



Terbit *online* pada laman web jurnal :  
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

**SAINSTEK**

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



# Evaluasi Akurasi Data Curah Hujan Satelit IMERG NASA Terhadap Data Observasi BMKG di Stasiun Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru Periode 2009–2024

Marlailly Idris<sup>a\*</sup>, Hendri Rahmat<sup>b</sup>, Virgo Trisep Haris<sup>c</sup>, Fitri Dawati Soehardi<sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Jl. Yos Sudarso No. 88, Pekanbaru, 28271, Riau, Indonesia

## INFORMASI ARTIKEL

### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 18 April 2026

Revisi Akhir: 21 Juni 2026

Diterbitkan *Online*: 27 Juni 2026

## KATA KUNCI

IMERG,  
 NASA,  
 GPM,  
 Curah Hujan,  
 BMKG

## ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi data curah hujan satelit Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) dari NASA terhadap data observasi curah hujan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) di Provinsi Riau. Data yang digunakan mencakup periode tahun 2009–2024. Analisis dilakukan dengan menghitung selisih antara kedua data, Root Mean Square Error (RMSE), Nash–Sutcliffe Efficiency (NSE), dan koefisien korelasi ( $r$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai RMSE sebesar 53,458 mm/tahun, nilai NSE sebesar 0,918, dan korelasi ( $r$ ) sebesar 0,633. Hasil ini mengindikasikan bahwa IMERG memiliki efisiensi yang sangat baik namun korelasi yang sedang dalam merepresentasikan curah hujan di Provinsi Riau. Oleh karena itu, diperlukan koreksi atau kalibrasi lokal sebelum data IMERG digunakan secara langsung dalam analisis hidrologi atau perencanaan sumber daya air di wilayah ini.

## KORESPONDENSI

Telepon:

E-mail: [marlaillyidris@unilak.ac.id](mailto:marlaillyidris@unilak.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Ketersediaan data curah hujan yang akurat merupakan kebutuhan mendasar dalam analisis hidrologi, perencanaan sumber daya air, dan mitigasi bencana banjir. Di wilayah Indonesia, khususnya Provinsi Riau, jaringan stasiun pengamatan curah hujan masih terbatas secara spasial jika dibandingkan dengan luas wilayah yang harus dipantau [1]. Keterbatasan ini mendorong pemanfaatan data curah hujan berbasis satelit sebagai alternatif atau pelengkap data observasi.

Salah satu produk satelit curah hujan yang banyak digunakan saat ini adalah Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) yang dikembangkan oleh NASA melalui misi Global Precipitation Measurement (GPM) [4]. IMERG menyediakan data curah hujan dengan resolusi spasial  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  dan resolusi temporal hingga 30 menit, mencakup wilayah global dari  $60^\circ\text{LU}$  hingga  $60^\circ\text{LS}$  [9]. Sebagai penerus TRMM, GPM IMERG memiliki nilai korelasi yang lebih tinggi dan parameter error yang lebih rendah [2].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengevaluasi kinerja IMERG di wilayah Indonesia. Azka et al. [3] mengevaluasi GPM IMERG di Surabaya dan menemukan bahwa produk ini memiliki

korelasi yang sangat baik untuk akumulasi bulanan namun rendah untuk skala harian. Pratama et al. [10] membandingkan GPM IMERG, GSMaP, dan CHIRPS di Lampung Selatan dan melaporkan hasil yang bervariasi tergantung musim. Kurniawan [6] mengevaluasi GPM IMERG di Provinsi NTB dan menemukan korelasi yang moderat terhadap data observasi BMKG. Sulistiyono & Fadli [11] melakukan verifikasi produk estimasi curah hujan GPM IMERG di wilayah Pekanbaru dan menemukan performa yang bervariasi secara spasial.

Penelitian GPM IMERG di DAS juga telah banyak dilakukan. Komparasi dan evaluasi GPM IMERG di DAS Kuranji menunjukkan bahwa data ini memiliki korelasi moderat dalam kondisi mentah namun meningkat signifikan setelah kalibrasi [5]. Andari & Nurhamidah [2] juga memvalidasi data TRMM dan GPM IMERG menggunakan data pengamatan harian dan merekomendasikan perlunya koreksi bias sebelum penggunaan dalam pemodelan hidrologi.

