



# Spatial Distribution of Rainfall in the Opiyang Watershed Using the Thiessen Polygon Method and its Implications for River Discharge

(Distribusi Curah Hujan Spasial DAS Opiyang dengan Metode Poligon Thiessen dan Implikasinya terhadap Debit Sungai)

Susanti Rahman <sup>1</sup> dan Amirudin Miradj <sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Ternate, Indonesia.  
Email: [susantirahman12@gmail.com](mailto:susantirahman12@gmail.com); [imiradjamir18@gmail.com](mailto:imiradjamir18@gmail.com)

✉ Email: [imiradjamir18@gmail.com](mailto:imiradjamir18@gmail.com)

Info Artikel :  Artikel Penelitian  Artikel Pengabdian  Riview Artikel  
Diterima : 24 Mei 2026, Disetujui : 14 Juni 2026, Publikasi On-Line : 17 Juni 2026

## Abstract

Understanding the spatial distribution of rainfall is fundamental for analyzing water availability in a river basin. This study aims to examine the rainfall distribution in the Opiyang Watershed using the Thiessen Polygon Method, investigating its spatial and temporal variability, and analyzing its impact on river discharge with the F.J. Mock hydrological model. Monthly rainfall data from three stations—Mancalele, Mekarsari, and Dakaino—covering 2015–2024 were processed using Geographic Information Systems (GIS). Results show Dakaino station has the largest spatial influence, with a weight of 70.24% over an area of 172.5 km<sup>2</sup>, followed by Mekarsari (17.14%, 42.1 km<sup>2</sup>) and Mancalele (12.62%, 31 km<sup>2</sup>). The annual mean rainfall recorded is 2,329 mm, with peak rainfall in June (242 mm) and the lowest in October (140 mm). Discharge simulations indicate the Q<sub>80%</sub> reliability flow ranges from 0.46 to 1.47 m<sup>3</sup>/s. A strong correlation ( $r = 0.87$ ) exists between rainfall and river discharge, with rainfall explaining about 75.7% of discharge variability. This relationship provides a scientific basis for water resource management, flood mitigation, and sustainable infrastructure planning in Halmahera Timur. The Thiessen Polygon Method offers more accurate and representative estimates of the watershed's rainfall compared to simple average methods. Practically, these findings emphasize prioritizing upstream conservation, especially Dakaino, and using a minimum Q<sub>80%</sub> of 0.46 m<sup>3</sup>/s for designing irrigation and water supply systems to ensure water availability during dry months.

**Keywords:** Distribusi Curah Hujan; Poligon Thiessen; DAS Opiyang; Debit Sungai; Variabilitas Spasial.

### I. PENDAHULUAN

Menurut Ismafatin Nabilah Ismail et al. (2025) Limpasan permukaan (surface runoff) adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan tanah akibat curah hujan yang jatuh melebihi kapasitas penyerapan (infiltrasi) tanah, atau karena tanah sudah dalam kondisi jenuh. Menurut Amiruddin et al. (2024) Metode estimasi rerata kawasan (*mean areal rainfall*) Estimasi rerata kawasan (*mean areal rainfall*) adalah metode

perhitungan untuk memperkirakan volume curah hujan rata-rata pada suatu wilayah atau Daerah Aliran Sungai (DAS). Terdapat tiga metode utama yang sering digunakan dalam hidrologi untuk mengubah data titik stasiun menjadi data curah hujan

DAS Opiyang yang terletak di Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara, merupakan salah satu DAS yang berperan strategis dalam penyediaan air baku, irigasi, dan keberlanjutan ekosistem sungai. Wilayah ini

termasuk dalam Wilayah Sungai (WS) Halmahera Selatan dan memiliki karakteristik iklim tropis basah dengan curah hujan tahunan tinggi. Topografi DAS Opiyang yang didominasi perbukitan menyebabkan kecepatan aliran sungai meningkat tajam dalam waktu singkat setelah hujan sehingga dapat menyebabkan risiko banjir bandang yang lebih tinggi (Waode Faridawaty & Asda Rauf 2025) dan perlu adanya pengelolaan sumber daya air yang lebih matang (Basuki et al., 2022). Sampai saat ini, kajian mengenai distribusi spasial curah hujan terkait dengan debit Sungai Opiyang masih sangat terbatas. Dengan kurangnya kajian kuantitatif dapat menyebabkan kurangnya data konkret yang mendukung perencanaan dan mitigasi risiko di DAS Opiyang.

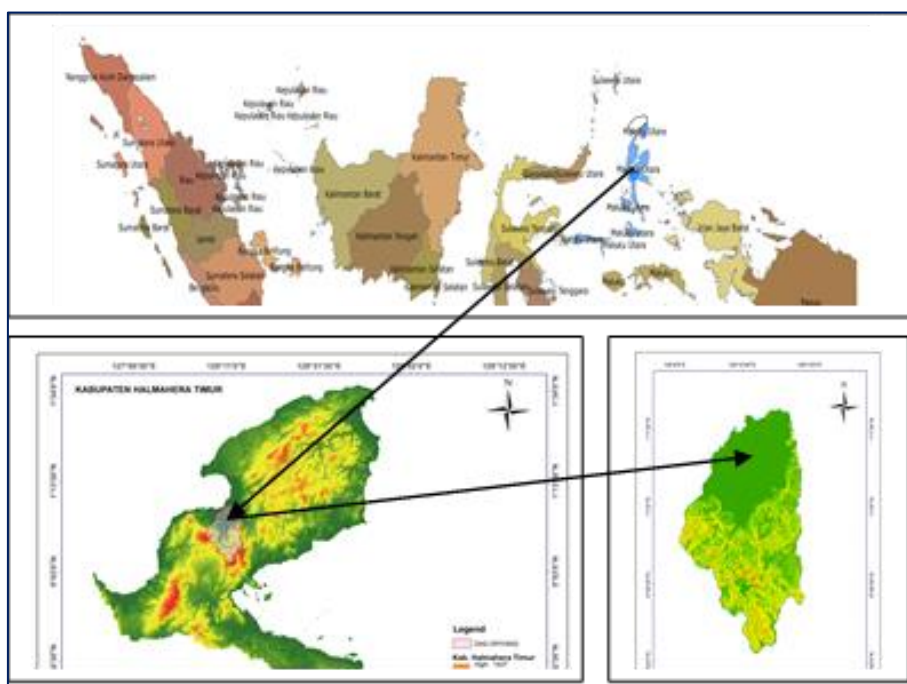
Metode Poligon Thiessen merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk menghitung hujan rerata kawasan ketika sebaran stasiun hujan tidak merata (Arianti, 2018; Hwang et al., 2020). Metode ini relatif sederhana, namun terbukti memberikan hasil yang akurat khususnya pada DAS dengan kerapatan stasiun hujan rendah hingga sedang. Metode Thiessen tidak memerlukan data pengamatan lengkap dalam bentuk interpolasi, serta mampu memperhitungkan sebaran spasial stasiun secara langsung. Sementara itu, keterbatasannya adalah asumsi bahwa curah hujan dalam satu poligon bersifat seragam dan tidak mempertimbangkan pengaruh topografi yang mungkin sangat variatif. Penggunaan SIG tidak hanya mempercepat proses pembuatan poligon, tetapi juga menyediakan visualisasi yang memudahkan analisis spasial

serta meningkatkan akurasi penghitungan bobot luas, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat. Dari latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis distribusi spasial curah hujan di DAS Opiyang menggunakan metode Poligon Thiessen berbasis SIG, menghitung curah hujan rerata kawasan serta mengkaji implikasi distribusi curah hujan tersebut terhadap besaran debit Sungai Opiyang. Manfaat penelitian ini adalah menyediakan dasar ilmiah untuk perencanaan konservasi DAS, mitigasi banjir, dan pengelolaan sumber daya air di wilayah Kabupaten Halmahera Timur.

