

Validasi data hujan satelit TRMM dengan data hujan observasi dalam analisis hujan rancangan Daerah Aliran Sungai (DAS) Serang

Amariris Pramesti Putri^{1,*}, Shofwatul Fadilah¹, Dinia Anggraheni¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Satellite
TRMM
Accuracy
Correlation
Design rainfall

Corresponding Author:

Amariris Pramesti Putri
20511210@students.uii.ac.id

Abstract

The accuracy of rainfall data is essential for hydrological analysis, while observation station data are often limited. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite can serve as an alternative data source; however, validation against ground observations is required. This study aims to evaluate the accuracy of TRMM data, examine its correlation with ground-based rainfall data, and compare the design rainfall results for various return periods. The research was conducted in the Serang Watershed (DAS Serang), located in Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta. Rainfall data from 2008 to 2019 were used and tested for consistency using the RAPS method and stationarity tests. The data were then calibrated and verified using regression models, and validated through statistical parameters including RMSE, NSE, KR, and the correlation coefficient (R). The design rainfall frequency analysis was carried out using four probability distributions: Gumbel, Normal, Log-Normal, and Log Pearson Type III. The results show that the corrected TRMM data has good accuracy based on 11 years of calibration and 1 year of verification using a polynomial equation. The evaluation yields a relatively small RMSE, an NSE within the acceptable category, 'very accurate' Relative Error (KR), and a very strong correlation. The highest correlation occurs in the 1-year period ($R = 0.966$; $R^2 = 0.9522$). Frequency analysis reveals that TRMM-calculated design rainfall is 30%–40% lower than observed data, though the upward trend remains consistent. In conclusion, TRMM is a viable alternative for rainfall data, especially in areas with limited stations, although further calibration for large return periods is necessary.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Hujan merupakan proses pengembunan uap air di atmosfer menjadi butiran air yang akan jatuh ke permukaan tanah. Dua faktor yang dapat menyebabkan hujan adalah peningkatan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Jumlah titik air di udara juga dipengaruhi oleh kelembapan udara saat hujan turun. Indonesia memiliki daerah yang dilewati garis khatulistiwa dan sebagian besar wilayah Indonesia merupakan daerah tropis, meskipun begitu Indonesia memiliki intensitas curah hujan yang cukup besar (Wibowo, 2008; dalam Perdana, dkk., 2015).

Curah hujan didefinisikan sebagai volume air yang jatuh ke permukaan bumi dan dinyatakan dalam satuan kedalaman (mm), dengan asumsi bahwa air tersebut terdistribusi secara merata di seluruh area tangkapan air (Maria,

dkk., 2022). Data curah hujan harian dikumpulkan melalui stasiun pemantau yang berlokasi di dalam DAS menggunakan alat pencatat hujan secara manual maupun otomatis. Selain itu, data curah hujan dapat juga diamati dengan penginderaan jarak jauh (Kurniawan, 2020).

Data curah hujan sangat berguna untuk analisis hidrologi, khususnya untuk perencanaan infrastruktur air serta pengelolaan sumber daya air seperti waduk, danau, lahan perairan, sungai, dan sebagainya (Maria, dkk., 2022). Namun, perolehan data observasi permukaan secara *real-time* sering kali terkendala oleh keterbatasan data pengamatan curah hujan secara spasial dan temporal, data deret waktu curah hujan yang tidak lengkap, jumlah stasiun hujan yang tidak merata, dan jumlah pengamat terbatas. Hal

tersebut yang menyebabkan data perlu dilakukan pengecekan terlebih dahulu sebelum digunakan (Andari dan Nurhamidah, 2024).

Salah satu teknologi penginderaan jarak jauh dikenal sebagai satelit. Satelit ini dapat membantu mengatasi kesulitan dalam memperoleh data curah hujan yang akurat. Sensor canggih pada satelit memungkinkan pencatatan data hujan secara otomatis dan mempermudah akses informasi secara cepat karena prosesnya dilakukan dari jarak jauh. Salah satu satelit yang digunakan adalah TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) yang dikembangkan oleh NASA bersama JAXA (Maria dkk., 2022). TRMM adalah upaya internasional yang terkoordinasi untuk menyediakan pengukuran curah hujan yang andal dari luar angkasa. Pengukuran ini mendorong terjadinya perkembangan dan perbaikan (Wong dan Chiu, 2008).

