

Keandalan Data Curah Hujan Satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) Terhadap Data Curah Hujan Stasiun Bumi pada Beberapa Sub DAS di DAS Brantas

Rafika Nuramalia^{1,*}, Umboro Lasminto¹

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: rafikanur21@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	16 Januari 2022	<i>The uneven distribution of rain gauge stations in watersheds affects the rainfall data quality. The number of rain gauge stations spread over a watershed must follow the WMO (World Meteorological Organization) standards to obtain good quality data. The Addition and reduction rain gauge stations are uneasy because it takes a long time to set up. Therefore, an alternative is needed to obtain rainfall data, such as TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) satellite rain data. The research was conducted by comparing TRMM rain data and rain gauge station data. This study aims to determine the accuracy level of the TRMM data in the Lesti, Metro, Ngrowo, and Widias sub-watersheds. Therefore, based on hydrological analysis, calibration, verification, and validation, the corrected TRMM data correlates with rain gauge station data, especially in scenario 2, TRMM data with a range of NSE values from 0.76 to 0.95.</i>
Diperbaiki	16 Februari 2022	
Disetujui	28 April 2022	

Keywords: rain station, satellite, TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*)

Abstrak

Ketidaktersebaran persebaran pos stasiun hujan pada beberapa DAS dapat mempengaruhi kualitas data curah hujan yang dihasilkan. Untuk mendapatkan data dengan kualitas yang baik, maka jumlah stasiun hujan yang tersebar pada suatu DAS harus sesuai dengan standar WMO (*World Meteorological Organization*). Penambahan dan pengurangan jumlah stasiun hujan tidak mudah dilakukan dikarenakan membutuhkan waktu yang lama dalam pengaturannya. Oleh karena itu diperlukan alternatif lain untuk memperoleh data curah hujan, salah satunya yaitu menggunakan data hujan satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). Penelitian dilakukan dengan membandingkan data hujan TRMM dan data hujan stasiun. Tujuannya yaitu untuk mengetahui tingkat keakuratan dari data hujan TRMM pada masing-masing skenario di Sub DAS Lesti, Metro, Ngrowo, dan Widias. Berdasarkan analisa hidrologi, kalibrasi, verifikasi, dan validasi, hasil yang diperoleh menyatakan bahwa data TRMM terkoreksi memiliki korelasi yang baik dengan data hujan stasiun, khususnya pada data TRMM skenario 2 dengan rentang nilai NSE 0,76 – 0,95.

Kata kunci: pos stasiun hujan, satelit, TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*)

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis, dimana hanya memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Pada musim kemarau, intensitas curah hujan sangat rendah, sehingga dapat menyebabkan kekeringan. Sedangkan pada musim hujan, intensitas curah hujan cukup tinggi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya genangan di permukaan tanah yang kemudian berubah menjadi banjir [1].

Informasi mengenai data curah hujan sangat diperlukan sebagai dasar pengelolaan sumber daya air. Data curah hujan dapat diperoleh dengan cara melakukan pengukuran menggunakan alat penakar curah hujan yang terdapat pada pos stasiun hujan. Namun pada kenyataannya jumlah persebaran pos stasiun hujan di beberapa daerah tidak merata. Hal ini dapat berpengaruh terhadap kualitas data curah hujan yang dihasilkan [2]. Salah satu contoh persebaran pos stasiun hujan yang tidak merata yaitu terdapat pada Sub DAS Lesti. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Alfirman

menyatakan bahwa dari 5 pos stasiun hujan yang tersebar, hanya 2 pos stasiun hujan saja yang memenuhi standar WMO (*World Meteorological Organization*) [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu adanya alternatif lain untuk dapat memperoleh data curah hujan. Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan data hujan dari satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). TRMM adalah sebuah satelit milik Badan Penerbangan dan Antariksa Amerika Serikat atau biasa dikenal dengan NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) yang bekerjasama dengan Badan Antariksa Jepang yaitu JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*). Satelit TRMM berfungsi untuk mengukur curah hujan di wilayah tropis, seperti di Indonesia [4].

Beberapa penelitian serupa yang dilakukan oleh Dasanto dan Maulidani dengan menggunakan data TRMM 3B42. Penelitian oleh Dasanto menggunakan pendekatan koreksi bias statistik dengan fungsi transfer. Hasilnya menunjukkan

bahwa adanya hasil yang baik antara data hujan bulanan dari data observasi dengan data TRMM terkoreksi di DAS Citarum Hulu [5]. Penelitian oleh Maulidani menggunakan *software* MATLAB dalam proses analisisnya. Hasilnya menunjukkan kesesuaian data antara satelit TRMM dengan data yang berasal dari Pengelola Sumber Daya Air (PSDA) Kota Makassar [6]. Selain itu penelitian dengan data TRMM 3B42RT juga menunjukkan hasil yang baik, seperti yang dilakukan oleh Jarwanti. Hasilnya menunjukkan bahwa data satelit TRMM terkoreksi dapat digunakan sebagai alternatif pengganti data hujan pos penakar hujan di DAS Grindulu [7]. Penelitian yang akan dilakukan disini yaitu dengan menggunakan data TRMM 3B42 dan 3B42RT kemudian dibandingkan dengan data hujan stasiun. Hal ini dikarenakan kedua jenis data TRMM tersebut sama-sama memiliki korelasi yang baik.

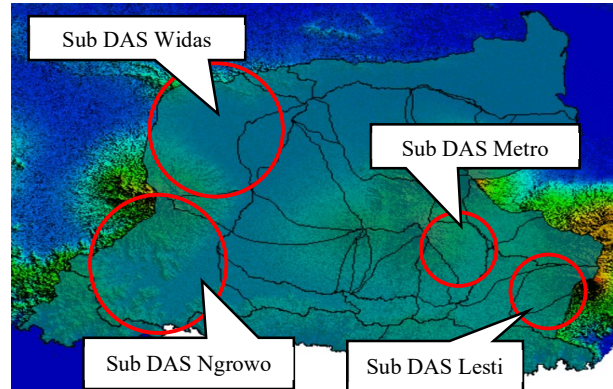
Data hujan TRMM merupakan data penginderaan jauh, dimana pengukuran curah hujan terjadi di atmosfer. Berbeda dengan data pos stasiun hujan yang pengukurannya terjadi di permukaan bumi. Butiran hujan dari atmosfer membutuhkan waktu tertentu untuk jatuh ke bumi [8]. Oleh karena itu, sebelum data TRMM digunakan, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mengetahui kualitas data yang akan digunakan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 skenario data TRMM, kemudian dilakukan analisa hidrologi, kalibrasi, verifikasi, dan validasi data. Sehingga, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan dan tingkat keakuratan dari data TRMM terhadap data pos stasiun hujan, serta memilih skenario data TRMM mana yang memiliki hasil paling mendekati dengan data pengukuran di lapangan.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, Sub DAS Ngrowo, dan Sub DAS Widias. Keempat sub das tersebut merupakan bagian dari Wilayah Sungai Brantas (DAS Brantas). Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Pengumpulan data pada penelitian ini yaitu berupa data sekunder. Data sekunder adalah data pendukung yang diperoleh dari penelitian atau sumber yang sudah ada. Adapun data-data yang dibutuhkan, antara lain, data hujan stasiun dan satelit TRMM, koordinat pos stasiun hujan, peta topografi (DEM), serta jaringan sungai.

Data hujan stasiun dapat diperoleh dari dinas atau instansi yang berkaitan dengan bidang sumber daya air. Sedangkan data hujan satelit TRMM dapat diperoleh dengan cara mengakses *website* <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>. Data TRMM yang digunakan dibagi menjadi 4 skenario. Skenario 1 merupakan data *Near Real Time Precipitation Daily* (3B42RT_Daily), skenario 2 merupakan data

Precipitation Rate Daily (3B42_Daily), skenario 3 merupakan data *Near Real Time Precipitation 3-Hourly* (3B42RT), dan skenario 4 merupakan data *Precipitation Rata 3-Hourly* (3B42).



Gambar 1. DAS Brantas

Analisa data dilakukan terhadap data-data yang sudah terkumpul, kemudian membandingkan data-data tersebut dengan teori yang ada pada literatur. Secara singkat, tahapan analisa data meliputi, pengumpulan dan pemeriksaan data hujan, analisa hidrologi, serta analisa kalibrasi, verifikasi, dan validasi data.

