit Banjir di DAS Lesti. *Jurnal Teknik Pengairan*, 6(1), 37–45.
- Ikhsan, M. Y. M., Anwar, N., & Maulana, M. A. (2021). Analisis Model Transformasi Hujan-Aliran pada DAS Kali Lamong dengan HEC-HMS. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(4), 387–394. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i4.9597>
- Koagouw, W. Y. Y., Mananoma, T., & Sumarauw, S. J. F. (2021). Analisis Transpor Sedimen pada Sungai Tondano Ruas Kairagi-Singkil. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 11(1), 19–28.
- Kurniawan, I., & Jendra, M. D. (2022). Evaluasi Data GPM-IMERG (Global Precipitation Measurement - Integrated Multi-Satellite Retrieval for GPM) di Provinsi NTB. *Megasains*, 13(01), 6–13. <https://doi.org/10.46824/megasains.v13i01.62>

- Perdikaris, J., Gharabaghi, B., & Rudra, R. (2018). Reference Time of Concentration Estimation for Ungauged Catchments. *Earth Science Research*, 7(2), 58–73. <https://doi.org/10.5539/esr.v7n2p58>
- Pratiwi, D. W., Sujono, J., & Rahardjo, A. P. (2017). Evaluasi Data Hujan Satelit untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation. *Jurnal Seminar Nasional Sains Dan Teknologi UNJ, November*, 1–11. jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek
- Putra, A. F. A., Harisuseno, D., & Asmaranto, R. (2024). Evaluasi dan Koreksi Data Curah Hujan Satelit GPM (Global Precipitation Measurement) terhadap Data Stasiun Hujan Observasi di DAS Dodokan Nusa Tenggara Barat. *JTRESDA*, 04(02), 1313–1326. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/216873/>
- Sanjaya, S., Yudianto, D., Adidarma, W., & Fitriana, F. (2022). Studi Pemanfaatan Curah Hujan Bulanan Satelit GPM di Kawasan Bandung Raya dengan Validasi Silang Monte-Carlo. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 05(01), 31–40. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v5i1.1804>
- Saputra, F. N. (2019). *Rancangan Saluran Retensi dan Normalisasi Kali Brukah untuk Pengendalian Banjir di Kecamatan Kalibening Kabupaten Banjarnegara*. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/101336?show=full>
- Sumarauw, J. S. F. (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 669–678.
- Tisnasuci, I. D., Sukmono, A., & Hadi, F. (2021). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Bodri terhadap Debit Puncak Menggunakan Metode Soil Conservation Service (SCS). *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 10(1), 105–114. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2021.29630>
- Ulfah, M., Kusumastuti, D. I., & Winarno, D. J. (2020). Analisis Metode Routing terhadap Hidrograf Banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir Menggunakan HEC-HMS. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(4), 251–262.