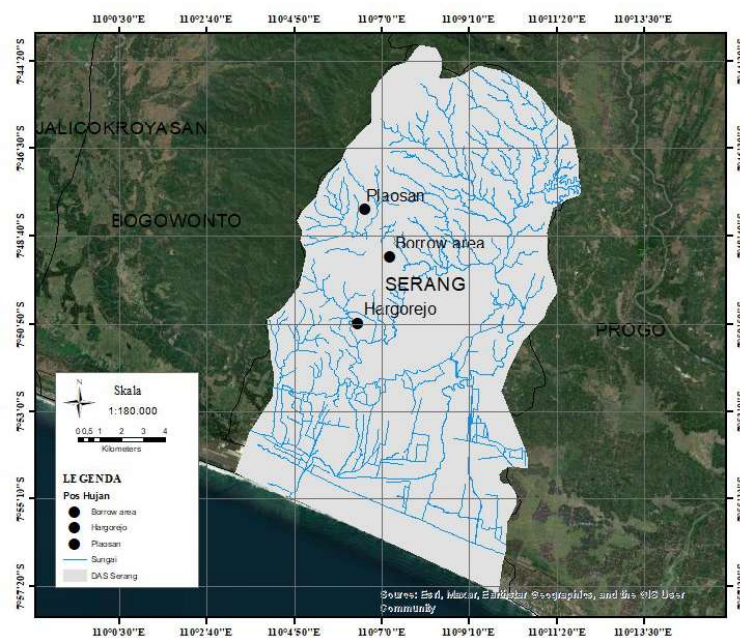
Data hujan TRMM sangat bermanfaat untuk perencanaan, terutama bidang keairan. Tetapi data hujan TRMM ini belum ada validasi secara menyeluruh dengan data hujan lapangan, sehingga tidak dapat digunakan secara langsung dalam penelitian atau analisis

sumber daya air. Hal ini disebabkan oleh perbedaan mekanisme perolehan data, di mana data satelit diukur melalui atmosfer sementara data pos stasiun hujan diukur melalui jumlah hujan yang tercatat di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan analisis validasi antara data hujan TRMM dan data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan (Jarwanti dkk, 2021). Penelitian ini mengkaji tentang validasi data hujan satelit TRMM dengan data hujan yang diperoleh dari daerah aliran sungai (DAS) Serang. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui tingkat keakuratan dari data TRMM terhadap data dari pos stasiun hujan di DAS Serang.

Metode Penelitian

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di DAS Serang yang terletak pada Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. DAS Serang berada pada koordinat $110^{\circ}2'30''$ - $110^{\circ}10'0''$ BT dan $7^{\circ}45'0''$ - $7^{\circ}57'30''$ LS. Luasan yang dimiliki DAS Serang mencapai 29.728,93 Ha. Detail lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta DAS Serang

Data penelitian

Analisis ini menggunakan data sekunder yang didapatkan dari instansi berwenang, yakni data curah hujan pengamatan dari BBWS Serayu-Opak dan data TRMM dari situs Giovanni (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>). Penelitian ini menggunakan rentang data curah hujan selama 12 tahun, terhitung dari tahun 2008 hingga 2019. Data curah hujan yang digunakan berasal dari 3 stasiun, yaitu Stasiun Hargorejo, Stasiun Plaosan, dan Stasiun Borrow Area

Analisis data

Tahapan-tahapan dalam melakukan analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan data curah hujan harian terukur pada titik stasiun hujan yang terpilih dan data curah hujan satelit TRMM.
2. Uji kepenggahan pada data curah hujan terukur dan satelit TRMM dilakukan dengan menggunakan metode RAPS.
3. Analisis data curah hujan kawasan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *polygon thiessen*. Metode *polygon thiessen* digunakan apabila persebaran stasiun tidak merata di suatu wilayah. Metode ini dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

dengan $\bar{p}$ adalah hujan rerata kawasan, $p_1, p_2, \dots, p_n$ adalah curah hujan pada setiap stasiun, $A_1, A_2, \dots, A_n$ adalah luas daerah yang mewakili setiap stasiun.