## II. METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Opiyang, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Secara astronomis, DAS Opiyang terletak pada koordinat sekitar 1°2' 15.79" LS dan 128° 9' 59.28" BT. Gambar 1 menunjukkan batas DAS, jaringan sungai utama, serta posisi tiga stasiun hujan Mancalele, Mekarsari, dan Dakaino yang tersebar di wilayah hilir, tengah, dan hulu DAS. DAS Opiyang memiliki luas total 245,39 km<sup>2</sup> dengan topografi didominasi perbukitan yang menyebabkan hidrologinya relatif cepat. Posisi geografis ketiga stasiun tersebut menjadi dasar penentuan zona poligon Thiessen yang menggambarkan gambaran spasial curah hujan pada masing-masing stasiun. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Mei tahun 2026.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas:

- Data curah hujan harian dari tiga stasiun hujan (Stasiun Mancalele, Mekarsari, dan Dakaino) periode 2015–2024, diperoleh dari BMKG dan BWS Maluku Utara.
- Peta rupa bumi (RBI) skala 1:50.000 dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
- Data DEMNAS resolusi 8,3 m untuk deliniasi DAS.
- Data debit hasil pengukuran lapangan menggunakan \*current meter\* pada titik outlet Sungai Opiyang.
- Peta tutupan lahan dari interpretasi citra Sentinel-2.

## Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan dan pengujian konsistensi data hujan menggunakan metode *Double Mass Curve*.
2. Deliniasi DAS Opiyang menggunakan DEMNAS dengan bantuan ArcGIS 10.8
3. Pembentukan Poligon Thiessen dengan menggambar garis bagi tegak lurus antar stasiun hujan dan menghitung luas area pengaruh masing-masing stasiun di dalam DAS (Ismafatin Nabilah Ismail et al., 2025)
4. Perhitungan curah hujan rerata kawasan dengan persamaan mengikuti petunjuk (Hwang et al. 2020)

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_1 \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n A_1}$$

Keterangan :

- $\bar{P}$  = Curah hujan rerata kawasan (mm),
- $A_1$  = Luas poligon stasiun ke-i (km<sup>2</sup>),
- $P_i$  = Curah hujan stasiun ke-i (mm)
- $n$  = Jumlah stasiun.

5. Analisis frekuensi curah hujan rancangan menggunakan distribusi Log Pearson III untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Log Pearson Type III adalah distribusi statistik yang umum digunakan dalam analisis hidrologi untuk memperkirakan besarnya kejadian ekstrem seperti banjir. Distribusi ini bekerja dengan mengubah data menjadi bentuk logaritmik dan kemudian memodelkannya menggunakan distribusi Pearson Type III. Metode ini direkomendasikan oleh U.S. Water Resources Council (1982) untuk analisis frekuensi banjir karena dapat mengakomodasi

data yang mencerminkan skewness (kemencengan)

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} X_i}{n}$$

Keterangan :

- $\overline{\text{Log}x}$  = Rata-rata dari log data
- $\text{Log}X_i$  = Logaritma data ke-1
- $N$  = Jumlah data

Menghitung harga simpangan baku (dalam log):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n - 1}}$$

Keterangan :

- $S$  = Simpangan baku
- $n$  = Jumlah
- $\overline{\text{Log}X}$  = Rata-rata dari seluruh data
- $\text{Log}X_i$  = Logaritma data ke-1

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

Keterangan :

- $C_s$  = Koefisien *skewness*
- $n$  = Jumlah data
- $X$  = Data
- $S$  = Simpangan baku

untuk menghitung nilai ekstrim dengan rumus yaitu

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + G \cdot S$$

Keterangan :

- $G$  = Nilai koefisien distribusi Log-Pearson III, fungsi dari koefisien skewness

6. Estimasi debit puncak dengan Metode Rasional persamaannya mengikuti petunjuk Sudaryatno et al. (2021):

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Keterangan :

- $Q$  = Debit,
- $C$  = Koefisien lahan (jenis tutupan lahan),
- $I$  = intensitas curah hujan 6 jam,  $A$  = luas daerah tangkapan air (DAS)

7. Estimasi debit andalan bulanan menggunakan Metode F.J. Mock, persamaannya mengikuti petunjuk Hidayat et al. (2024)

$$E_a = ET_0 x \left[ 1 - \frac{m}{20} \left( 1 - \frac{R}{R_m} \right) \right]$$

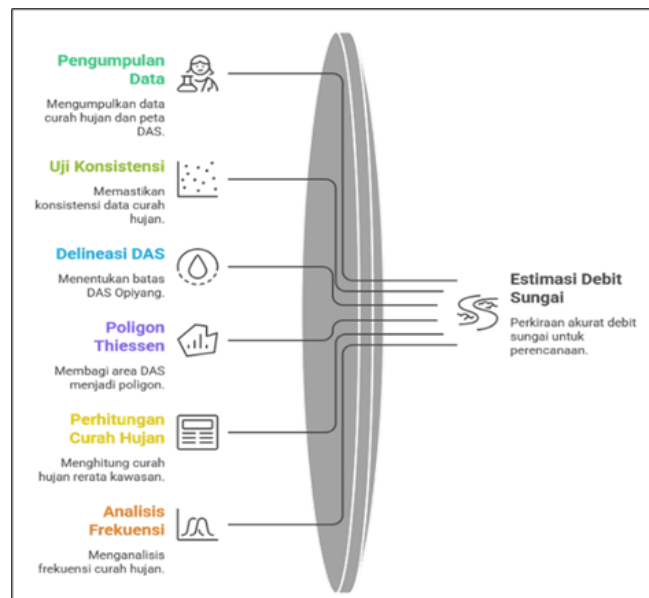
Keterangan :

$m$  = Jumlah hari hujan dalam bulan tersebut  
 $R$  = Curah hujan bulanan (mm)  
 $R_m$  = curah hujan maksimum bulanan yang terjadi (mm)

8. Analisis korelasi antara curah hujan rerata kawasan dengan debit terukur menggunakan koefisien korelasi Pearson.

Diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan metodologi secara sistematis. Alur penelitian dimulai dari pengumpulan data curah hujan dari tiga stasiun, dilanjutkan uji konsistensi kurva massa ganda, kemudian analisis distribusi spasial menggunakan Poligon Thiessen, analisis frekuensi curah hujan rancangan Log Pearson III, distribusi hujan Mononobe, dan simulasi debit menggunakan model F.J. Mock. Setiap tahapan menghasilkan output yang menjadi input bagi tahapan berikutnya, membentuk rantai analisis hidrologi.

**Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Karakteristik DAS Opiyang**

Hasil delineasi dengan menggunakan DEMNAS yang menunjukkan bahwa DAS Opiyang memiliki luas total sebesar 245,39 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai utama 23,102 km dan kemiringan rata-rata 1.27%. Tutupan lahan didominasi oleh hutan sekunder 86.24%, perkebunan campuran 5.25%, dan permukiman 3.14%. semak belukar 4.49% Karakteristik fisiografi ini menempatkan DAS Opiyang sebagai DAS dengan respon hidrologi yang relatif cepat.

**Analisis Curah Hujan DAS Opiyang**

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk menghitung besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Perhitungan curah hujan rencana didapatkan dari data curah hujan bulanan sta, Mancalele, sta. Mekarsari dan sta. Dakaino, data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 sampai Tabel 3.