2.1. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi bertujuan untuk menguji dan mengetahui kualitas data curah hujan yang akan digunakan. Pengujian ini diperlukan karena data curah hujan yang diperoleh dari pos stasiun hujan dan *website* TRMM masih belum diketahui kualitas baik buruknya. Analisa hidrologi yang dilakukan, antara lain:

a. Analisa Hujan Hilang

Untuk keperluan analisa hidrologi, diperlukan data yang lengkap dari masing-masing stasiun. Namun seringkali terdapat pencatatan hujan yang tidak lengkap atau hilang datanya. Oleh karena itu data hujan yang hilang harus dihitung terlebih dahulu. Perhitungan data hujan yang hilang dengan menggunakan metode rata-rata aljabar dapat menggunakan rumus seperti pada persamaan 1 [9].

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (1)$$

Dengan:

P = Curah hujan yang hilang

P₁, P₂, P_n = Curah hujan stasiun 1, 2, ..., n

n = Jumlah stasiun hujan

b. Kurva Massa Ganda

Kurva massa ganda adalah salah satu metode grafis untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data curah hujan yang berasal dari pos stasiun hujan [10]. Metode ini dilakukan dengan cara membandingkan kumulatif antara data hujan stasiun dengan kumulatif rerata data hujan stasiun lain, kemudian di plot pada sebuah grafik. Data dapat dikatakan konsisten, jika sudut pada grafik kurva massa ganda memiliki rentang nilai $42^\circ < \alpha < 48^\circ$ [11]. Apabila data memiliki sudut diluar rentang nilai yang diijinkan, maka data tersebut perlu dihitung faktor koreksi dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 2.

$$F_k = \frac{S_{\text{koreksi}}}{S_1} \quad (2)$$

Dengan:

F_k = Faktor koreksi

S_{koreksi} = 1 (sudut 45°)

S_1 = Selisih antara kumulatif curah hujan dan curah hujan tahun terbaru

c. RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*)

Metode RAPS adalah salah satu metode untuk menguji konsistensi data curah hujan dengan menghitung nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata. Metode ini menganggap bahwa data hanya berjumlah satu stasiun. Data dapat dikatakan konsisten, jika nilai Q_{hitung} dan R_{hitung} lebih kecil daripada nilai Q_{tabel} dan R_{tabel} [11].

d. Uji Ketidakadaan Trend

Trend adalah suatu deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju ke satu arah, yaitu arah naik atau turun. Apabila pada data deret berkala menunjukkan adanya trend, maka data tidak disarankan untuk digunakan pada analisa hidrologi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menguji ketidakadaan trend yaitu metode Spearman dengan rumus seperti pada persamaan 3 dan 4 [12].

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \quad (3)$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-K^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Dengan:

KP = Koefisien korelasi peringkat

n = Jumlah data

dt = $R_t - T_t$

R_t = Peringkat dari variable hidrologi dalam deret berkala

T_t = Peringkat dari waktu

t = Nilai distribusi t

e. Uji Stasioner

Uji stasioner digunakan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari suatu deret berkala. Suatu data dapat dikatakan stasioner/stabil apabila data tersebut tidak mengalami perubahan sepanjang periode waktu yang ditentukan. Apabila suatu data deret berkala mengalami perubahan, maka data dikatakan tidak stasioner [12]. Uji stasioner terdiri atas 2 jenis, yaitu uji kestabilan nilai varian (Uji F) dan uji kestabilan nilai rata-rata (Uji t). Uji F dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 5.

$$F = \frac{n_1 S_{d1}^2 (n_2 - 1)}{n_2 S_{d2}^2 (n_1 - 1)} \quad (5)$$

Dengan:

F = Nilai F hitung

n_1, n_2 = Jumlah kelompok data 1 dan 2

S_{d1}, S_{d2} = Standar deviasi kelompok data 1 dan 2

Uji t dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 6 dan 7.

$$\sigma = \left(\frac{n_1 S_{d1}^2 + n_2 S_{d2}^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

Dengan:

t = Nilai t hitung

\bar{X}_1, \bar{X}_2 = Nilai rerata hitung kelompok data 1 dan 2

n_1, n_2 = Jumlah kelompok data 1 dan 2

S_{d1}, S_{d2} = Standar deviasi kelompok data 1 dan 2

f. Uji Persistensi

Persistensi adalah ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melakukan uji persistensi, maka harus menghitung nilai dari koefisien serial terlebih dahulu. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode Spearman dengan rumus seperti pada persamaan 8 dan 9 [12].

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (di)^2}{m^3 - m} \quad (8)$$

$$t = KS \left[\frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Dengan:

KS = Koefisien korelasi serial

m = $n - 1$

n = Jumlah data

di = Perbedaan nilai peringkat data

t = Nilai distribusi t

2.2. Analisa Hujan Wilayah

Hujan wilayah adalah curah hujan rerata pada suatu daerah aliran sungai yang diperlukan sebagai penunjang analisa hidrologi. Hujan wilayah dapat dihitung dengan

mempertimbangkan titik pengamatan curah hujan (pos stasiun hujan) pada suatu DAS [13]. Apabila dalam suatu DAS terdapat beberapa pos stasiun hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan daerah adalah dengan mengambil harga rata-ratanya [14]. Untuk menghitung curah hujan rerata daerah, dapat menggunakan beberapa metode seperti metode aritmatik, poligon thiessen, dan isohyet. Namun dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk yaitu metode Poligon Thiessen dengan rumus seperti pada persamaan 10 [15].

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 \dots A_nR_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots A_n} \quad (10)$$

Dengan:

R = Curah hujan daerah (mm)

R₁, R₂, R_n = Curah hujan tiap titik pengamatan pos stasiun hujan (mm)

A₁, A₂, A_n = Luas wilayah yang dibatasi oleh poligon

2.3. Analisa Kalibrasi, Verifikasi, dan Validasi

a. Kalibrasi

Kalibrasi adalah proses menyesuaikan nilai parameter model untuk mendapatkan suatu parameter yang dapat memberikan estimasi terbaik dari data yang digunakan. Dalam hal ini berupa data hujan. Kalibrasi dilakukan dengan meminimalkan kesalahan yang mungkin terjadi dengan cara melakukan uji coba (*trial and error*) dari beberapa parameter untuk mendapatkan nilai ketidakpastian seminimal mungkin antara data hasil pengukuran di lapangan dan data hasil pemodelan [16]. Kalibrasi dapat dihitung dengan analisa regresi. Beberapa alternatif regresi yang umum digunakan, yaitu regresi linear, regresi eksponensial, regresi berpangkat, regresi logaritma, dan regresi polinomial [12].

b. Verifikasi

Verifikasi adalah proses untuk menguji kinerja model dengan menggunakan data diluar periode kalibrasi. Tujuannya yaitu untuk mendapatkan nilai korelasi yang menunjukkan hubungan antara data model dengan data hasil pengukuran di lapangan. Proses verifikasi dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi yang telah terpilih pada tahap kalibrasi.

c. Validasi

Validasi adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran mengenai nilai ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model. Proses validasi dilakukan dengan menggunakan data diluar data pada periode kalibrasi [16]. Beberapa perhitungan yang dilakukan pada tahap validasi, yaitu *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency*

(NSE), Koefisien Korelasi (R), dan Kesalahan Relatif (KR).

Rumus untuk menghitung nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) dapat dilihat pada persamaan 11.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{n}} \quad (11)$$

Dengan:

P_i = Data hasil observasi

Q_i = Data hasil estimasi

n = Jumlah data

Rumus untuk menghitung nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) dapat dilihat pada persamaan 12.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2} \quad (12)$$

Dengan:

P_i = Data hasil observasi

Q_i = Data hasil estimasi

\bar{P}_i = Rerata data observasi

n = Jumlah data

Tabel 1. Kriteria Nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) [7]

Nilai NSE	Interpretasi
NSE > 0,75	Baik
0,36 < NSE < 0,75	Memenuhi
NSE < 0,36	Tidak Memenuhi

Rumus untuk menghitung nilai Koefisien Korelasi (R) dapat dilihat pada persamaan 13.