4. Uji stasioner dengan menggunakan uji F dan uji t. Uji F yaitu uji kestabilan nilai varian, dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$F = \frac{n_1 Sd_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 Sd_2^2 (n_1 - 1)} \quad (2)$$

dengan F adalah nilai F hitung, n_1, n_2 adalah jumlah kelompok data 1 dan 2, Sd_1^2, Sd_2^2 adalah standar deviasi kelompok data 1 dan 2.

Uji t yaitu uji kestabilan nilai rata-rata, dapat dihitung dengan persamaan (3) dan (4).

$$\sigma = \left(\frac{n_1 Sd_1^2 + n_2 Sd_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

dengan t adalah nilai t hitung, $\bar{X}_1, \bar{X}_2$ adalah nilai rerata hitung kelompok data 1 dan 2, n_1, n_2 adalah jumlah kelompok data 1 & 2, Sd_1^2, Sd_2^2 adalah standar deviasi kelompok data 1 dan 2.

5. Kalibrasi data curah hujan satelit TRMM terhadap data curah hujan terukur dengan menggunakan tida variasi rentang waktu, yaitu 9 tahun (2008-2016), 10 tahun (2008-2017), dan 11 tahun (2008-2018). Analisis ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter model sehingga diperoleh persamaan koreksi TRMM yang paling akurat. Beberapa jenis persamaan regresi yang diuji dalam tahap kalibrasi ini, antara lain:

- a. Regresi Linier Sederhana

Persamaan yang digunakan dalam regresi linier sederhana adalah persamaan (5) dan (6).

$$\hat{Y} = a_1 X + b_1 \quad (5)$$

$$\hat{X} = a_2 Y + b_2 \quad (6)$$

dengan $\hat{Y}$ adalah persamaan garis lurus Y atas X, $\hat{X}$ adalah persamaan garis lurus X atas Y, a_1 dan a_2 adalah koefisien regresi, b_1 dan b_2 adalah koefisien titik potong dari garis regresi.

- b. Regresi Exponensial

Persamaan yang digunakan dalam regresi eksponensial adalah persamaan (7).

$$\hat{Y} = b e^{ax} \quad (7)$$

dengan $\hat{Y}$ adalah regresi eksponensial Y terhadap X, X adalah variabel bebas, a dan b adalah nilai parameter yang digunakan, e adalah bilangan pokok logaritma asli (logaritma Napier = 2,7183).

- c. Regresi Logaritmik
Persamaan yang digunakan dalam regresi logaritmik adalah persamaan (8).
$$\hat{Y} = b + a \log X \quad (8)$$
dengan $\hat{Y}$ adalah regresi logaritmik Y terhadap X, X adalah variabel bebas, a dan b adalah nilai parameter yang digunakan.
- d. Regresi Polinomial
Persamaan yang digunakan dalam regresi polinomial adalah persamaan (9).
$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + \dots + b_m X^m \quad (9)$$
dengan $\hat{Y}$ adalah regresi logaritmik Y terhadap X, X adalah variabel bebas, b adalah nilai parameter yang digunakan.
- e. Regresi Berpangkat
Persamaan yang digunakan dalam regresi berpangkat adalah persamaan (10).
$$\hat{Y} = bX^a \quad (10)$$
dengan $\hat{Y}$ adalah regresi logaritmik Y terhadap X, X adalah variabel bebas, a dan b adalah nilai parameter yang digunakan.
6. Verifikasi data curah hujan satelit TRMM terhadap data curah hujan terukur dilakukan menggunakan data 3 tahun (2017-2019), 2 tahun (2018-2019), dan 1 tahun (2019). Analisis verifikasi ini bertujuan untuk menguji kinerja persamaan pada data diluar periode analisis kalibrasi.
7. Validasi data untuk menentukan seberapa besar ketidakpastian data satelit TRMM terhadap data terukur. Metode validasi yang digunakan adalah sebagai berikut.
- a. *Root Mean Squared Error* (RMSE)
RMSE menunjukkan tingkat kesalahan atau error dari sebuah pemodelan. Nilai RMSE dihitung dengan persamaan (11).
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{n}} \quad (11)$$
dengan P_i adalah data observasi, Q_i adalah data satelit hasil estimasi, n adalah jumlah data.