Dari ketiga stasiun data curah hujan tersebut dilakukan uji konsistensi dengan metode kurva massa ganda untuk menguji kesesuaian dan kesamaan jenis data antar stasiun hujan. Untuk hasil uji konsistensi data curah hujan sta. Mancalele dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil uji konsistensi data curah hujan Stasiun Mancalele menggunakan metode kurva massa ganda dengan stasiun referensi gabungan Dakaino dan Mekarsari. Empat tahun pertama tahun 2015–2018 dinyatakan konsisten karena kumulatif acuan dan referensi berjalan sejajar. Mulai tahun 2019 hingga tahun 2024 terjadi tidak sesuai, sehingga dilakukan koreksi terhadap 6 tahun data. Total kumulatif setelah koreksi turun dari 3.602,8 mm menjadi 3.560,1 mm, dengan selisih koreksi 42,7 mm.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan Bulanan Sta. Mancalele Periode 2015-2024

Tahun	Bulan
-------	-------

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Spt	Oct	Nov	Dec
2015	225	114	80	63	140	270	80	23	3	27	164	87
2016	59	50	35	130	206	271	265	90	202	212	156	416
2017	273	204	255	191	315	346	266	227	230	151	150	224
2018	217	259	209	274	199	221	248	91	88	131	157	252
2019	423	28	71	291	90	193	179	82	26	197	20	126
2020	52	87	144	183	152	238	309	213	252	217	320	226
2021	313	188	314	214	417	212	283	165	294	188	217	394
2022	258	260	189	224	331	186	267	208	43	275	202	313
2023	155	155	310	342	139	295	367	139	333	16	33	53
2024	371	287	232	214	229	439	421	409	134	108	336	240

Sumber: BWS Maluku Utara

Tabel 2. Data Curah Hujan Bulan Sta. Mekarsari Periode 2015-2024

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Spt	Oct	Nov	Dec
2015	207	159	72	111	132	135	117	46	0	61	134	128
2016	190	65	15	220	339	176	313	129	279	283	62	211
2017	207	75	315	160	230	233	250	283	274	62	220	72
2018	113	107	149	153	190	123	185	113	137	59	56	171
2019	189	86	66	369	340	180	256	76	28	155	17	177
2020	90	135	180	210	198	244	221	244	188	166	82	235
2021	242	89	245	183	131	180	162	93	222	192	55	196
2022	176	236	151	185	323	90	203	176	88	123	77	174
2023	101	86	145	199	73	133	228	107	300	33	65	45
2024	313	184	197	116	213	247	213	304	47	118	210	142

Sumber: BWS Maluku Utara

Tabel 3. Data Curah Hujan Bulan Sta. Dakaino Periode 2015-2024

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Spt	Oct	Nov	Dec
2015	218	97	99	50	150	255	82	29	4	30	156	99
2016	63	44	41	134	198	270	260	83	200	221	162	331
2017	266	199	263	197	305	337	252	239	226	151	160	222
2018	198	264	196	284	192	224	238	92	79	125	163	246
2019	426	24	61	262	97	186	173	74	16	204	17	116
2020	59	65	151	196	150	226	297	204	262	229	313	230
2021	321	186	300	227	405	231	267	173	275	184	230	379
2022	237	233	201	234	318	190	256	213	73	147	222	152
2023	251	160	211	152	48	240	154	73	186	21	109	123
2024	524	493	332	256	404	389	407	445	146	107	425	320

Sumber: BWS Maluku Utara

Gambar 3, menampilkan kurva massa ganda Stasiun Mancalele sebelum dan sesudah koreksi. Kurva (a) memperlihatkan penyimpangan yang mulai terjadi sejak tahun 2019, di mana kurva kumulatif acuan tumbuh lebih cepat dibandingkan kurva referensi gabungan. Kurva (b) setelah koreksi menunjukkan kemiringan yang lebih seragam dan konsisten sepanjang periode 2015–2024, mengindikasikan bahwa data telah berhasil dikoreksi dan layak digunakan dalam analisis selanjutnya.

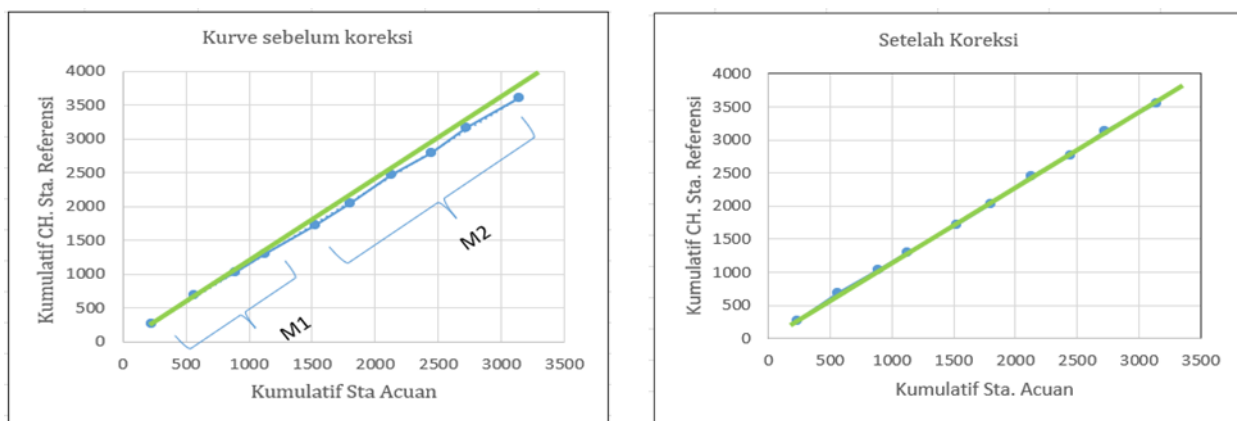
Gambar 4, menampilkan kurva massa ganda Stasiun Mekarsari sebelum dan sesudah

koreksi. Pada kurva (a), penyimpangan terlihat mulai tahun 2020 di mana kumulatif acuan tumbuh lebih lambat dari referensi, menunjukkan nilai yang tercatat terlalu rendah. Kurva (b) setelah koreksi menunjukkan kemiringan yang lebih konsisten. Mekarsari merupakan satu-satunya stasiun dengan koreksi positif menambah nilai, dengan total selisih koreksi +77,2 mm selama periode ketidakkonsistenan tahun 2020–2024.

Tabel 4. Uji Konsistensi Data Curah Hujan Sta. Mancalele Terhadap Stasiun di Sekitarnya

No.	Tahun	Sta. Acuan		Sta. Referensi		Data setelah dikoreksi	
		Sta. Mancalele	Kumulatif	Sta. Dakaino & Mekarsari	Kumulatif Sta. Referensi	Sta. Mancalele	Kumulatif
1	2015	269.7	269.7	230.8	230.8	269.7	269.7
2	2016	415.6	685.3	334.8	565.7	415.6	685.3
3	2017	346.3	1031.7	326.2	891.8	346.3	1031.7
4	2018	274.3	1306.0	237.2	1129.0	274.3	1306.0
5	2019	422.5	1728.5	397.6	1526.5	414.7	1720.6
6	2020	320.4	2048.9	278.7	1805.2	314.5	2035.1
7	2021	417.1	2466.0	325.0	2130.3	409.3	2444.5
8	2022	330.8	2796.8	320.4	2450.7	324.6	2769.1
9	2023	367.0	3163.8	275.5	2726.2	360.2	3129.3
10	2024	439.0	3602.8	418.3	3144.4	430.8	3560.1

Sumber: Hasil analisis, 2026



a. Kurva sebelum dikoreksi

b. Kurva setelah dikoreksi

Gambar 3. Kurva Sta. Mancalele a. Kurva Sebelum dikoreksi, b. Kurva Setelah dikoreksi