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n P_i Q_i - \sum_{i=1}^n P_i \times \sum_{i=1}^n Q_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n P_i^2 - (\sum_{i=1}^n P_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n Q_i^2 - (\sum_{i=1}^n Q_i)^2}} \quad (13)$$

Dengan:

P_i = Data hasil observasi

Q_i = Data hasil estimasi

n = Jumlah data

Tabel 2. Kriteria Nilai Koefisien Korelasi [7]

Nilai R	Interpretasi
0 – 0,19	Sangat Rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuang
0,8 - 1	Sangat Kuat

Rumus untuk menghitung nilai Kesalahan Relatif (KR) dapat dilihat pada persamaan 14.

$$KR = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \times 100\% \quad (14)$$

Dengan:

P_i = Data hasil observasi

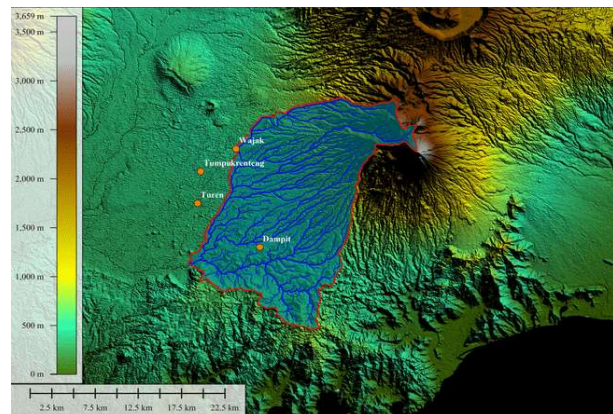
Q_i = Data hasil estimasi
 n = Jumlah data

3. Hasil dan Pembahasan

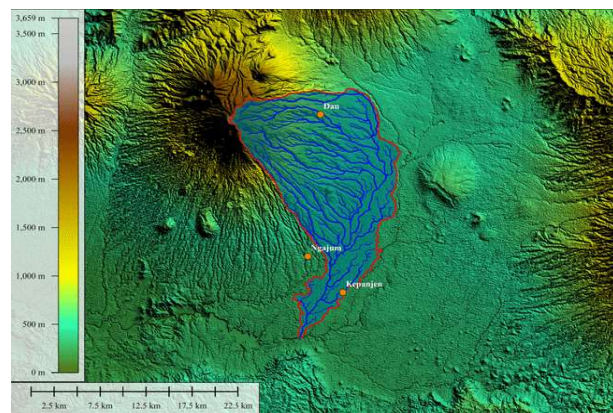
3.1. Pembuatan Batas DAS

Analisa batas DAS merupakan pembuatan batas daerah aliran sungai pada lokasi tertentu. Pembuatan batas DAS ini ditentukan berdasarkan sungai-sungai yang saling terhubung dan membentuk satu jaringan sungai, dimana terdiri dari sungai utama dan anak sungai. Analisa pembuatan batas DAS dilakukan dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.2.2. Hasil yang diperoleh yaitu berupa batas dan luas DAS pada masing-masing lokasi.

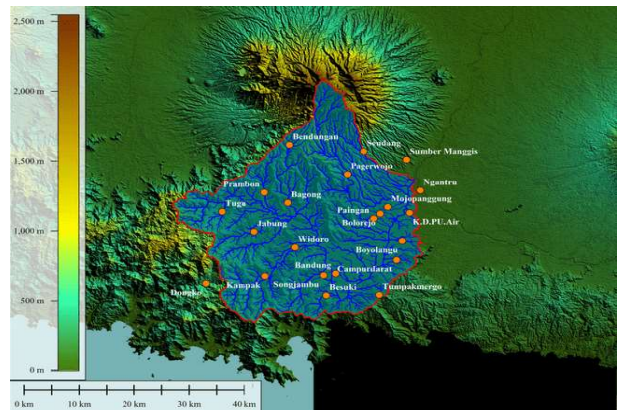
Berdasarkan hasil analisa pembuatan batas DAS, didapatkan luas wilayah pada masing-masing DAS. Sub DAS Lesti memiliki luas wilayah sebesar 376,92 km², Sub DAS Metro memiliki luas wilayah sebesar 269,75 km², Sub DAS Ngrowo memiliki luas wilayah sebesar 1250,51 km², dan Sub DAS Widas memiliki luas wilayah sebesar 1286,72 km². Hasil penggambaran batas DAS dapat dilihat pada **Gambar 2 – Gambar 5**.



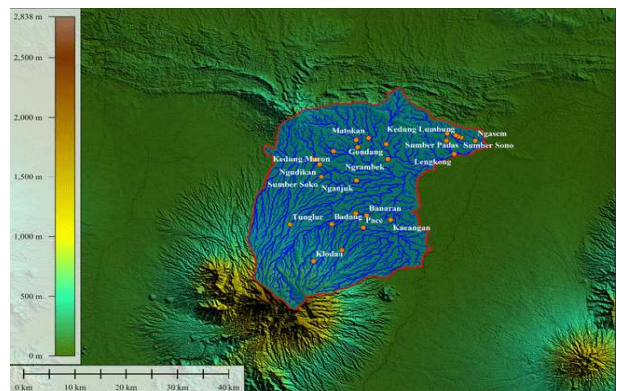
Gambar 2. Sub DAS Lesti



Gambar 3. Sub DAS Metro



Gambar 4. Sub DAS Ngrowo



Gambar 5. Sub DAS Widas

3.2. Hasil Analisa Kualitas Data

a. Hasil Uji Metode Kurva Massa Ganda

Metode kurva massa ganda digunakan untuk melihat konsistensi dari data hujan stasiun dengan cara menggambar grafik *scatterplot* antara kumulatif data hujan stasiun dan TRMM. Berdasarkan penggambaran kurva massa ganda, didapatkan nilai sudut α pada masing-masing stasiun hujan.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai α Stasiun Hujan Sub DAS Lesti

No	Pos Stasiun Hujan	α	Keterangan
1	Turen	44,67°	Konsisten
2	Wajak	46,78°	Konsisten
3	Tumpukrenteng	44,35°	Konsisten
4	Dampit	44,15°	Konsisten

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai α Stasiun Hujan Sub DAS Metro

No	Pos Stasiun Hujan	α	Keterangan
1	Kepanjen	46,15°	Konsisten
2	Ngajum	46,92°	Konsisten
3	Dau	41,83°	Konsisten

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai α Stasiun Hujan Sub DAS Widas

No	Pos Stasiun Hujan	α	Keterangan
1	Badong	45,28°	Konsisten
2	Banaran	43,71°	Konsisten
3	Bangle	46,30°	Konsisten
4	Genjeng	45,65°	Konsisten
5	Glatik	45,05°	Konsisten
6	Gondang	43,59°	Konsisten
7	Kacangan	45,31°	Konsisten
8	Kedung Lumbung	45,88°	Konsisten
9	Kedung Maron	42,48°	Konsisten
10	Kedung Pingit	47,71°	Konsisten
11	Kedungrejo	43,37°	Konsisten
12	Klodian	44,93°	Konsisten
13	Lengkong	45,36°	Konsisten
14	Logawe	47,85°	Konsisten
15	Matokan	47,52°	Konsisten
16	Nganjuk	42,98°	Konsisten
17	Ngasem	44,54°	Konsisten
18	Ngrambek	44,93°	Konsisten
19	Ngudikan	42,15°	Konsisten
20	Pace	44,73°	Konsisten
21	Patihan	43,66°	Konsisten
22	Rejoso	45,53°	Konsisten
23	Sumber Kepuh	45,98°	Konsisten
24	Sumber Padas	44,43°	Konsisten
25	Sumber Soko	44,10°	Konsisten
26	Sumber Sono	45,22°	Konsisten
27	Tunglur	42,32°	Konsisten

Berdasarkan hasil uji kurva massa ganda pada **Tabel 3 – Tabel 6**, didapatkan nilai sudut α berada pada rentang nilai $42^\circ < \alpha < 48^\circ$. Hal ini dapat diartikan bahwa semua pos stasiun hujan memiliki pengaruh satu sama lain. Nilai sudut α yang berada diluar rentang nilai tersebut sudah dilakukan perbaikan dengan cara menghitung faktor koreksinya. Faktor koreksi adalah suatu nilai yang digunakan sebagai faktor pengali pada data hujan stasiun. Faktor koreksi hanya digunakan pada data yang memiliki sudut α tidak pada rentang nilai yang diijinkan. Sehingga agar mendapatkan hasil kemiringan sudut yang sesuai, maka sebelum data digunakan lebih lanjut, harus dikalikan dengan faktor koreksi terlebih dahulu. Setelah dilakukan koreksi dan mendapatkan hasil nilai sudut α yang sesuai, maka data dapat dikatakan konsisten. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua data hujan stasiun di Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, Sub DAS Ngrowo, dan Sub DAS Widas bersifat konsisten karena memiliki nilai sudut α sesuai dengan yang rentang nilai yang diijinkan.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai α Stasiun Hujan Sub DAS Ngrowo