b. *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

NSE menunjukkan tingkat ketelitian dari korelasi antara data observasi dengan data TRMM. NSE dihitung dengan persamaan (12) dan kriteria nilai NSE ditunjuk oleh Tabel 1.

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

dengan P_i adalah data observasi, Q_i adalah data satelit hasil estimasi, i adalah data observasi rata-rata, n adalah jumlah data.

Tabel 1. Kriteria nilai NSE

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

c. Koefisien Korelasi (R)

Koefisien korelasi digunakan untuk mengukur seberapa kuat hubungan antara data observasi dengan data TRMM. Nilai R dihitung dengan persamaan (13) dan kriteria nilai R ditunjuk oleh Tabel 2.

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

dengan P_i adalah data observasi, Q_i adalah data satelit hasil estimasi, n adalah jumlah data.

Tabel 2. Kriteria nilai R

R	Interpretasi
0-0,19	Sangat Rendah
0,20-0,39	Rendah
0,40-0,59	Sedang
0,60-0,79	Kuat
0,81-1	Sangat Kuat

d. Kesalahan Relatif (KR)

Kesalahan relatif digunakan untuk mengetahui ketepatan hasil estimasi. Nilai KR dihitung dengan persamaan (14) dan kriteria nilai KR ditunjuk oleh Tabel 3.

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

dengan P_i adalah data observasi, Q_i adalah data satelit hasil estimasi, n adalah jumlah data.

Tabel 3. Kriteria nilai KR

KR	Interpretasi
< 10%	Sangat Akurat
10%-20%	Baik
20%-50%	Layak
> 50%	Tidak Akurat

- Analisis frekuensi untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Dalam analisis frekuensi ini menggunakan parameter statistik, Distribusi Probabilitas Kontinyu, dan pengujian distribusi dengan menggunakan uji Chi-Kuadrat dan uji *Smirnov Kolmogorov*.

Hasil dan Pembahasan

Uji kepanggaan

Uji kepanggaan antara data curah hujan terukur dan data curah hujan TRMM dilakukan dengan menggunakan metode RAPS. Data yang digunakan adalah data curah hujan tahunan dari tahun 2008 sampai 2019. Hasil dari uji menunjukkan bahwa nilai

$$\frac{Q}{\sqrt{n}}_{hitung} < \frac{Q}{\sqrt{n}}_{kritis} \text{ yaitu sebesar } 0,6 < 1,114 \text{ serta}$$

$$\frac{R}{\sqrt{n}}_{hitung} < \frac{R}{\sqrt{n}}_{kritis} \text{ yaitu sebesar } 0,97 < 1,28.$$

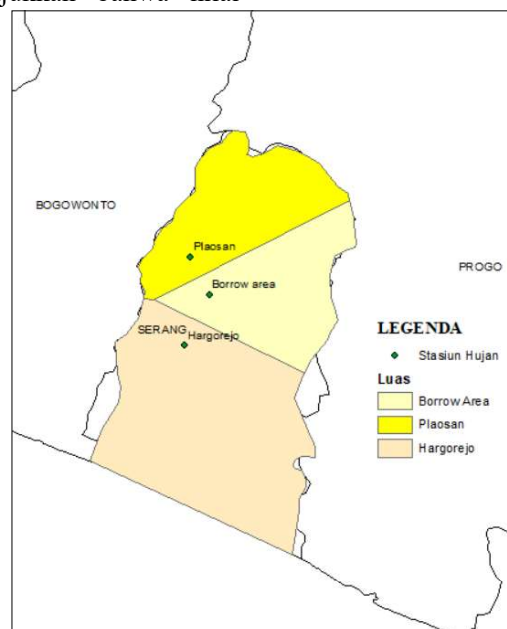
Dengan demikian, nilai uji kepanggaan data curah hujan terukur dan satelit TRMM berdasarkan metode RAPS diterima. Hal ini menunjukkan bahwa kedua data curah hujan tersebut konsisten.