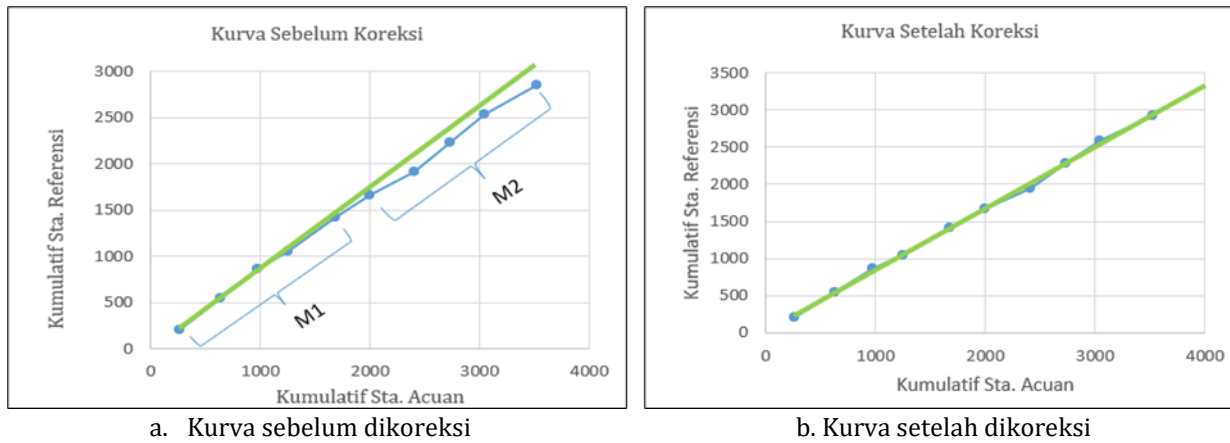
Tabel 5. Uji Konsistensi Data Curah Hujan Sta. Mekarsari Terhadap Stasiun di Sekitarnya

No.	Tahun	Sta. Acuan		Sta. Referensi		Data setelah dikoreksi	
		Sta. Mekarsari	Kumulatif	Sta. Mancalele & Dakaino	Kumulatif Sta. Referensi	Sta. Mekarsari	Kumulatif
1	2015	207.0	207.0	262.2	262.2	207.0	207.0
2	2016	339.0	546.0	373.1	635.3	339.0	546.0
3	2017	315.0	861.0	341.8	977.2	315.0	861.0
4	2018	190.0	1051.0	279.3	1256.5	190.0	1051.0
5	2019	369.0	1420.0	424.3	1680.8	369.0	1420.0
6	2020	244.0	1664.0	316.9	1997.7	257.2	1677.2
7	2021	245.0	1909.0	411.1	2408.8	258.3	1935.5
8	2022	323.0	2232.0	324.3	2733.1	340.5	2276.0
9	2023	300.0	2532.0	309.0	3042.1	316.2	2592.2
10	2024	313.0	2845.0	481.3	3523.3	329.9	2922.2

Sumber: Hasil analisis, 2026

Tabel 6 menyajikan hasil uji konsistensi Stasiun Dakaino dengan stasiun referensi Mancalele dan Mekarsari. Dakaino mengalami ketidakkonsistenan terbanyak, yaitu mulai tahun 2018 hingga tahun 2024. Nilai yang tercatat di

Dakaino terlalu tinggi. Total kumulatif turun dari 3.443,8 mm menjadi 3.138,4 mm, selisih koreksi terbesar di antara ketiga stasiun 305,4 mm. Bobot Dakaino 70,24%, koreksi ini berdampak paling signifikan terhadap curah hujan rerata kawasan.

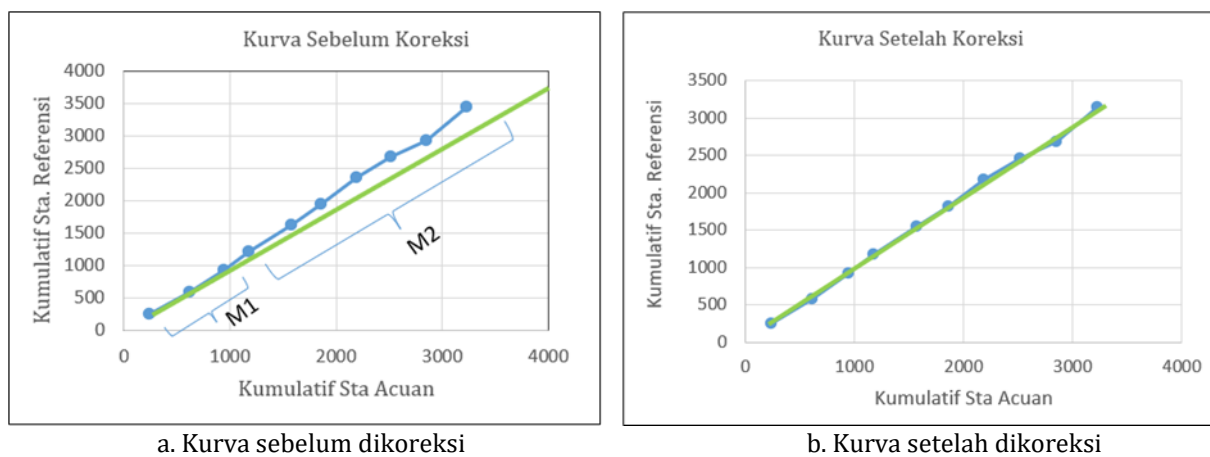


**Gambar 4.** Kurva Sta. Mekarsari a. Kurva sebelum dikoreksi, b. Kurva setelah dikoreksi

**Tabel 6.** Uji Konsistensi Data Curah Hujan Sta. Dakaino Terhadap Stasiun di Sekitarnya

No.	Tahun	Sta. Acuan		Sta. Referensi		Data setelah dikoreksi	
		Sta. Dakaino	Kumulatif	Sta. Mancalele & Mekarsari	Kumulatif Sta. Referensi	Sta. Dakaino	Kumulatif
1	2015	254.7	254.7	238.3	238.3	254.7	254.7
2	2016	330.6	585.3	377.3	615.7	330.6	585.3
3	2017	337.3	922.7	330.7	946.3	337.3	922.7
4	2018	284.3	1207.0	232.2	1178.5	249.9	1172.5
5	2019	426.1	1633.1	395.8	1574.2	374.5	1547.0
6	2020	313.4	1946.5	282.2	1856.5	275.4	1822.4
7	2021	405.1	2351.6	331.0	2187.5	356.0	2178.4
8	2022	317.8	2669.3	326.9	2514.4	279.3	2457.7
9	2023	251.0	2920.3	333.5	2847.9	220.6	2678.3
10	2024	523.5	3443.8	376.0	3223.9	460.1	3138.4

Sumber: Hasil analisis, 2026



**Gambar 5.** Kurva Sta. Dakaino a. Kurva Sebelum dikoreksi, b. Kurva Setelah dikoreksi

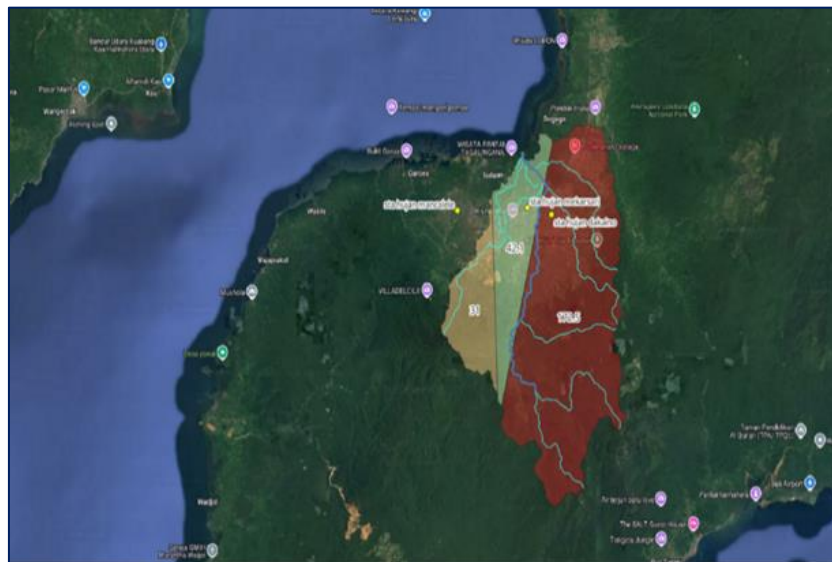
Gambar 5 menampilkan kurva massa ganda Stasiun Dakaino sebelum dan sesudah koreksi. Kurva (a) memperlihatkan ketidaksesuaian paling jelas di antara ketiga stasiun, dengan kumulatif acuan yang jauh lebih curam dibandingkan referensi sejak tahun 2018. Hal ini menunjukkan nilai yang tercatat di Dakaino secara sistematis lebih tinggi dari seharusnya. Kurva (b) setelah koreksi menampilkan kemiringan yang jauh lebih sejajar dengan referensi, dengan penurunan kumulatif total sebesar 305,4 mm, koreksi