No	Pos Stasiun Hujan	α	Keterangan
1	Bagong	46,76°	Konsisten
2	Bandung	44,96°	Konsisten
3	Bendungan	45,90°	Konsisten
4	Besuki	45,48°	Konsisten
5	Bolorejo	45,38°	Konsisten
6	Boyolangu	43,86°	Konsisten
7	Campurdarat	44,69°	Konsisten
8	Dongko	45,05°	Konsisten
9	Jabung	46,41°	Konsisten
10	K.D.PU.Air	44,50°	Konsisten
11	Kampak	47,27°	Konsisten
12	Mojopanggung	42,00°	Konsisten
13	Ngantru	43,83°	Konsisten
14	Ngantup	44,35°	Konsisten
15	Pagerwojo	45,39°	Konsisten
16	Paingan	43,06°	Konsisten
17	Prambon	46,08°	Konsisten
18	Sendang	44,96°	Konsisten
19	Songjambung	44,85°	Konsisten
20	Sumber Manggis	47,09°	Konsisten
21	Tugu	45,67°	Konsisten
22	Tumpakmergo	44,27°	Konsisten
23	Widoro	44,43°	Konsisten

b. Hasil Uji Metode RAPS

Metode RAPS digunakan untuk melihat konsistensi dari data hujan TRMM pada masing-masing skenario. Berdasarkan pembacaan tabel, didapatkan nilai Q_{tabel} dan R_{tabel} sebagai berikut:

- $Q_{tabel}(5\%) = 1,19$ (tahunan), 1,36 (bulanan)
- $Q_{tabel}(1\%) = 1,37$ (tahunan), 1,63 (bulanan)
- $R_{tabel}(5\%) = 1,37$ (tahunan), 1,75 (bulanan)
- $R_{tabel}(1\%) = 1,51$ (tahunan), 2,00 (bulanan)

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (Q) Sub DAS Lesti

Skenario	Periode	Q_{hitung}	Keterangan	
			$Q_{5\%}$	$Q_{1\%}$
1	Tahunan	0,67	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,25	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,75	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,16	Diterima	Diterima
3	Tahunan	1,49	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,37	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,62	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,29	Diterima	Diterima

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (R) Sub DAS Lesti

Skenario	Periode	R _{hitung}	Keterangan	
			R _{5%}	R _{1%}
1	Tahunan	1,27	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,23	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,96	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,23	Diterima	Diterima
3	Tahunan	1,68	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,45	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,26	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,37	Diterima	Diterima

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (Q) Sub DAS Metro

Skenario	Periode	Q _{hitung}	Keterangan	
			Q _{5%}	Q _{1%}
1	Tahunan	0,59	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,25	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,75	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,17	Diterima	Diterima
3	Tahunan	1,57	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,37	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,75	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,30	Diterima	Diterima

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (R) Sub DAS Metro

Skenario	Periode	R _{hitung}	Keterangan	
			R _{5%}	R _{1%}
1	Tahunan	1,17	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,25	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,89	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,25	Diterima	Diterima
3	Tahunan	1,67	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,45	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,17	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,38	Diterima	Diterima

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (Q) Sub DAS Ngrowo

Skenario	Periode	Q _{hitung}	Keterangan	
			Q _{5%}	Q _{1%}
1	Tahunan	0,72	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,22	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,43	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,12	Diterima	Diterima
3	Tahunan	1,65	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,34	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,25	Ditolak	Diterima
	Bulanan	0,22	Diterima	Diterima

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (R) Sub DAS Ngrowo

Skenario	Periode	R _{hitung}	Keterangan	
			R _{5%}	R _{1%}
1	Tahunan	1,15	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,20	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,79	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,20	Diterima	Diterima
3	Tahunan	1,55	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,42	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,05	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,30	Diterima	Diterima

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (Q) Sub DAS Widias

Skenario	Periode	Q _{hitung}	Keterangan	
			Q _{5%}	Q _{1%}
1	Tahunan	0,77	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,17	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,17	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,13	Diterima	Diterima
3	Tahunan	2,00	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,28	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,19	Ditolak	Diterima
	Bulanan	0,21	Diterima	Diterima

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Uji RAPS (R) Sub DAS Widias

Skenario	Periode	R _{hitung}	Keterangan	
			R _{5%}	R _{1%}
1	Tahunan	1,13	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,21	Diterima	Diterima
2	Tahunan	0,73	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,21	Diterima	Diterima
3	Tahunan	1,63	Ditolak	Ditolak
	Bulanan	0,36	Diterima	Diterima
4	Tahunan	1,09	Diterima	Diterima
	Bulanan	0,29	Diterima	Diterima

Berdasarkan hasil uji RAPS pada **Tabel 7 – Tabel 14**, menunjukkan bahwa hampir semua skenario dari data TRMM pada periode tahunan dan bulanan bersifat konsisten (diterima), baik untuk derajat kepercayaan 5% maupun 1%. Hanya data pada skenario 3 dan skenario 4 dengan periode tahunan yang bersifat tidak konsisten (ditolak). Namun dikarenakan pada periode bulanan data bersifat konsisten, maka data masih dapat digunakan untuk analisa hidrologi selanjutnya.

c. Hasil Uji Ketidakadaan Trend

Uji ketidakadaan trend digunakan untuk mengetahui apakah suatu data deret berkala menunjukkan adanya trend atau pola. Berdasarkan perhitungan dengan metode Spearman, didapatkan hasil bahwa hampir semua data hujan stasiun dan data TRMM pada Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, Sub DAS Ngrowo, dan Sub DAS Widas tidak menunjukkan adanya trend, baik pada derajat kepercayaan 5% maupun 1%. Hanya hasil perhitungan pada Stasiun Wajak dan Stasiun Tumpukrenteng di Sub DAS Lesti serta Stasiun Bagong di Sub DAS Ngrowo pada derajat kepercayaan 5% dengan periode tahunan saja yang hasilnya menunjukkan adanya trend. Namun untuk derajat kepercayaan 1% tidak menunjukkan adanya trend. Oleh karena itu semua data hujan stasiun dan data TRMM tetap dapat digunakan untuk analisa hidrologi selanjutnya.

d. Hasil Uji Stasioner

Uji stasioner digunakan untuk mengetahui apakah suatu data deret berkala memiliki kestabilan nilai varian (Uji F) dan kestabilan nilai rata-rata (Uji t). Berdasarkan perhitungan uji F, didapatkan hasil bahwa hampir semua data hujan stasiun dan data TRMM pada Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, Sub DAS Ngrowo, dan Sub DAS Widas memiliki nilai varian yang stabil, baik pada derajat kepercayaan 5% maupun derajat kepercayaan 1%. Hanya data pada Stasiun Ngantru dan Stasiun Paingan pada periode bulanan saja yang memiliki nilai varian tidak stabil.

Untuk Uji t, berdasarkan perhitungan didapatkan hasil bahwa semua data hujan stasiun dan data TRMM memiliki nilai rerata yang stabil, baik pada derajat kepercayaan 5% maupun 1%. Oleh karena itu semua data hujan stasiun dan data TRMM dapat digunakan untuk analisa hidrologi selanjutnya.

e. Hasil Uji Persistensi

Uji persistensi digunakan untuk menguji apakah suatu data deret berkala berasal dari sampel yang acak. Berdasarkan perhitungan uji persistensi, didapatkan hasil bahwa hampir semua data hujan stasiun dan data TRMM pada periode tahunan bersifat acak (persisten), baik pada derajat kepercayaan 5% maupun 1%. Hanya hasil perhitungan pada Stasiun Bandung, Stasiun Pagerwojo, Stasiun Tumpakmergo, dan Stasiun Klodan pada periode tahunan saja yang memiliki data tidak acak (tidak persisten). Sedangkan pada periode bulanan, semua data hujan stasiun dan data hujan TRMM bersifat tidak acak (tidak persisten). Meskipun begitu, semua data ini tetap dapat digunakan untuk analisa hidrologi selanjutnya.

f. Korelasi Data Hujan Stasiun dan TRMM

Perhitungan korelasi data hujan stasiun dengan data TRMM bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat korelasi atau hubungan antara data hujan pada masing-masing pos stasiun hujan terhadap data hujan satelit TRMM. Untuk mengetahui korelasi antara kedua jenis data tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan dengan rumus koefisien korelasi.