Uji stasioner

Pengujian stasioner data dilakukan melalui dua jenis pengujian, yaitu uji F dan uji t. Uji F digunakan untuk menguji kestabilan nilai varian, sementara uji t digunakan untuk menguji konsistensi nilai rata-rata. Hasil uji F menunjukkan bahwa nilai $F_{hitung} < F_{kritis}$, yaitu sebesar $0,5021 < 5,05$, sehingga hipotesis nol (H_0) diterima. Sementara itu, hasil dari uji T menunjukkan bahwa nilai $T_{hitung} < T_{kritis}$ yaitu sebesar $1,775 < 2,015$, sehingga hipotesis nol (H_0) diterima.

Curah hujan kawasan

Penentuan curah hujan kawasan dalam penelitian ini menggunakan metode *Polygon Thiessen* dengan bantuan *software ArcGIS* 10.8. Hasil pemetaan *Polygon Thiessen* untuk DAS Serang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta *polygon thiessen* DAS Serang

Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui luasan dari setiap poligon yang terbentuk, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Luas poligon pada setiap stasiun

No.	Nama Stasiun	Luas (km ²)	%
1	Borrow Area	57,146	23,7
2	Hargorejo	124,559	51,6
3	Plaosan	59,808	24,7
	Total	241,513	100

Analisis curah hujan rata-rata

Penentuan curah hujan rata-rata dilakukan dengan metode *polygon thiessen* dan dapat dihitung menggunakan persamaan (1). Tahapan ini dimulai dengan menghitung rata-rata curah hujan harian dari 3 stasiun, kemudian ditentukan nilai maksimum curah hujan tersebut selama 1 bulan dan nilai maksimum curah hujan selama 1 tahun. berikut hasil perhitungan curah hujan maksimum bulanan dan tahunan dengan menggunakan metode *polygon thiessen* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Curah hujan rata-rata

Tahun	CH Rata-rata
2008	86,65
2009	60,09
2010	99,99
2011	108,90
2012	52,61
2013	74,35
2014	92,37
2015	88,22
2016	170,54
2017	186,64
2018	89,32
2019	152,81

Kalibrasi

Analisis ini menggunakan periode bulanan dengan panjang data selama 12 tahun. Data curah hujan dikalibrasi dengan perbandingan 9:3 (9 tahun kalibrasi, 3 tahun validasi), 10:2, dan 11:1. Analisis kalibrasi dilakukan untuk mengoptimalkan nilai parameter agar mendapatkan persamaan yang sesuai untuk koreksi data TRMM. Kalibrasi dihitung dengan periode bulanan dengan data yang bernilai "nol" tidak digunakan karena dapat menyebabkan hasil kalibrasi tidak akurat.

Pada tahap kalibrasi ini menggunakan 3 rentang waktu yaitu 9 tahun (2008-2016), 10 tahun (2008-2017), dan 11 tahun (2008-2018). Hasil dari tahap ini berupa persamaan regresi sederhana dari *scatter plot* sebagaimana tertera pada Tabel 6. Persamaan tersebut digunakan sebagai faktor koreksi dengan mengganti variabel "x" dengan nilai curah hujan TRMM untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi (R). Persamaan yang menghasilkan nilai R tertinggi akan digunakan untuk analisis selanjutnya.