Berdasarkan kajian literatur tersebut, belum terdapat penelitian spesifik yang mengevaluasi akurasi IMERG secara komprehensif di Provinsi Riau daratan dengan data periode 2009–2024. Penelitian ini penting mengingat Riau memiliki karakteristik iklim tropis basah yang dipengaruhi monsun, ENSO, serta dominasi lahan gambut yang mempengaruhi pola curah hujan lokal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk (1) membandingkan data IMERG NASA dengan data observasi BMKG di Provinsi Riau periode 2009–2024, (2) menghitung nilai RMSE, NSE, dan koefisien korelasi, serta (3) menganalisis pola penyimpangan estimasi yang terjadi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Data Curah Hujan Satelit GPM IMERG

Global Precipitation Measurement (GPM) adalah misi satelit internasional yang dikembangkan oleh NASA dan JAXA sebagai penerus misi TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). Produk utama GPM yang banyak digunakan adalah IMERG (Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM), yang menggabungkan data dari berbagai konstelasi satelit untuk menghasilkan estimasi curah hujan global [4]. IMERG tersedia dalam tiga versi: Early Run, Late Run, dan Final Run. Untuk keperluan penelitian hidrologi, versi Final Run lebih direkomendasikan karena telah melalui proses kalibrasi dengan data pengamatan permukaan [9].

Resolusi spasial IMERG adalah  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  (sekitar  $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ ) dengan resolusi temporal 30 menit, dan mencakup wilayah antara  $60^\circ\text{LU}$  hingga

$60^\circ\text{LS}$ . Data ini dapat diunduh secara gratis melalui portal NASA GES DISC (<https://gpm.nasa.gov/data/imerg>).

### 2.2 Evaluasi Akurasi Data Satelit

Evaluasi akurasi data curah hujan satelit umumnya dilakukan menggunakan parameter statistik utama, yaitu Root Mean Square Error (RMSE), Nash–Sutcliffe Efficiency (NSE), dan koefisien korelasi ( $r$ ). Ketiga parameter ini banyak digunakan dalam penelitian hidrologi dan meteorologi di Indonesia [8], [2].

RMSE mengukur rata-rata deviasi antara data estimasi dan observasi. Semakin kecil nilai RMSE, semakin akurat data satelit [7]. NSE mengukur efisiensi model dalam merepresentasikan variabilitas data observasi, dengan nilai  $> 0,75$  dikategorikan sangat baik,  $0,65\text{--}0,75$  baik,  $0,50\text{--}0,65$  memuaskan, dan  $< 0,50$  tidak memuaskan [8]. Koefisien korelasi ( $r$ ) menunjukkan kekuatan hubungan linear antara dua variabel, dengan nilai mendekati 1 menunjukkan korelasi yang sangat kuat.

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Azka et al. [3] mengevaluasi GPM IMERG di Surabaya menggunakan data observasi dari Stasiun Meteorologi Juanda. Hasil menunjukkan korelasi sangat baik untuk akumulasi bulanan, namun sangat rendah untuk skala harian. Penelitian ini menyimpulkan bahwa GPM IMERG baik dalam mendeteksi ada tidaknya hujan namun kurang akurat dalam menentukan intensitasnya.

Pratama et al. [10] membandingkan tiga produk satelit (GSMaP, CHIRPS, dan IMERG) di Kabupaten Lampung Selatan. Hasil menunjukkan performa yang berbeda-beda tergantung musim dan periode pengamatan. Kurniawan [6] mengevaluasi GPM IMERG di Provinsi NTB dan menemukan bahwa produk ini memiliki potensi untuk analisis hidrologi meskipun memerlukan kalibrasi.

Sulistiyono & Fadli [11] melakukan verifikasi produk GPM IMERG di wilayah Pekanbaru, Serang, dan Ambon. Hasil di wilayah Pekanbaru menunjukkan adanya variasi spasial yang cukup tinggi dalam akurasi estimasi curah hujan, dipengaruhi oleh karakteristik awan konvektif tropis yang dominan di Sumatera tengah.

Evaluasi GPM IMERG di DAS Kuranji (Sumatera Barat) menunjukkan bahwa data mentah memiliki NSE negatif namun setelah kalibrasi menggunakan analisis regresi, korelasi meningkat signifikan [5]. Andari & Nurhamidah [2] membandingkan TRMM dan GPM IMERG-F di DAS Kuranji periode 2015–2019 dan merekomendasikan koreksi bias untuk meningkatkan akurasi data satelit dalam pemodelan hidrologi.

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Provinsi Riau, yang secara geografis terletak antara 1°05' LU – 2°25' LS dan 100°00' – 105°05' BT. Provinsi Riau memiliki iklim tropis basah dengan curah hujan tahunan rata-rata berkisar antara 1.700–3.000 mm. Wilayah ini sebagian besar merupakan dataran rendah dengan dominasi lahan gambut tropis yang mempengaruhi karakteristik hidrologi lokal.