Tabel 15. Nilai Korelasi Stasiun Hujan di Sub DAS Lesti

No	Stasiun Hujan	Nilai Korelasi (Skenario)			
		1	2	3	4
1	Turen	0,86	0,85	0,86	0,84
2	Wajak	0,84	0,85	0,84	0,84
3	Tumpukrenteng	0,86	0,86	0,86	0,85
4	Dampit	0,77	0,80	0,77	0,79

Tabel 16. Nilai Korelasi Stasiun Hujan di Sub DAS Widas

No	Stasiun Hujan	Nilai Korelasi (Skenario)			
		1	2	3	4
1	Badong	0,83	0,81	0,81	0,79
2	Banaran	0,86	0,85	0,84	0,84
3	Bangle	0,81	0,81	0,80	0,80
4	Genjeng	0,80	0,81	0,79	0,79
5	Glatik	0,89	0,83	0,88	0,83
6	Gondang	0,86	0,84	0,84	0,83
7	Kacangan	0,84	0,81	0,83	0,80
8	Kedung Lumbung	0,79	0,80	0,79	0,80
9	Kedung Maron	0,86	0,83	0,86	0,83
10	Kedung Pingit	0,86	0,83	0,85	0,83
11	Kedungrejo	0,89	0,85	0,88	0,85
12	Klodan	0,82	0,83	0,80	0,81
13	Lengkong	0,81	0,81	0,79	0,79
14	Logawe	0,83	0,83	0,82	0,82
15	Matokan	0,84	0,82	0,83	0,81
16	Nganjuk	0,84	0,81	0,83	0,80
17	Ngasem	0,81	0,82	0,80	0,82
18	Ngrambek	0,84	0,82	0,83	0,82
19	Ngudikan	0,86	0,82	0,85	0,81
20	Pace	0,84	0,83	0,84	0,83
21	Patihan	0,82	0,80	0,80	0,79
22	Rejoso	0,87	0,84	0,87	0,84
23	Sumber Kepuh	0,83	0,83	0,82	0,82
24	Sumber Padas	0,84	0,83	0,83	0,83
25	Sumber Soko	0,84	0,83	0,88	0,83
26	Sumber Sono	0,82	0,82	0,81	0,82
27	Tunglur	0,81	0,79	0,80	0,78

Tabel 17. Nilai Korelasi Stasiun Hujan di Sub DAS Metro

No	Stasiun Hujan	Nilai Korelasi (Skenario)			
		1	2	3	4
1	Kepanjen	0,87	0,81	0,87	0,79
2	Ngajum	0,86	0,82	0,87	0,81
3	Dau	0,77	0,83	0,77	0,82

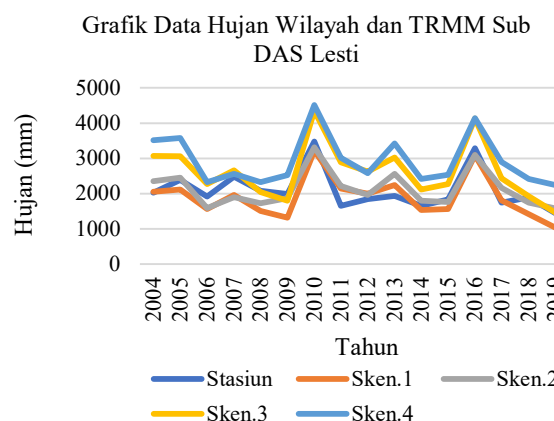
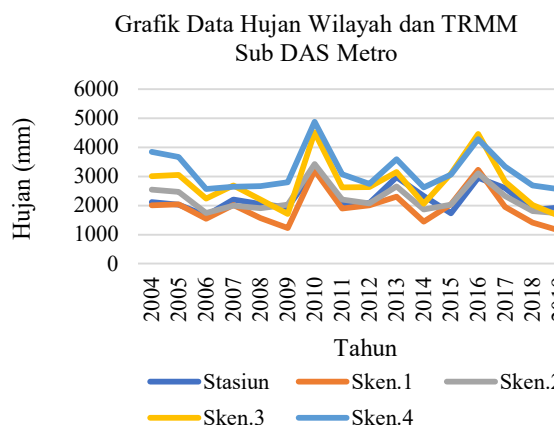
Tabel 18. Nilai Korelasi Stasiun Hujan di Sub DAS Ngrowo

No	Stasiun Hujan	Nilai Korelasi (Skenario)			
		1	2	3	4
1	Bagong	0,84	0,79	0,82	0,79
2	Bandung	0,78	0,77	0,76	0,75
3	Bendungan	0,84	0,77	0,83	0,77
4	Besuki	0,72	0,69	0,70	0,68
5	Bolorejo	0,88	0,84	0,87	0,83
6	Boyolangu	0,82	0,77	0,80	0,76
7	Campurdarat	0,80	0,79	0,79	0,77
8	Dongko	0,84	0,81	0,83	0,80
9	Jabung	0,84	0,82	0,83	0,81
10	K.D.PU.Air	0,87	0,84	0,86	0,83
11	Kampak	0,76	0,74	0,75	0,72
12	Mojopanggung	0,87	0,84	0,86	0,83
13	Ngantru	0,82	0,84	0,81	0,83
14	Ngantup	0,58	0,57	0,58	0,57
15	Pagerwojo	0,85	0,83	0,85	0,83
16	Paingan	0,78	0,75	0,77	0,74
17	Prambon	0,89	0,85	0,88	0,85
18	Sendang	0,87	0,84	0,87	0,84
19	Songjambu	0,76	0,75	0,74	0,74
20	Sumber Manggis	0,84	0,83	0,84	0,83
21	Tugu	0,85	0,85	0,83	0,84
22	Tumpakmergo	0,77	0,76	0,76	0,75
23	Widoro	0,77	0,78	0,76	0,77

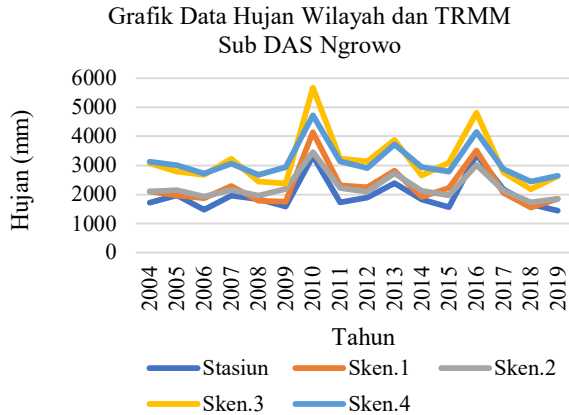
Pada **Tabel 15 – Tabel 18**, menunjukkan hasil korelasi antara data hujan stasiun dan data hujan satelit TRMM. Hasilnya menunjukkan bahwa hampir semua nilai korelasi memiliki nilai lebih dari 0,6. Hal ini menandakan bahwa stasiun hujan tersebut dapat digunakan pada perhitungan selanjutnya karena memiliki korelasi yang kuat. Namun terdapat satu stasiun hujan yang memiliki nilai korelasi dibawah 0,6 untuk semua skenarionya, yaitu yang terjadi pada Stasiun Ngantup di Sub DAS Ngrowo. Oleh karena itu, data hujan pada Stasiun Ngantup tidak dapat digunakan untuk proses analisa hidrologi selanjutnya.

3.3. Hasil Analisa Hujan Wilayah

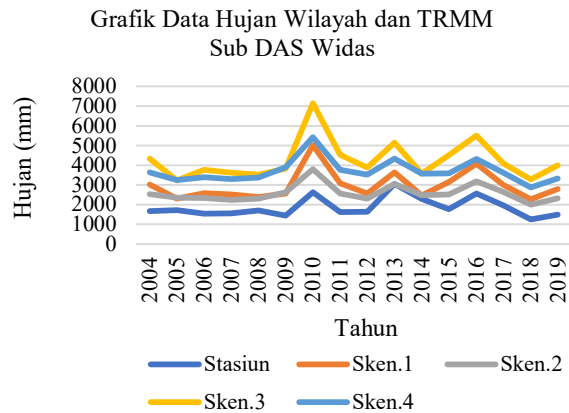
Analisa hujan wilayah dilakukan dengan cara menghitung rata-rata hujan pada suatu daerah aliran sungai berdasarkan titik pengamatan curah hujan. Metode yang digunakan adalah poligon thiessen. Data hujan wilayah ini digunakan untuk membandingkan dengan data hujan yang berasal dari satelit TRMM, dikarenakan bentuk data TRMM sudah merupakan data hujan dalam satu wilayah. Sehingga untuk menyamakan bentuk data, maka data hujan tiap stasiun harus diubah menjadi data hujan wilayah terlebih dahulu.

**Gambar 6.** Grafik Hujan Wilayah TRMM Sub DAS Lesti**Gambar 7.** Grafik Hujan Wilayah TRMM Sub DAS Metro

Berdasarkan grafik hasil perhitungan curah hujan wilayah pada **Gambar 6 – Gambar 9**, menunjukkan bahwa data hujan TRMM pada skenario 1–skenario 4 memiliki nilai curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan data hujan wilayah pada pos stasiun hujan. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang mendekati hasil pengukuran di lapangan, maka perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu.