terbesar di antara ketiga stasiun. Perbandingan kurva massa ganda menunjukkan bahwa Sta. Dakaino mengalami tidak konsisten terbesar selama 7 tahun dari tahun 2018-2024, sementara Sta. Mancalele mulai tidak konsisten dari tahun 2019-2024, dan Sta. Mekarsari paling stabil dengan inkonsistensi mulai tahun 2020-2024. Setelah koreksi, kurva ketiga stasiun menunjukkan pola yang lebih konsisten terhadap stasiun referensi masing-masing.

**Distribusi Spasial Curah Hujan**

Peta poligon Thiessen DAS Opiyang hasil overlay antara batas DAS dan posisi ketiga stasiun hujan. Poligon terluas adalah poligon Dakaino yang mencakup hampir tiga perempat wilayah DAS 70,24%, membentang di bagian tengah hingga hulu. Poligon Mekarsari 17,14% berada di zona

transisi, sedangkan poligon Mancalele 12,62% menempati wilayah hilir yang lebih sempit. Peta ini menjadi dasar yang menjelaskan pembobotan spasial dalam metode Thiessen dan menunjukkan metode rata-rata aritmatika yang tidak memadai untuk DAS Opiyang dengan distribusi stasiun tidak merata. (Pratama & Darmawan, 2025).



**Gambar 6.** Peta polygon Thiessen DAS Opiyang Terhadap Stasiun Hujan

**Tabel 7.** Luas dan Bobot Poligon Thiessen dari ketiga stasiun di DAS Opiyang

Stasiun Hujan	Luas Poligon (km <sup>2</sup> )	Bobot Thiessen (w)
Stasiun Ch Mancalele	31.0	12.62
Stasiun Mekarsari	42.1	17.14
Stasiun Dakaino	172.5	70.24
<b>Total Luas Kawasan</b>	<b>245.39</b>	<b>100</b>

**Sumber:** Hasil analisis, 2026

Tabel 7 menyajikan hasil perhitungan luas poligon dan bobot Thiessen dari tiga stasiun hujan DAS Opiyang. Stasiun Dakaino mendominasi dengan luas 172,5 km<sup>2</sup> dan bobot 70,24%, menunjukkan posisinya di wilayah hulu. Stasiun Mekarsari memiliki luas 42,1 km<sup>2</sup> dengan bobot 17,14% di zona tengah, dan Stasiun Mancalele

memiliki luas terkecil 31,0 km<sup>2</sup> dengan bobot 12,62% di wilayah hilir. Total luas kawasan DAS Opiyang adalah 245,39 km<sup>2</sup>. Distribusi bobot yang sangat tidak merata ini menjelaskan bahwa metode Thiessen jauh lebih representatif dibandingkan rata-rata aritmatika untuk DAS Opiyang.

**Tabel 8.** Curah Hujan Rerata Kawasan DAS Opiyang 2015-2024

Stasiun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Mancalele	235	163	184	213	222	267	268	165	161	152	176	233
Mekarsari	183	122	154	191	217	174	215	157	156	125	98	155
Dakaino	256	176	185	199	227	255	239	162	147	142	196	222
P Areal-Thiessen (mm)	241	165	180	199	224	242	238	162	150	140	176	212
P Areal-Aritmatika (mm)	225	154	174	201	222	232	241	161	154	140	156	203
Selisih Thiessen-Arit. (mm)	16	12	5	-1	3	11	-2	0	-4	1	20	8

**Sumber:** Hasil analisis, 2026

Tabel 8 menyajikan perbandingan curah hujan bulanan rata-rata dari ketiga stasiun beserta curah hujan rerata kawasan

menggunakan metode Thiessen dan metode aritmatika periode 2015–2024. P Areal-Thiessen tertinggi terjadi pada bulan Juni 242 mm dan

terendah bulan Oktober 140 mm, dengan total tahunan 2.329 mm/tahun. Selisih Thiessen terhadap aritmatika berkisar antara 4 mm dibulan September hingga 20 mm dibulan November, dengan total perbedaan tahunan 68 mm 3,0% lebih tinggi metode Thiessen. Pola ini konsisten dengan dominasi bobot Dakaino yang mencatat curah hujan lebih tinggi.

**Analisis Frekuensi Curah Hujan**

Hasil perhitungan analisis frekuensi curah hujan maksimum harian tahunan menggunakan metode Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil Perhitungan Distribusi Curah Hujan dengan Metode Log Pearson III

No.	Tahun	R (mm)	Log R	Log R - Rerata <sub>Log R</sub>	[Log R - Rerata <sub>Log R</sub> ] <sup>2</sup>	[Log R - Rerata <sub>Log R</sub> ] <sup>3</sup>
1	2015	243.79	2.387	-0.113	0.013	-0.00144
2	2016	361.76	2.558	0.059	0.003	0.00020
3	2017	332.89	2.522	0.022	0.001	0.00001
4	2018	238.06	2.377	-0.123	0.015	-0.00187
5	2019	386.04	2.587	0.087	0.008	0.00065
6	2020	282.37	2.451	-0.049	0.002	-0.00012
7	2021	341.21	2.533	0.033	0.001	0.00004
8	2022	314.80	2.498	-0.002	0.000	0.00000
9	2023	299.01	2.476	-0.024	0.001	-0.00001
10	2024	406.96	2.610	0.110	0.012	0.00132
Jumlah			24.998			
Rerata			2.500			
Standar deviasi (Sd <sub>log R</sub> )			0.079	Jumlah	0.055	-0.001
Banyak data (n)			10			
CS (skewness)			-0.347			

**Sumber:** Hasil analisis, 2026

Nilai Log R berkisar antara 2,377 tahun 2018 hingga 2,610 tahun 2024, dengan rata-rata 2,500 atau setara ±316 mm. Standar deviasi Sd Log R = 0,079 dan koefisien kemiringan Cs = -,347

distribusi sedikit miring kiri, menandakan bahwa sebagian besar data berada di atas rata-rata dengan beberapa tahun ekstrem basah yang dominan. (Wiwoho et al., 2023)

**Tabel 10.** Hasil Perhitungan Hujan Rancangan Kala Ulang 2 -100 Tahun

Kala Ulang [Tr] (Tahun)	Pr (%)	K	K.Sd <sub>Log R</sub>	Log R <sub>rancangan</sub>	R <sub>rancangan</sub> (mm)
2	50	-0.123	-0.0096	2.490	309
5	20	0.786	0.0617	2.562	364
10	10	1.335	0.1048	2.605	402
25	4	1.978	0.1553	2.655	452
50	2	2.427	0.1906	2.690	490
100	1	2.853	0.2240	2.724	529

**Sumber:** Hasil Analisis, 2026

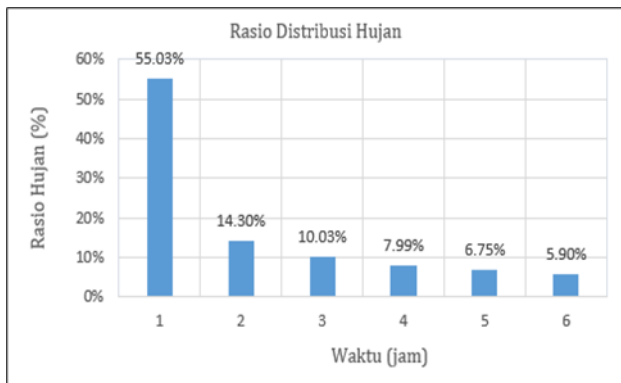
Tabel 10 menyajikan hujan rancangan untuk kala ulang 2 hingga 100 tahun berdasarkan distribusi Log Pearson III. Nilai hujan rancangan meningkat dari 309 mm, Tr 2 tahun, P = 50% hingga 529 mm, Tr 100 tahun, P = 1%, dengan faktor frekuensi K bertambah dari -0,123 hingga 2,853 seiring meningkatnya kala ulang. Nilai hujan rancangan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan intensitas hujan dengan Metode Mononobe dan debit banjir rancangan dengan Metode Rasional untuk berbagai periode ulang perencanaan.