Hasil analisis kalibrasi data curah hujan TRMM terhadap data curah hujan terukur ditampilkan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7, nilai R terbesar pada tahap kalibrasi diperoleh dari persamaan polinomial sebesar 0,574 dengan model persamaan $y = 0,0013x^2 + 0,4702x + 17,931$. Persamaan inilah yang akan digunakan pada tahap verifikasi.

Tabel 6. Persamaan regresi hasil kalibrasi

Periode		Persamaan (y=)				
		Linear	Exponensial	Logaritmik	Polinomial	Berpangkat
Bulanan	9 Thn	$0,5494x+16,792$	$8,5805e^{0,0252x}$	$15,043\ln(x)-10,689$	$-0,0048x^2+1,01x+9,0083$	$1,8302x^{0,7683}$
	10 Thn	$0,6124x+14,692$	$10,953e^{0,0209x}$	$17,074\ln(x)-16,807$	$0,0019x^2+0,3824x+19,908$	$1,9384x^{0,7632}$
	11 Thn	$0,6233x+14,632$	$9,453e^{0,0334x}$	$17,346\ln(x)-17,367$	$0,0013x^2+0,4702x+17,931$	$1,4797x^{0,8339}$

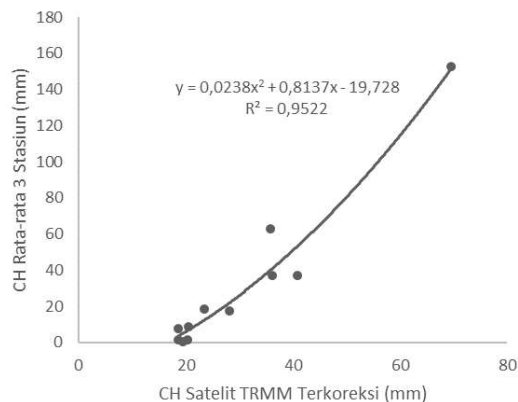
Tabel 7. Kalibrasi data curah hujan TRMM

Periode		Persamaan					Maksimum Jenis Persamaan
		Linear	Exponensial	Logaritmik	Polinomial	Berpangkat	
Bulanan	9 Thn	0,4785	0,3930	0,4644	0,4942	0,4857	Polinomial
	10 Thn	0,5607	0,5424	0,4840	0,5681	0,5534	Polinomial
	11 Thn	0,571	0,523	0,513	0,574	0,570	Polinomial

Verifikasi

Verifikasi bertujuan untuk menguji kinerja persamaan pada data diluar periode analisis kalibrasi. Tahap verifikasi ini menggunakan 3 rentang waktu yaitu 3 tahun (2017-2019), 2 tahun (2018-2019), dan 1 tahun (2019). Pembagian rentang waktu yang berbeda ini dilakukan untuk melihat konsistensi performa model dalam berbagai durasi data uji. Berdasarkan proses kalibrasi periode bulanan, panjang data 11 tahun menghasilkan nilai R tertinggi. Model terbaik tersebut menggunakan jenis persamaan polinomial dengan rumus regresi: $0,0013x^2 + 0,4702x + 17,931$.

Setelah didapatkan regresi dengan hasil terbaik pada tahap kalibrasi, maka selanjutnya membuat grafik *scatter plot* untuk memperoleh nilai R^2 . Nilai koefisien determinasi (R^2) ini dapat mempresentasikan sejauh mana data curah TRMM mampu menjelaskan data curah hujan terukur. Semakin nilai R^2 mendekati satu, maka semakin tinggi pula tingkat akurasi model dalam mempresentasikan kondisi aktual dilapangan.