Data observasi curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru. Penggunaan satu stasiun observasi merupakan keterbatasan penelitian ini, mengingat satu titik pengamatan belum sepenuhnya merepresentasikan seluruh wilayah Provinsi Riau; oleh karena itu hasil penelitian ini lebih mencerminkan kondisi di sekitar Kota Pekanbaru. Data satelit diperoleh dari produk IMERG Final Run yang dikembangkan oleh NASA melalui misi GPM. Data yang digunakan berupa data curah hujan tahunan dari tahun 2009 hingga 2024. Data IMERG diunduh dari portal resmi NASA (<https://gpm.nasa.gov/data/imerg>) dan diekstraksi untuk wilayah Provinsi Riau menggunakan Google Earth Engine (GEE).

#### 3.2 Tahapan Penelitian

**Pengumpulan Data:** Data observasi curah hujan diperoleh dari BMKG dalam format tabel tahunan. Data IMERG diunduh dan diekstraksi sesuai batas administratif Provinsi Riau.

**Pra-Pemrosesan Data:** Data curah hujan dari kedua sumber disamakan satuannya (mm/tahun) dan periode waktunya (2009–2024). Data yang hilang dilakukan interpolasi sederhana untuk menjaga kontinuitas deret waktu.

**Analisis Statistik:** Perbandingan dilakukan menggunakan tiga parameter utama, yaitu RMSE, NSE, dan koefisien korelasi (r).

#### 3.3 Parameter Evaluasi

**Root Mean Square Error (RMSE)** digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan rata-rata antara data IMERG dan data observasi BMKG, dihitung sebagai berikut [7]:

$$RMSE = \sqrt{(1/n) \sum(S_i - O_i)^2} \dots(1)$$

di mana  $S_i$  = estimasi IMERG,  $O_i$  = observasi BMKG,  $n$  = jumlah data. Semakin kecil RMSE, semakin akurat estimasi.

**Nash–Sutcliffe Efficiency (NSE)** digunakan untuk menilai efisiensi model satelit terhadap observasi, dihitung sebagai berikut [8]:

$$NSE = 1 - [\sum(O_i - S_i)^2 / \sum(O_i - \bar{O})^2] \dots(2)$$

di mana  $\bar{O}$  = rata-rata observasi BMKG. Nilai NSE: >0,75 sangat baik; 0,65–0,75 baik; 0,50–0,65 memuaskan; <0,50 tidak memuaskan [8].

**Koefisien Korelasi (r)** digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan linear antara data IMERG dan BMKG, dihitung sebagai berikut:

$$r = \sum(O_i - \bar{O})(S_i - \bar{S}) / \sqrt{[\sum(O_i - \bar{O})^2 \cdot \sum(S_i - \bar{S})^2]} \dots(3)$$

di mana  $\bar{S}$  = rata-rata estimasi IMERG; nilai r mendekati 1 = korelasi sangat kuat.

#### 3.4 Alat Analisis

Analisis dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk perhitungan statistik dan penyajian tabel, Google Earth Engine (GEE) untuk pengambilan data IMERG

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

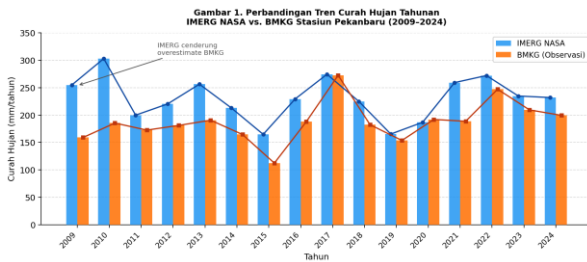
#### 4.1. Perbandingan Curah Hujan BMKG dan IMERG Nasa

Hasil perbandingan antara data curah hujan observasi BMKG dan estimasi satelit IMERG NASA di Provinsi Riau untuk periode 2009–2024 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Data Curah Hujan IMERG NASA dan BMKG Provinsi Riau (2009–2024)

Tahun	IMERG NASA (mm)	BMKG (mm)	Selisih (mm)	Selisih <sup>2</sup>
2009	254.982	159.09	95.89	9195.372
2010	303.083	185.45	117.63	13837.209
2011	199.917	172.59	27.33	746.883
2012	220.275	181.16	39.12	1530.244
2013	256.45	190.70	65.75	4322.624
2014	213.1	164.62	48.48	2350.068
2015	164.833	112.40	52.43	2749.167
2016	229.342	187.83	41.51	1722.873
2017	274.517	272.63	1.89	3.569
2018	224.892	182.49	42.40	1797.619
2019	165.408	153.71	11.70	136.949
2020	186.9	192.05	-5.15	26.480
2021	259.308	188.73	70.58	4980.831
2022	272.192	247.22	24.98	623.751
2023	234.85	209.45	25.40	644.991
2024	232.033	199.54	32.49	1055.763
<b>Rata-rata</b>	-	<b>187.48</b>	-	<b>2857.774</b>
<b>Jumlah</b>	-	-	-	<b>45724.390</b>