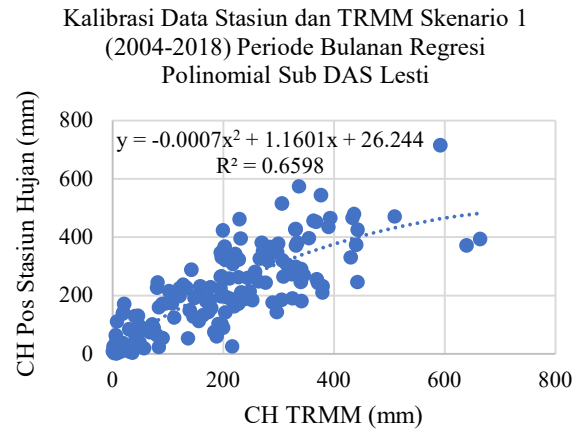
Gambar 8. Grafik Hujan Wilayah TRMM Sub DAS Ngrowo



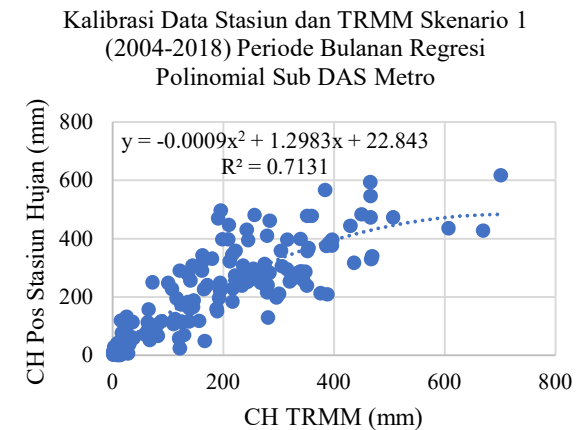
Gambar 9. Grafik Hujan Wilayah TRMM Sub DAS Widas

3.4. Kalibrasi Data

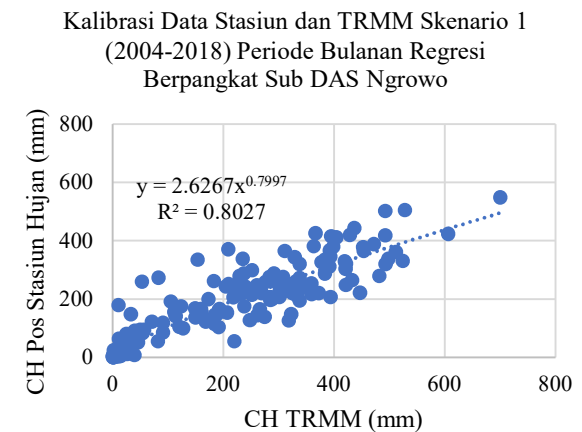
Kalibrasi data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan data dengan periode 15 tahun, yaitu mulai dari tahun 2004 sampai tahun 2018. Sedangkan data dengan periode 1 tahun yaitu data pada tahun 2019 akan digunakan sebagai koreksi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik *scatterplot*. Persamaan regresi yang digunakan pada grafik *scatterplot* yaitu regresi linier, regresi logaritma, regresi polinomial, regresi berpangkat, dan regresi eksponensial. Kelima jenis persamaan regresi tersebut diujikan pada masing-masing skenario di Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, Sub DAS Ngrowo, dan Sub DAS Widas. Setelah dilakukan pengujian, kemudian dipilih persamaan regresi yang memiliki hasil paling baik. Pemilihan regresi yang paling baik ini dipilih berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling besar dari kelima regresi tersebut. Persamaan regresi dengan hasil nilai koefisien determinasi (R^2) terbesar yang kemudian akan digunakan untuk menghitung nilai TRMM terkoreksi (TRMM model).



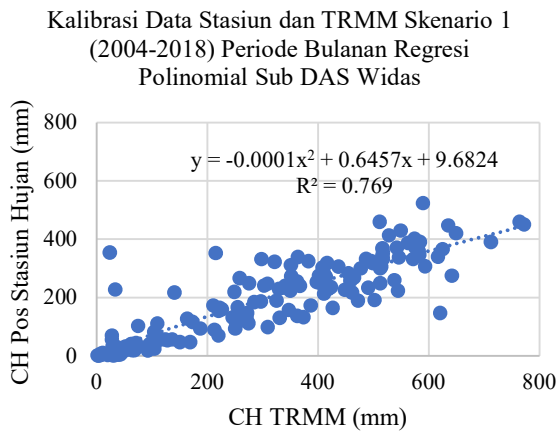
Gambar 10. Regresi Polinomial Skenario 1 Sub DAS Lesti



Gambar 11. Regresi Polinomial Skenario 1 Sub DAS Metro



Gambar 12. Regresi Berpangkat Skenario 1 Sub DAS Ngrowo



Gambar 13. Regresi Polinomial Skenario 1 Sub DAS Widias

Berdasarkan grafik *scatterplot* seperti pada **Gambar 10 – Gambar 13**, didapatkan hasil regresi yang paling baik pada masing-masing skenario. Pada skenario 1, regresi polinomial memiliki hasil yang paling baik karena memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) paling besar untuk wilayah Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, dan Sub DAS Widias. Sedangkan pada Sub DAS Ngrowo, hasil regresi yang paling baik yaitu regresi berpangkat. Sehingga pada skenario 1, regresi yang digunakan pada tahap verifikasi yaitu regresi polinomial untuk Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, dan Sub DAS Widias serta regresi berpangkat untuk Sub DAS Ngrowo. Hasil koefisien determinasi (R^2) pada skenario lain dapat dilihat pada **Tabel 19 – Tabel 22**.

Tabel 19. Nilai R^2 di Sub DAS Lesti

Regresi	Nilai R^2 (Skenario)			
	1	2	3	4
Linier	0,6422	0,6570	0,5102	0,6429
Logaritma	0,5207	0,4673	0,5102	0,4628
Polinomial	0,6598	0,6573	0,6479	0,6482
Berpangkat	0,6578	0,6556	0,6439	0,6445
Eksponensial	0,2904	0,5235	0,3044	0,4252

Tabel 20. Nilai R^2 di Sub DAS Metro

Regresi	Nilai R^2 (Skenario)			
	1	2	3	4
Linier	0,6810	0,698	0,6703	0,6698
Logaritma	0,5993	0,5311	0,5940	0,5220
Polinomial	0,7131	0,7027	0,7043	0,6832
Berpangkat	0,7007	0,6952	0,6917	0,6684
Eksponensial	0,2772	0,4437	0,2912	0,3574

Tabel 21. Nilai R^2 di Sub DAS Ngrowo

Regresi	Nilai R^2 (Skenario)			
	1	2	3	4
Linier	0,7942	0,7179	0,7654	0,7022
Logaritma	0,6626	0,5878	0,6386	0,5608
Polinomial	0,7974	0,7248	0,7719	0,7137
Berpangkat	0,8027	0,7216	0,7790	0,7095
Eksponensial	0,4193	0,3075	0,3648	0,4461

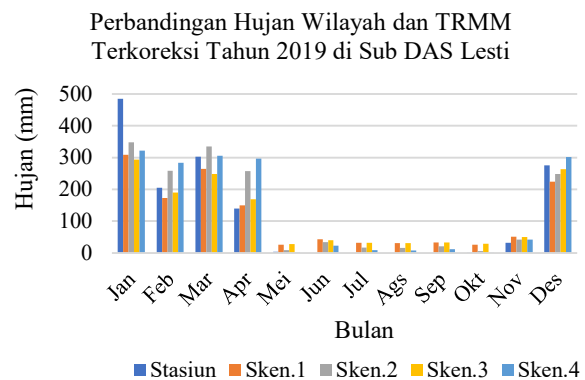
Tabel 22. Nilai R^2 di Sub DAS Widias

Regresi	Nilai R^2 (Skenario)			
	1	2	3	4
Linier	0,7681	0,7164	0,7369	0,6904
Logaritma	0,6061	0,5664	0,5857	0,5462
Polinomial	0,7690	0,7232	0,7398	0,6986
Berpangkat	0,7672	0,7043	0,7359	0,6790
Eksponensial	0,5199	0,3075	0,3648	0,4040

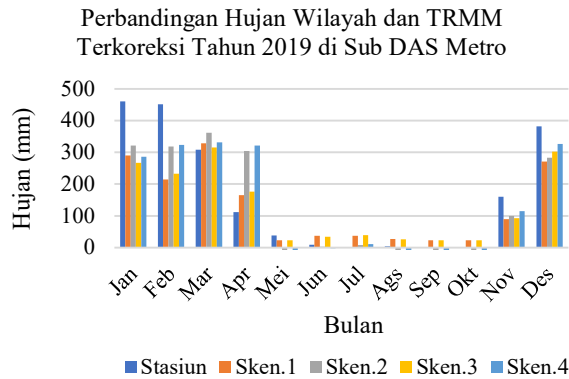
Berdasarkan hasil nilai koefisien determinasi (R^2) pada **Tabel 19–Tabel 22**, maka dapat diketahui persamaan regresi yang paling baik untuk setiap skenario di masing-masing sub das. Rekapitulasi persamaan regresi terpilih dapat dilihat pada **Tabel 23**.