Tabel 11 menyajikan distribusi hujan jam-jaman menggunakan Metode Mononobe untuk durasi 6 jam. Rasio distribusi tertinggi terjadi pada jam pertama sebesar 55,03%, menurun tajam ke 14,30% pada jam ke-2, dan terus berkurang hingga 5,90% pada jam ke-6. Kumulatif pada akhir jam ke-2 sudah mencapai 69,34% dan pada jam ke-4 mencapai 87,36%, artinya hampir 90% curah hujan total terjadi dalam 4 jam pertama. Pola distribusi ini sangat terpusat di awal durasi hujan, yang berimplikasi pada potensi debit puncak yang tinggi dan cepat.

**Tabel 11.** Distribusi Hujan, Curah Hujan dan Rasio

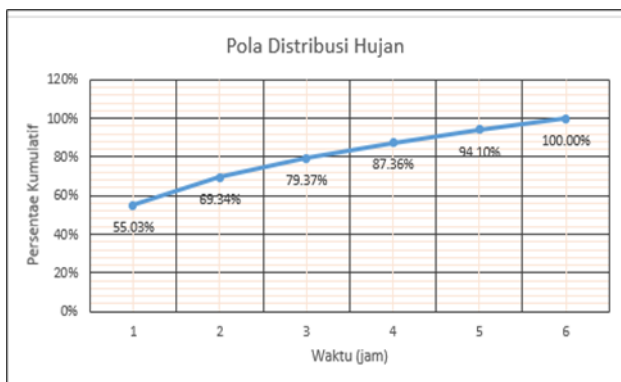
Jam ke	Distribusi Hujan		Curah Hujan		Rasio	Kumulatif
	1 jam-an		Jam ke-		(%)	(%)
1	0.550	R <sub>24</sub>	0.550	R <sub>24</sub>	55.03	55.03
2	0.347	R <sub>24</sub>	0.143	R <sub>24</sub>	14.30	69.34
3	0.265	R <sub>24</sub>	0.100	R <sub>24</sub>	10.03	79.37
4	0.218	R <sub>24</sub>	0.080	R <sub>24</sub>	7.99	87.36
5	0.188	R <sub>24</sub>	0.067	R <sub>24</sub>	6.75	94.10
6	0.167	R <sub>24</sub>	0.059	R <sub>24</sub>	5.90	100.

Sumber: Hasil Analisis, 2026



**Gambar 7.** Rasio Distribusi Hujan

Grafik pada gambar 7 memperlihatkan penurunan rasio distribusi yang sangat tajam dari jam ke-1 (55,03%) ke jam ke-2 (14,30%), kemudian menurun secara bertahap hingga jam ke-6 (5,90%). Pola ini berbentuk eksponensial negatif yang merupakan karakteristik distribusi Mononobe, di mana intensitas hujan paling tinggi terjadi di awal durasi. Debit puncak banjir di DAS Opiyang dapat terjadi sangat cepat setelah hujan dimulai, menegaskan perlunya sistem peringatan dini dan kapasitas tampungan yang memadai.



**Gambar 8.** Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Tabel 12 menyajikan kala ulang hujan rancangan lengkap dari Tr 2 menggunakan metode Log Pearson III. Nilai meningkat dari 309 mm Tr 2 tahun hingga 529 mm Tr 100 tahun. Kenaikan paling signifikan terjadi antara Tr 2 dan Tr 25 selisih 143 mm.

**Tabel 12.** Kala Ulang Hujan Rancangan Metode Log Pearson III

Kala Ulang [Tr]	Hujan Rancangan (mm)
2	309
5	364
10	402
25	452
50	490
100	529

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Tabel 13 menyajikan perhitungan kala ulang hujan rancangan terhadap koefisien pengaliran  $C = 0,292$  Ismail et al. (2024) dan hujan netto (hujan efektif) untuk berbagai periode ulang. Koefisien pengaliran  $C = 0,292$  mencerminkan komposisi tutupan lahan DAS Opiyang yang didominasi hutan dan lahan bervegetasi dengan infiltrasi tinggi. Hujan netto diperoleh dari perkalian hujan rancangan dengan koefisien  $C$ , menghasilkan nilai antara 90,27 mm Tr 2 tahun hingga 195,90 mm Tr 1000 tahun). Hujan netto inilah yang menjadi masukan langsung dalam perhitungan debit puncak banjir rancangan.

Tabel 15 menyajikan hasil perhitungan debit bulanan DAS Opiyang periode 2015–2024 menggunakan model hidrologi F.J. Mock. Debit bulanan bervariasi antara 0,22 m<sup>3</sup>/s September 2015, tahun terkering hingga 2,89 m<sup>3</sup>/s Januari 2024, tahun terbasah. Debit rata-rata tahunan sebesar 17,29 m<sup>3</sup>/s dengan debit tertinggi pada bulan Juni rata-rata 1,76 m<sup>3</sup>/s dan terendah pada Oktober rata-rata 1,17 m<sup>3</sup>/s, konsisten dengan pola curah hujan kawasan. Debit maksimum terjadi pada 2024 dengan total 26,93 m<sup>3</sup>/s dan minimum pada 2015 total 8,85 m<sup>3</sup>/s.

Tabel 16 Debit Andalan menyajikan rangking debit bulanan dari tertinggi ke terendah untuk menentukan debit andalan Q80%. Debit andalan Q80% merupakan debit yang dapat diandalkan untuk dipenuhi sebesar 80% dari waktu pengamatan 80% data. Hasil menunjukkan Q80% bervariasi secara musiman, dengan nilai

tertinggi pada bulan Juni sebesar 1,47 m<sup>3</sup>/s dan terendah pada September sebesar 0,46 m<sup>3</sup>/s. Nilai Q80% yang rendah pada September–Oktober

mencerminkan musim kering, dan menjadi acuan kritis dalam perencanaan kebutuhan air irigasi dan air baku di DAS Opiyang.