Hasil perbandingan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara data IMERG NASA dan BMKG. Rata-rata curah hujan tahunan observasi BMKG sebesar 187,48 mm/tahun, sedangkan data IMERG menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada sebagian besar tahun pengamatan, mengindikasikan kecenderungan *overestimate*. Hal ini konsisten dengan temuan Sulistiyono & Fadli [11] yang melaporkan adanya variasi spasial akurasi IMERG di wilayah Pekanbaru.



Gambar 1. Perbandingan Tren Curah Hujan Tahunan IMERG NASA vs. BMKG Stasiun Pekanbaru (2009–2024)

Perbedaan ini dapat disebabkan oleh resolusi spasial IMERG ( $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  atau sekitar 10 km) yang belum mampu menangkap variasi hujan mikro secara sempurna, serta karakteristik awan konvektif yang berkembang cepat dan bersifat lokal di wilayah tropis Riau yang didominasi lahan gambut. Untuk memperkuat analisis, penelitian selanjutnya disarankan untuk menyertakan grafik perbandingan tren curah hujan tahunan BMKG vs. IMERG selama periode 2009–2024, guna memberikan gambaran visual pola temporal yang lebih komprehensif bagi pembaca.

#### 4.2 Evaluasi Akurasi IMERG NASA

Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan tiga parameter statistik utama. Hasil perhitungannya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Evaluasi Akurasi IMERG NASA dan BMKG

Parameter	Nilai	Interpretasi
RMSE	53.458 mm	Tingkat kesalahan sedang
NSE	0.918	Akurasi sangat baik (NSE > 0.75)
Korelasi (r)	0.633	Korelasi sedang

Nilai RMSE sebesar 53,458 mm menunjukkan bahwa rata-rata deviasi antara data IMERG NASA dan BMKG tergolong cukup besar. Menurut Legates & McCabe [7], nilai RMSE di atas 50 mm menandakan adanya perbedaan nyata antara estimasi dan observasi, terutama untuk wilayah dengan intensitas hujan tinggi seperti Riau.

Nilai NSE sebesar 0,918 menunjukkan hasil yang sangat baik dan mengindikasikan bahwa IMERG NASA mampu merepresentasikan variabilitas curah hujan di Provinsi Riau dengan sangat efisien. Menurut Moriasi et al. [8], nilai NSE > 0,75 dikategorikan sebagai “sangat baik”. Nilai ini lebih baik dibandingkan hasil evaluasi GPM IMERG di DAS Kuranji sebelum kalibrasi yang menunjukkan nilai NSE negatif [5]. Perlu dicatat bahwa nilai NSE yang tinggi dan korelasi (r) yang sedang dapat terjadi bersamaan karena keduanya mengukur aspek yang berbeda. NSE mengukur efisiensi model secara keseluruhan dan sangat dipengaruhi oleh bias sistematis, sehingga mampu bernilai tinggi meskipun terdapat perbedaan nilai absolut yang konsisten. Sementara itu, nilai r yang lebih rendah mengindikasikan bahwa meskipun pola fluktuasi temporal searah, terdapat perbedaan magnitudo antar tahun yang cukup besar. Fenomena ini secara matematis dapat terjadi ketika IMERG secara konsisten meng-overestimate BMKG (seperti terlihat pada Tabel 1), namun pola naik-turunnya tetap mengikuti pola yang sama.

Nilai koefisien korelasi sebesar 0,633 menunjukkan hubungan linear yang sedang antara data IMERG dan BMKG. Meskipun terdapat perbedaan nilai absolut, pola fluktuasi curah hujan masih memiliki kesamaan arah yang cukup baik. Hasil ini selaras dengan temuan Azka et al. [3] di Surabaya yang melaporkan korelasi baik pada skala bulanan namun dengan RMSE yang masih cukup tinggi.