Tabel 23. Rekapitulasi Persamaan Regresi Terpilih

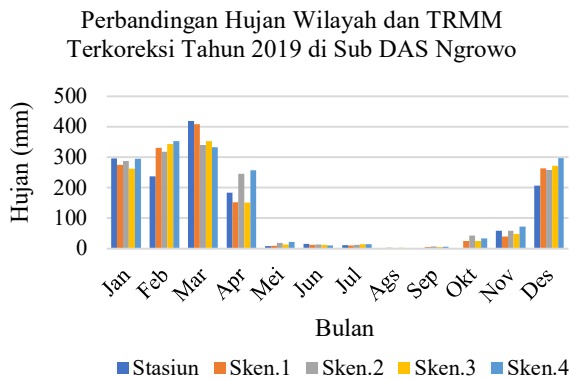
Sk.	Regresi (DAS)			
	Lesti	Metro	Ngrowo	Widias
1	Polinomial	Polinomial	Berpangkat	Polinomial
2	Polinomial	Polinomial	Polinomial	Polinomial
3	Polinomial	Polinomial	Berpangkat	Polinomial
4	Polinomial	Polinomial	Polinomial	Polinomial



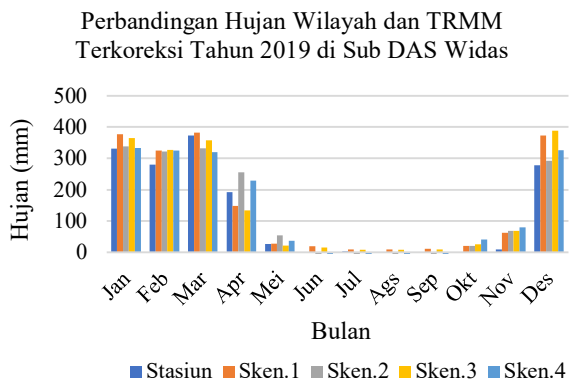
Gambar 14. Perbandingan Hujan Wilayah dan TRMM Terkoreksi di Sub DAS Lesti



Gambar 15. Perbandingan Hujan Wilayah dan TRMM Terkoreksi di Sub DAS Metro



Gambar 16. Perbandingan Hujan Wilayah dan TRMM Terkoreksi di Sub DAS Ngrowo



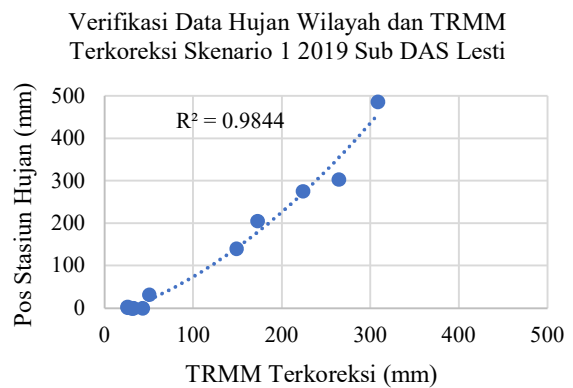
Gambar 17. Perbandingan Hujan Wilayah dan TRMM Terkoreksi di Sub DAS Widas

Setelah mendapatkan persamaan regresi yang paling sesuai untuk masing-masing skenario pada semua lokasi

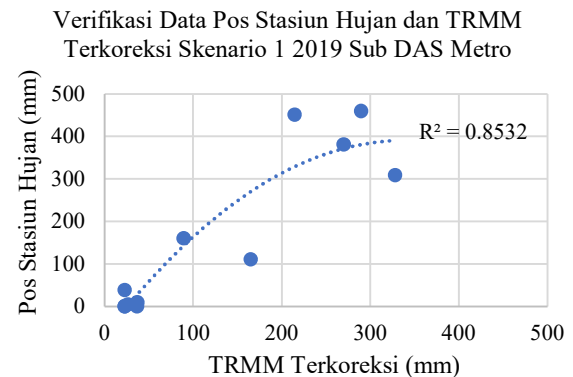
DAS, selanjutnya dihitung curah hujan TRMM terkoreksi (TRMM model) dengan menggunakan data tahun 2019, yaitu data diluar periode data yang digunakan untuk kalibrasi. Kemudian dibandingkan dengan data hujan wilayah. Hasil perbandingan antara data hujan stasiun (hujan wilayah) dan data hujan TRMM terkoreksi pada tahun 2019 di Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, Sub DAS Ngrowo, dan Sub DAS Widas dapat dilihat pada **Gambar 14 – Gambar 17**.

3.5. Verifikasi Data

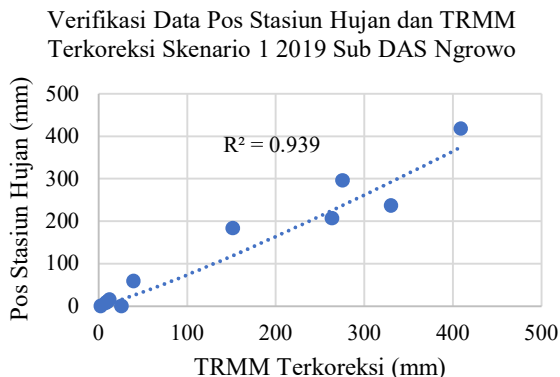
Verifikasi data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan data diluar periode kalibrasi, yaitu data dengan periode 1 tahun (2019). Data pada tahun 2019 ini digunakan untuk menghitung perbandingan antara data hujan stasiun (hujan wilayah) dengan data hujan TRMM terkoreksi (TRMM model) menggunakan grafik *scatterplot* pada masing-masing skenario. Untuk membuat grafik *scatterplot* ini dengan menggunakan regresi yang memiliki hasil terbaik pada tahap kalibrasi.



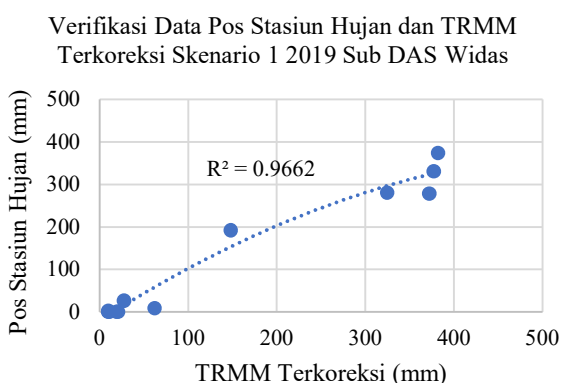
Gambar 18. Verifikasi Data Skenario 1 Sub DAS Lesti



Gambar 19. Verifikasi Data Skenario 1 Sub DAS Mero



Gambar 20. Verifikasi Data Skenario 1 Sub DAS Ngrowo



Gambar 21. Verifikasi Data Skenario 1 Sub DAS Widas

Berdasarkan hasil verifikasi pada **Gambar 18 – Gambar 21**, didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) pada skenario 1 data TRMM terkoreksi dengan rentang nilai 0,8532 – 0,9844. Hal ini menunjukkan bahwa data TRMM terkoreksi di Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, Sub DAS Ngrowo, dan Sub DAS Widas memiliki korelasi yang sangat kuat. Rekapitulasi hasil koefisien determinasi (R^2) pada tahap verifikasi untuk skenario lain dapat dilihat pada **Tabel 24**. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua data TRMM terkoreksi memiliki korelasi yang kuat terhadap data hujan stasiun.

Tabel 24. Rekapitulasi Nilai R^2 pada Tahap Verifikasi

Skenario	Nilai R^2 (DAS)			
	Lesti	Metro	Ngrowo	Widas
1	0,9844	0,8533	0,9390	0,9662
2	0,9197	0,7796	0,9436	0,9859
3	0,9683	0,8469	0,8861	0,9498
4	0,8688	0,7658	0,8795	0,9667

3.6. Validasi Data

Validasi menggunakan data diluar periode kalibrasi. Data yang digunakan yaitu data dengan periode 1 tahun (2019). Validasi dilakukan dengan menghitung nilai NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*), RMSE (*Root Mean Squared Error*), KR (*Kesalahan Relatif*), dan R (*Koefisien Korelasi*) pada masing-masing sub das. Suatu data dikatakan baik apabila memiliki nilai NSE yang paling besar (mendekati angka 1), nilai RMSE dan KR yang paling kecil, serta nilai R yang paling besar. Apabila suatu data memiliki hasil seperti pada ketentuan tersebut, maka data semakin dekat dengan hasil pengukuran di lapangan.