Gambar 3. *Scatter plot* Verifikasi 1 Tahun

Nilai koefisien determinasi yang diperoleh dari tahap verifikasi menunjukkan keeratan hubungan antara kedua data, yaitu data curah hujan TRMM terkoreksi mempengaruhi curah hujan terukur karena nilainya sebesar 0,9522. Hal ini mengindikasikan bahwa persamaan polinomial mampu memberikan performa yang lebih baik dalam mengoreksi bias data curah hujan satelit TRMM dibandingkan dengan persamaan lainnya. Berikut rekapitulasi hasil koreksi data TRMM disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi hasil koreksi data TRMM

Periode	R ²	Jenis Persamaan	Maksimum Nilai	Jenis Persamaan
1 Thn	0,9522	Polinomial	0,9522	Polinomial
2 Thn	0,8007	Polinomial		
3 Thn	0,6517	Berpangkat		

Validasi

Validasi merupakan tahap evaluasi model guna menentukan tingkat ketidakpastian dalam memprediksi proses hidrologi. Analisis validasi biasanya menggunakan data diluar dari periode data yang digunakan untuk kalibrasi. Analisis ini dihitung berdasarkan periode bulanan dengan menggunakan beberapa parameter diantaranya yaitu RMSE, NSE, Kesalahan Relatif (KR), dan Koefisien Korelasi (R). Berikut validasi data curah hujan TRMM yang disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Validasi data curah hujan TRMM

Periode		RMSE	NSE		KR		R	
			Nilai	Interpretasi	Nilai	Interpretasi	Nilai	Interpretasi
Bulanan	1 Thn	28,752	0,573	Memenuhi	4,2%	Sangat Akurat	0,966	Sangat Kuat
	2 Thn	27,670	0,497	Memenuhi	7,1%	Sangat Akurat	0,894	Sangat Kuat
	3 Thn	31,218	0,448	Memenuhi	38,1%	Layak	0,844	Sangat Kuat

Didapatkan nilai RMSE sebesar 28,752 mm pada panjang data 1 tahun, 27,670 mm pada panjang data 2 tahun, dan 31,218 pada panjang data 3 tahun. Dapat dilihat bahwa semakin sedikit rentang waktu untuk validasi yang digunakan maka semakin kecil nilai RMSE.

Nilai NSE yang didapatkan sebesar 0,573 untuk panjang data 1 tahun, 0,497 untuk panjang data 2 tahun, dan 0,448 untuk

panjang data 3 tahun. Berdasarkan Tabel 1, nilai tersebut termasuk kategori “Memenuhi” ($0,36 < NSE < 0,75$), yang menunjukkan bahwa model koreksi mampu mempresentasikan data dengan baik.

Selain itu, nilai KR yang dihasilkan berada pada 4,2% untuk panjang data 1 tahun, 7,1% untuk panjang data 2 tahun, dan 38,1% untuk panjang data 3 tahun. Berdasarkan Tabel 3, untuk panjang data 1 dan 2 tahun

termasuk kategori sangat akurat sedangkan untuk panjang data 3 tahun termasuk kategori layak.

Nilai R didapatkan seluruhnya termasuk kategori “Sangat kuat” ($>0,60$) berdasarkan Tabel 2. Secara keseluruhan, data curah hujan TRMM yang telah dikoreksi terbukti memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai RMSE yang semakin kecil (mendekati 0) semakin mendekati nilai observasi, nilai NSE yang memenuhi ($0,36 < NSE < 0,75$), nilai KR termasuk kecil yaitu 4,2% dan 7,1% pada data 1 dan 2 tahun, dan nilai R termasuk sangat kuat ($>0,60$), sehingga dapat digunakan sebagai alternatif sumber data hujan ketika data di lapangan terbatas.

Hal ini sejalan dengan pendapat bahwa kualitas suatu data hidrologi dapat dikatakan baik apabila memiliki NSE yang paling besar (mendekati angka 1), nilai RMSE dan KR yang paling kecil, serta nilai R yang paling besar. Jika suatu data memenuhi kriteria tersebut, maka hasil yang diperoleh dapat dikatakan semakin mendekati kondisi yang sebenarnya seperti yang tercatat pada pengukuran di lapangan (Nurmalia dkk, 2022).

Analisis frekuensi

Analisis Frekuensi digunakan untuk memperkirakan besarnya kejadian ekstrem berdasarkan frekuensi terjadinya, dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis ini bertujuan untuk memperkirakan apakah suatu kejadian akan melebihi atau setara dengan nilai tertentu pada periode waktu tertentu. Dalam penelitian ini, analisis frekuensi dilakukan terhadap data hujan harian maksimum tahunan dari data curah hujan terukur dan data curah hujan TRMM terkoreksi.