**Tabel 13.** Kala Ulang Hujan Rancangan terhadap Koefisien Pengaliran (Koefisien C)

Kala Ulang	Tahun	2	5	10	25	50	100
Hujan Rancangan	(mm)	309.2	364.3	402.4	452.0	490.2	529.4
Koef Pengliran (C)		0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292
Hujan Netto	(mm)	90.27	106,39	117,49	131,99	143,14	154,60

*Sumber: Hasil Analisis, 2026*

**Tabel 14.** Kala Ulang Hujan Rancangan terhadap Koefisien Pengaliran

Jam ke t	Persentase Hujan Jam ke-t	Hujan Netto 1 jam-an (mm/jam)					
		2	5	10	25	50	100
		Tahun	tahun	Tahun	tahun	tahun	tahun
1	55.03%	49.68	58.55	64.66	72.63	78.77	85.08
2	14.30%	12.91	15.22	16.81	18.88	20.47	22.11
3	10.03%	9.06	10.68	11.79	13.24	14.36	15.51
4	7.99%	7.21	8.5	9.38	10.54	11.43	12.35
5	6.75%	6.09	7.18	7.93	8.9	9.66	10.43
6	5.90%	5.32	6.27	6.93	7.78	8.44	9.12
Hujan netto (hujan efektif)	(mm/hari)	90.27	106.39	117.49	131.99	143.14	154.6

*Sumber: Hasil Analisis, 2026*

**Tabel 15.** Hasil Perhitungan Debit Air DAS Opiyang Tahun 2015-2024

No	Tahun	Bulan												Total
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
1	2015	1.28	0.81	0.64	0.51	0.91	1,47	0.62	0.34	0.22	0.36	1.00	0.68	8.85
2	2016	0.85	0.77	0.67	1.22	1.54	1.83	1.80	0.92	1.56	1.59	1.27	2.19	16.22
3	2017	1.77	1.57	1.79	1.48	1.97	2.18	1.74	1.67	1.68	1.18	1.32	1.51	19.86
4	2018	1.34	1.76	1.34	1.75	1.33	1,47	1.54	0.84	0.83	0.97	1.15	1.56	15.87
5	2019	2.23	0.45	0.57	1.69	0.83	1.22	1.15	0.63	0.36	1.22	0.35	0.87	11.58
6	2020	0.85	1.00	1.30	1.55	1.32	1.75	2.00	1.59	1.85	1.63	2.06	1.68	18.60
7	2021	2.11	1.60	2.05	1.71	2.46	1.71	1.87	1.38	2.00	1.49	1.66	2.38	22.40
8	2022	1.73	1.04	1.30	1.56	1.32	1.76	2.00	1.60	1.86	1.63	2.07	1.68	19.55
9	2023	1.30	1.14	1.45	1.40	0.68	1.55	1.41	0.76	1.53	0.39	0.70	0.75	13.06
10	2024	2.89	2.79	2.06	1.84	2.27	2.66	2.58	2.72	1.34	1.18	2.58	2.02	26.93
Jumlah		16.35	12.94	13.17	14.70	14.63	17.60	16.71	12.45	13.24	11.65	14.16	15.31	172.92
Q Rata2		1.64	1.29	1.32	1,47	1.46	1.76	1.67	1.24	1.32	1.17	1.42	1.53	17.29
Q Max		2.89	2.79	2.06	1.84	2.46	2.66	2.58	2.72	2.00	1.63	2.58	2.38	26.93
Q Min		0.85	0.45	0.57	0.51	0.68	1.22	0.62	0.34	0.22	0.36	0.35	0.68	8.85

*Sumber: Hasil Analisis*

**Estimasi Debit Sungai Opiyang**

Dalam estimasi debit Sungai Opiyang dilakukan dengan dua pendekatan yang saling melengkapi: Model F.J. Mock dapat dilihat pada Tabel 15 dan Metode Rasional untuk menghitung debit puncak banjir rancangan berdasarkan hujan ekstrem berbagai periode ulang dapat dilihat pada Tabel 16. Dengan menggunakan Metode Rasional dan koefisien limpasan gabungan C = 0,292

berdasarkan komposisi tutupan lahan, diperoleh debit puncak periode ulang 2-100 tahun seperti dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17 menyajikan hasil perhitungan debit puncak banjir rancangan DAS Opiyang untuk periode ulang 2 hingga 100 tahun menggunakan Metode Rasional dengan koefisien limpasan C = 0,292. Intensitas hujan meningkat dari 92,27 mm/jam (Tr 2 tahun) hingga 154,60 mm/jam (Tr

100 tahun), menghasilkan debit puncak antara 82,40 m<sup>3</sup>/s (Tr 2 tahun) hingga 141,11 m<sup>3</sup>/s (Tr 100 tahun). Peningkatan debit puncak sebesar 71,2% dari Tr 2 ke Tr 100 mencerminkan

sensitivitas DAS terhadap kejadian hujan ekstrem. Nilai-nilai ini menjadi dasar perancangan kapasitas bangunan air, dimensi saluran, dan sistem mitigasi banjir di DAS Opiyang.

**Tabel 16.** Hasil Perhitungan Debit Andalan DAS Opiyang

No	Tahun	P (%)	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	2015	9%	2.89	2.79	2.06	1.83	2.46	2.66	2.58	2.72	2.00	1.63	2.58	2.38
2	2016	18%	2.23	1.76	2.05	1.75	2.27	2.18	2.00	1.66	1.86	1.63	2.07	2.19
3	2017	27%	2.11	1.60	1.79	1.71	1.96	1.83	2.00	1.60	1.85	1.59	2.06	2.02
4	2018	36%	1.77	1.56	1.45	1.69	1.54	1.75	1.86	1.59	1.68	1.49	1.66	1.69
5	2019	45%	1.73	1.14	1.34	1.56	1.33	1.75	1.80	1.38	1.56	1.22	1.33	1.68
6	2020	55%	1.34	1.04	1.30	1.55	1.32	1.71	1.74	0.93	1.54	1.18	1.27	1.56
7	2021	64%	1.30	1.00	1.30	1.47	1.32	1.55	1.54	0.84	1.34	1.18	1.15	1.51
8	2022	73%	1.28	0.81	0.67	1.40	0.91	1.47	1.41	0.76	0.83	0.97	1.00	0.87
Debit Andalan		80%	0.94	0.78	0.65	1.26	0.85	1.47	1.21	0.66	0.46	0.50	0.77	0.77
9	2023	82%	0.85	0.77	0.64	1.22	0.83	1.47	1.15	0.63	0.36	0.39	0.71	0.75
10	2024	91%	0.85	0.45	0.57	0.51	0.68	1.21	0.62	0.34	0.22	0.36	0.35	0.68

*Sumber: Hasil Analisis, 2026*

**Tabel 17.** Perhitungan Debit Puncak Periode Ulang 2 - 100 Tahun DAS Opiyang

Periode Ulang (tahun)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit Puncak Q (m <sup>3</sup> /detik)
2	92,27	82,40
5	106,39	97,10
10	117,49	107,23
25	131,99	120,47
50	143,14	130,65
100	154,60	141,11

*Sumber: Hasil Analisis, 2026*

### Implikasi terhadap Debit Sungai dan Pengelolaan DAS Opiyang

Implikasi terhadap Debit Sungai Opiyang dan Pengelolaan DAS Opiyang dapat dilihat sebagai berikut:

1. Analisis korelasi Pearson menghasilkan  $r = 0,87$  ( $p < 0,01$ ), yang tergolong kategori korelasi sangat kuat. Ini berarti sekitar 75,7% variasi debit Sungai Opiyang dapat dijelaskan oleh variasi curah hujan kawasan (Gandri et al., 2023). Sisanya dipengaruhi faktor lain seperti perubahan tutupan lahan, kondisi kelembaban tanah, dan aliran dasar.
2. Implikasi Praktis untuk Pengelolaan DAS meliputi:
  - a. Prioritas konservasi di wilayah hulu karena pada Sta. Dakaino dibagian hulu mendominasi 70,24% bobot curah hujan kawasan dan korelasi hujan-debit sangat kuat  $r = 0,87$ , maka wilayah hulu DAS Opiyang harus menjadi prioritas utama program konservasi tanah dan air meliputi reboisasi dan penghijauan untuk mempertahankan tutupan hutan dan

Pembangunan bangunan pengendali sedimen guna mencegah erosi dan sedimentasi ke saluran utama

- b. Standar perencanaan bangunan air yang mengacu pada debit puncak rancangan yang telah dihitung, bangunan air di DAS Opiyang sebaiknya didesain minimal untuk periode ulang 25–50 tahun  $Q = 120,47–130,65$  m<sup>3</sup>/s
- c. Ketersediaan air dan perencanaan irigasi dengan nilai  $Q_{80\%}$  minimum sebesar 0,46 m<sup>3</sup>/s pada bulan September dan 0,50 m<sup>3</sup>/s pada Oktober menjadi batasan kritis dalam perencanaan kebutuhan air. Implikasinya meliputi sistem irigasi yang akan dibangun harus mempertimbangkan ketersediaan air minimum pada musim kering September–Oktober, perencanaan SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) dan kebutuhan air baku harus menggunakan  $Q_{80\%} = 0,46$  m<sup>3</sup>/s sebagai debit andalan minimum

#### IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis distribusi curah hujan spasial di DAS Opiyang menggunakan Metode Poligon Thiessen dan dampaknya terhadap debit sungai dari tahun 2015 hingga 2024, dapat disimpulkan bahwa Stasiun Dakaino di wilayah hulu memiliki pengaruh spasial terbesar dengan bobot mencapai 70,24% dari total area, diikuti oleh Mekarsari sebesar 17,14%, dan Mancalele sebesar 12,62%. Penggunaan metode Thiessen terbukti lebih akurat dan representatif dibandingkan metode rata-rata aritmatika, terutama karena distribusi stasiun yang tidak merata di DAS ini. Secara statistik, curah hujan tahunan rata-rata mencapai 2.329 mm, dengan puncak pada bulan Juni sebesar 242 mm dan terendah di Oktober sebesar 140 mm, mencerminkan iklim tropis basah Halmahera Timur. Model aliran F.J. Mock menunjukkan bahwa debit rata-rata tahunan adalah 17,29 m<sup>3</sup>/s, dengan debit puncak reliabel Q80% berkisar antara 0,46 m<sup>3</sup>/s di September hingga 1,47 m<sup>3</sup>/s di bulan Juni. Terdapat korelasi positif yang sangat signifikan antara curah hujan dan debit sungai ( $r = 0,87$ ), yang menunjukkan bahwa sekitar 75,7% variasi debit dapat dijelaskan oleh variasi curah hujan. Implikasi praktis dari temuan ini meliputi prioritas konservasi di wilayah hulu melalui reboisasi dan sedimentasi, perancangan bangunan air berdasarkan debit puncak untuk periode 25–50 tahun, serta penetapan Q80% minimum sebesar 0,46 m<sup>3</sup>/s sebagai acuan dalam perencanaan irigasi dan penyediaan air baku di Kabupaten Halmahera Timur.

Wilayah hulu dengan Stasiun Dakaino harus menjadi fokus konservasi tanah dan air melalui reboisasi dan bangunan pengendali sedimen. Perencanaan infrastruktur harus mengacu pada debit minimum 120,47–130,65 m<sup>3</sup>/s untuk periode ulang 25-50 tahun guna mengurangi risiko banjir. Pengawasan rutin terhadap stasiun hujan sangat penting, terutama Dakaino, agar data tetap akurat dan hasil analisis dapat diandalkan.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai (BWS) Maluku Utara, serta Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Maluku Utara atas dukungan data dan fasilitas selama penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alozeer, A., Abdaki, M. A., Al-Iraqi, A., Al-Samman, S., & Al-Hammadi, N. (2020). Estimation Of Mean Areal Rainfall And Missing Data By Using Gis In Nineveh, Northern Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, 93–103. <https://doi.org/10.46717/igi.53.1E.7Ry-2020-07.07>
- Amiruddin, H. A., Ahmad, A., & Nathan, Muh. (2024). Analysis of Surface Runoff and Remote Sensing Data to Identify Flood Potential in Simbang Sub-Watershed. *BIO Web of Conferences*, 96, 04008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249604008>
- Arianti, I. (2018). Rainfall Estimation By Using Thiessen Polygons, Inverse Distance Weighted, Spline, And Kriging Methods: A Case Study In Pontianak, West Kalimantan. 6 (11).
- Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Indrajaya, Y., Pramono, I. B., Nugroho, N. P., Supangat, A. B., Indrawati, D. R., Savitri, E., Wahyuningrum, N., Purwanto, Cahyono, S. A., Putra, P. B., Adi, R. N., Nugroho, A. W., Auliyani, D., Wuryanta, A., Riyanto, H. D., Harjadi, B., Yudilastyantoro, C., ... Simarmata, D. P. (2022). Improvement of Integrated Watershed Management in Indonesia for Mitigation and Adaptation to Climate Change: A Review. *Sustainability*, 14(16), 9997. <https://doi.org/10.3390/su14169997>
- Bojago, E. (2024). Spatio-temporal rainfall variability and trends using a Kriging-interpolation and Innovative trend analysis approach: The case of Wolaita zone, south Ethiopia. *Discover Sustainability*, 5(1), 495. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00685-6>
- Gandri, L., Syaf, H., Abadi, M., Hasani, U. O., Arif, L. O. K., & Albasri. (2023). Analisis Daya Dukung Tata Air untuk Monitoring Kinerja Pengelolaan DAS Poleang, Sulawesi Tenggara. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(2), 91–100. <https://doi.org/10.29080/alard.v8i2.1731>
- Hidayat, D. P. A., Legowo, W. D. S., & Farid, M. (2024). Development of Rainfall-Runoff Model Using Mock Formula with the Calibration of Stream Discharge in Cisadane Watershed—Indonesia. In B. S. Mohammed, T. H. Min, M. H. Sutanto, T. B. Joewono, & S. As'ad (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Emerging Smart Cities (ICESC2022)* (Vol. 324, pp.

- 253–261). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-1111-0\\_21](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1111-0_21)
- Hwang, S. H., Kim, K. B., & Han, D. (2020). Comparison of methods to estimate areal means of short duration rainfalls in small catchments, using rain gauge and radar data. *Journal of Hydrology*, 588, 125084. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.12.5084>
- Ismafatin Nabilah Ismail, Mohd Khairul Amri Kamarudin, Frankie Marcus Ata, Nor Rohaizah Jamil, Haryati Shafii, & Endri Sanopaka. (2025). GIS Isohyet and Thiessen Polygon Methods for Rainfall Pattern in Kelantan, Malaysia. *Proceedings of International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES)*, 11, 1739–1744. <https://doi.org/10.5109/7395739>
- Ismail, A., Greve, K., Widiawaty, M. A., Dede, M., & Nandi, N. (2024). Effect of Vegetation Cover Changes on the Runoff Coefficient Characteristics in the Cisangkuy Watershed, Indonesia. *Anuário Do Instituto de Geociências*, 47. [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2024\\_47\\_61104](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2024_47_61104)
- Maftukhakh Hilmya Nada, F., & Iqbal Taufiqurrahman Sunariya, M. (2025). The impact of land cover change on runoff coefficient at Upper Garang Watershed, Jawa Tengah Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1438(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1438/1/012021>
- Pratama, J. P., & Darmawan, Y. (2025). Analisis Pola Sebaran Spasial Curah Hujan di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Metode Poligon Thiessen untuk Mitigasi Bencana Banjir. *Sainteks*, 22(1), 23–28. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v22i1.25602>
- Sudaryatno, Rahardjo, N., Winanda, & Saputri, S. Y. (2021). Estimation of peak discharge using a rational method in Kodil Sub-Watershed, Purworejo Regency, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 686(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/686/1/012025>
- Waode Faridawaty & Asda Rauf. (2025). Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS): Analisis Spasial Biogeofisik DAS Paguyaman. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 3(2), 25–40. <https://doi.org/10.62504/jimr1207>
- Wiwoho, B. S., Astuti, I. S., Purwanto, P., Deffinika, I., Alfarizi, I. A. G., Suchayyo, H. R., Gusti, R., Herwanto, M. T., & Herlambang, G. A. (2023). Assessing long-term rainfall trends and changes in a tropical watershed Brantas, Indonesia: An approach for quantifying the agreement among satellite-based rainfall data, ground rainfall data, and small-scale farmers questionnaires. *Natural Hazards*, 117(3), 2835–2862. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05969-0>



Copyright© 2026. Susanti Rahman, Amirudin Miradj