Tabel 25. Validasi Data TRMM Terkoreksi Sub DAS Lesti

Sk.	NSE		RMSE	KR	R	
	Nilai	Ket.			Nilai	Ket.
1	0,85	Baik	59,60	0,06	0,99	Sangat Kuat
2	0,87	Baik	57,32	0,10	0,94	Sangat Kuat
3	0,84	Baik	62,56	0,03	0,97	Sangat Kuat
4	0,80	Baik	70,27	0,11	0,90	Sangat Kuat

Tabel 26. Validasi Data TRMM Terkoreksi Sub DAS Metro

Sk.	NSE		RMSE	KR	R	
	Nilai	Ket.			Nilai	Ket.
1	0,72	Memenuhi	95,26	0,21	0,91	Sangat Kuat
2	0,76	Baik	88,71	0,15	0,88	Sangat Kuat
3	0,73	Memenuhi	93,20	0,19	0,91	Sangat Kuat
4	0,74	Memenuhi	91,81	0,15	0,87	Sangat Kuat

Tabel 27. Validasi Data TRMM Terkoreksi Sub DAS Ngrowo

Sk.	NSE		RMSE	KR	R	
	Nilai	Ket.			Nilai	Ket.
1	0,94	Baik	34,77	0,07	0,97	Sangat Kuat
2	0,91	Baik	41,87	0,12	0,96	Sangat Kuat
3	0,90	Baik	43,40	0,04	0,95	Sangat Kuat
4	0,84	Baik	54,47	0,18	0,94	Sangat Kuat

Tabel 28. Validasi Data TRMM Terkoreksi Sub DAS Widas

Sk.	NSE		RMSE	KR	R	
	Nilai	Ket.			Nilai	Ket.
1	0,93	Baik	39,57	0,18	0,98	Sangat Kuat
2	0,95	Baik	33,39	0,09	0,98	Sangat Kuat
3	0,91	Baik	44,46	0,16	0,97	Sangat Kuat
4	0,94	Baik	36,67	0,10	0,97	Sangat Kuat

Berdasarkan hasil validasi data pada **Tabel 25 – Tabel 28**, didapatkan nilai NSE, RMSE, KR, dan R yang sudah sesuai dengan kriteria yang diijinkan. Namun dari hasil tersebut, TRMM terkoreksi dengan skenario 2 memiliki hasil yang paling baik pada Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, dan Sub DAS Widas. Skenario 2 merupakan data TRMM dengan jenis *Precipitation Rate Daily* (3B42_Daily). Sedangkan pada Sub DAS Ngrowo hasil yang paling baik terdapat pada data TRMM terkoreksi dengan skenario 1, dimana skenario 1 merupakan data TRMM dengan jenis *Near Real Time Precipitation Daily* (3B42RT_Daily).

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan mengenai keandalan data curah hujan satelit TRMM terhadap data curah hujan stasiun bumi (*ground*), maka dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hubungan antara data hujan pada masing-masing stasiun dan data hujan TRMM, maka perlu dihitung korelasinya. Nilai korelasi antara data hujan stasiun dan data hujan TRMM di Sub DAS Lesti memiliki rentang nilai 0,77 – 0,86. Pada Sub DAS Metro, nilai korelasinya berkisar antara 0,77 – 0,87. Pada Sub DAS Ngrowo, nilai korelasinya berkisar antara 0,57 – 0,89. Pada Sub DAS Widas, nilai korelasinya berkisar antara 0,78 – 0,89. Berdasarkan nilai tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa data hujan stasiun memiliki korelasi/hubungan yang baik dengan data TRMM. Sehingga data TRMM dapat digunakan sebagai alternatif pengganti data hujan stasiun. Namun data TRMM harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Pada tahap kalibrasi, diuji dengan menggunakan 5 persamaan regresi untuk masing-masing skenario (regresi linear, logaritma, polinomial, berpangkat, eksponensial). Persamaan regresi yang paling baik pada Sub DAS Lesti, Sub DAS Metro, dan Sub DAS Widas yaitu regresi

polinomial. Persamaan regresi yang paling baik pada Sub DAS Ngrowo yaitu regresi berpangkat dan polinomial.

3. Pada tahap verifikasi, data TRMM terkoreksi (TRMM model) diuji korelasinya terhadap data hujan wilayah. Hasil yang didapatkan pada tahap verifikasi yaitu menunjukkan bahwa hasil R^2 pada Sub DAS Lesti memiliki rentang nilai 0,8688 – 0,9844, pada Sub DAS Metro memiliki hasil R^2 dengan rentang nilai 0,7658 – 0,8533, pada Sub DAS Ngrowo memiliki hasil R^2 dengan rentang nilai 0,8795 – 0,9390, dan pada Sub DAS Widas memiliki hasil R^2 dengan rentang nilai 0,9498 – 0,9859. Hal ini menunjukkan bahwa semua data memiliki korelasi yang sangat kuat.
4. Pada tahap validasi dipilih skenario yang paling baik. Sub DAS Lesti memiliki hasil yang paling baik pada skenario 2, dengan nilai NSE = 0,87, RMSE = 57,32, KR = 0,10, dan R = 0,94. Sub DAS Metro memiliki hasil yang paling baik pada skenario 2, dengan nilai NSE = 0,76, RMSE = 88,71, KR = 0,15, dan R = 0,88. Sub DAS Ngrowo memiliki hasil yang paling baik pada skenario 1, dengan nilai NSE = 0,94, RMSE = 34,77, KR = 0,07, dan R = 0,97. Sub DAS Widas memiliki hasil yang paling baik pada skenario 2, dengan nilai NSE = 0,95, RMSE = 33,39, KR = 0,09, dan R = 0,98. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data TRMM skenario 2 dengan jenis data TRMM *Precipitation Rate Daily* (3B42_Daily) memiliki nilai yang paling mendekati dengan hasil pengukuran di lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] M. D. Syaifullah, "Validasi Data TRMM Terhadap Data Curah Hujan Aktual di Tiga DAS di Indonesia," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 15, no. 2, pp. 109-118, 2014.
- [2] Willy, B. A. Riyanto, D. Yudianto and A. Wicaksono, "Application of TRMM Data to the Analysis of Water Availability and Flood Discharge in Duriangkang Dam," *Journal of Civil Engineering Forum*, vol. 6, no. 1, pp. 79-88, 2020.
- [3] Z. R. Alfirman, L. M. Limantara and S. Wahyuni, "Rasionalisasi Kerapatan Pos Hujan Menggunakan Metode Kagan-Rodda di Sub DAS Lesti," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 153-164, 2019.
- [4] M. A. Solihin, Y. L. Handayani and M. Fauzi, "Kajian Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Kabupaten Rokan Hulu Menggunakan Data Satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1-8, 2017.

- [5] B. D. Dasanto, R. Boer, B. Pramudya and Y. Suharnoto, "Evaluasi Curah Hujan TRMM Menggunakan Pendekatan Koreksi Bias Statistik," *Jurnal Tanah dan Iklim*, vol. 38, no. 1, pp. 15-24, 2014.
- [6] S. Maulidani, N. Ihsan and Sulistiawaty, "Analisis Pola dan Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Data Observasi dan Satelit Tropical Rainfall Measuring Missions (TRMM) 3B42 V7 di Makassar," *JSPF*, vol. 11, no. 1, pp. 98-103, 2015.
- [7] D. P. Jarwanti, E. Suhartanto and J. S. Fidari, "Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Data Pos Penakar Hujan di DAS Grindulu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur," *JTRESDA*, vol. 1, no. 2, pp. 772-785, 2021.
- [8] D. W. Pratiwi, J. Sujono and A. P. Rahardjo, "Evaluasi Data Hujan Satelit untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Jakarta, 2017.
- [9] F. Prawaka, A. Zakaria and S. Tugiono, "Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung)," *JRSDD*, vol. 4, no. 3, pp. 397-406, 2016.
- [10] Soewarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*, Bandung: Nova, 1995.
- [11] L. Suryaningtyas, E. Suhartanto and Rispiningtati, "Hydrological Analysis of TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Data in Lesti Sub Watershed," *Civil and Environmental Science Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 018-030, 2020.
- [12] Soewarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*, Bandung: Nova, 1995.
- [13] S. Sosrodarsono and K. Takeda, *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2003.
- [14] C. D. Soemarto, *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional, 1987.
- [15] N. Khotimah, *Diktat Mata Kuliah Hidrologi*, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2008.
- [16] Indarto, *Hidrologi: Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Jakarta: Bumi Aksara, 2012

Halaman ini sengaja dikosongkan