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan parameter statistik dan parameter statistik logaritma untuk menentukan jenis distribusi yang paling cocok terhadap syarat masing-masing distribusi. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Log Pearson III. Maka untuk perhitungan hujan rancangan digunakan distribusi Log Pearson III. Hasil dari perhitungan hujan rancangan curah hujan TRMM dan curah hujan terukur dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan hujan rancangan antara curah hujan TRMM dan curah hujan observasi

Kala Ulang (thn)	Observasi	TRMM
2	96,339	66,72
4	126,687	79,10
5	135,247	83,03
10	163,091	98,09
25	200,649	122,37
50	230,364	144,70
100	261,581	171,15
200	294,548	202,47

Setelah diketahui jenis distribusi frekuensi yang dipilih dan hujan rancangan, maka dilakukan pengujian jenis distribusi untuk memastikan apakah distribusi Log Pearson III sudah sesuai dengan data curah hujan yang tersedia. Pengujian ini dilakukan dengan metode Chi-Kuadrat dan *Smirnov Kormogolov*. Berdasarkan kedua pengujian tersebut, diketahui bahwa hasil analisis dengan metode Log Pearson III telah

memenuhi syarat sehingga data curah hujan terukur maupun data curah hujan satelit TRMM dapat digunakan.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dalam studi ini, maka dapat disimpulkan bahwa data curah hujan TRMM setelah dikalibrasi memiliki akurasi yang baik. Hal ini ditunjukkan oleh nilai RMSE kecil (28,752 mm), NSE kategori memenuhi (0,573), KR sangat akurat (4,2%), serta korelasi kuat hingga sangat kuat ($>0,60$). Selain itu, analisis korelasi menunjukkan bahwa data TRMM terkoreksi mampu menjelaskan 65%-95% variasi data observasi. Hubungan paling kuat terdapat pada rentang waktu 1 tahun ($R = 0,966$; $R^2 = 0,9522$), sedangkan pada rentang waktu 2-3 tahun korelasi menurun tetapi masih tergolong kuat. Perbandingan hujan kala ulang antara TRMM dan observasi menunjukkan bahwa nilai TRMM lebih rendah 30%-40% dari observasi, namun pola kenaikannya sejalan. Dengan demikian, TRMM dapat digunakan sebagai alternatif data hujan, meskipun untuk kala ulang tinggi masih diperlukan kalibrasi lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- Andari, R. (2024). Validasi Data Satelit Tropical Rainfall Measurement Mission dengan Menggunakan Pengamatan Curah Hujan. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), 7690-7697.
- Jarwanti, D. P., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2021). Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Data Pos Penakar Hujan di DAS Grindulu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 772-785. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.36>.
- Kurniawan, A. (2020). Evaluasi Pengukuran Curah Hujan Antara Hasil Pengukuran Permukaan (AWS, HELLMAN, OBS) dan Hasil Estimasi (Citra Satelit= GSMaP) Di Stasiun Klimatologi Mlati Tahun 2018. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, 4(1), 1-7.
- Maria, A., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2022). Validasi Data Curah Hujan Satelit dengan Data Stasiun Hujan di DAS Sadar, Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 375-375.
- Nuramalia, R., & Lasminto, U. (2022). Keandalan Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Terhadap Data Curah Hujan Stasiun Bumi pada Beberapa Sub DAS di DAS Brantas. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 207-222.
- Perdana, D. A., Zakaria, A., & Sumiharni, S. (2015). Studi Pemodelan Curah hujan sintetis dari beberapa stasiun di wilayah Pringsewu. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(1), 45-56.
- Wong, W. F. J., & Chiu, L. S. (2008). Spatial and temporal analysis of rain gauge data and TRMM rainfall retrievals in Hong Kong. *Geographic Information Sciences*, 14(2), 105-112.