#### 4.3 Analisis Pola dan Faktor Penyebab

Akurasi IMERG bervariasi antar tahun, terutama saat terjadi anomali iklim global seperti El Niño dan La Niña. Pada tahun 2015, El Niño kuat menyebabkan kekeringan ekstrem di Riau dengan curah hujan BMKG sangat rendah (112,40 mm), sementara IMERG masih menunjukkan nilai 164,833 mm. Sebaliknya, pada tahun 2017 perbedaan hampir tidak ada (selisih 1,89 mm), menunjukkan bahwa IMERG lebih akurat pada kondisi curah hujan normal.

Karakteristik lahan gambut yang dominan di Riau berkontribusi pada kompleksitas pola hujan lokal yang sulit ditangkap sepenuhnya oleh sensor satelit. Keterbatasan sensor radar mikrogel pasif GPM dalam mendeteksi hujan konvektif intens berskala kecil juga menjadi faktor penyebab perbedaan, sebagaimana dilaporkan oleh Sulistiyono & Fadli [11] untuk wilayah Pekanbaru.

#### 4.4 Implikasi terhadap Penggunaan Data IMERG NASA

Hasil analisis menunjukkan bahwa IMERG NASA memiliki potensi besar untuk pemantauan curah hujan jangka panjang di Provinsi Riau. Nilai NSE yang sangat tinggi (0,918) mengindikasikan kemampuan yang sangat baik dalam menggambarkan variabilitas temporal. Namun,

untuk analisis hidrologi kuantitatif seperti pemodelan debit sungai atau peringatan dini banjir, data IMERG masih perlu dikalibrasi menggunakan metode koreksi bias seperti *quantile mapping* atau *linear scaling*, sebagaimana direkomendasikan oleh Andari & Nurhamidah [2] dan Jurnal Teknik SILITEK [5].

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa data curah hujan satelit IMERG NASA menunjukkan perbedaan yang cukup nyata dibandingkan data observasi BMKG di Provinsi Riau periode 2009–2024. Rata-rata curah hujan BMKG sebesar 187,48 mm/tahun, sementara data IMERG menunjukkan nilai yang lebih tinggi, mengindikasikan kecenderungan overestimate.

Hasil evaluasi statistik menunjukkan RMSE sebesar 53,458 mm, koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,633, dan NSE sebesar 0,918. Nilai NSE yang sangat tinggi menunjukkan IMERG NASA sangat efisien dalam merepresentasikan variabilitas curah hujan tahunan di Provinsi Riau, meskipun nilai korelasinya tergolong sedang.

Perbedaan antara kedua sumber data disebabkan oleh karakteristik awan konvektif tropis, anomali iklim global seperti El Niño dan La Niña, serta dominasi lahan gambut yang mempengaruhi pola hujan lokal. Penelitian ini merekomendasikan koreksi bias data IMERG menggunakan metode *linear scaling*, *quantile mapping*, atau *mean bias correction* sebelum digunakan dalam analisis hidrologi kuantitatif di Provinsi Riau.

### 1. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru yang telah menyediakan data curah hujan observasi yang digunakan dalam penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada National Aeronautics and Space Administration (NASA) melalui misi Global Precipitation Measurement (GPM) yang telah menyediakan data IMERG secara terbuka dan gratis melalui portal resminya. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lancang Kuning atas dukungan fasilitas dan sumber daya yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andari, R., dan Nurhamidah, “Validasi Data Satelit Tropical Rainfall Measurement Mission dengan Menggunakan Pengamatan Curah Hujan,” J. Serambi Eng., vol. 9, no. 1, pp. 7690–7697, 2023, doi: 10.32672/jse.v9i1.734.
- [2] Andari, R., dan Nurhamidah, “Validation of TRMM and GPM Satellite Data Using Daily Rainfall Observations,” G-Tech: J. Teknol. Terapan, vol. 8, no. 2, pp. 985–993, 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i2.4118.
- [3] Azka, M. A., Sugianto, P. A., Silitonga, A. K., dan Nugraheni, I. R., “Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit GPM IMERG di Surabaya, Indonesia,” J. Sains Teknol. Modif. Cuaca, vol. 19, no. 2, pp. 83–90, 2018, doi: 10.29122/jstmc.v19i2.3153.
- [4] Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Braithwaite, D., Hsu, K., Joyce, R., Kidd, C., Nelkin, E. J., Sorooshian, S., Tan, J., dan Xie, P., NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG), Algorithm Theoretical Basis Document, Version 06, NASA/GSFC, 2019.
- [5] Jurnal Teknik SILITEK, “Komparasi dan Evaluasi Produk Satelit GPM IMERG dalam Mengestimasi Curah Hujan di DAS Kuranji,” J. Tek. SILITEK, vol. 4, no. 02, pp. 108–115, 2025, doi: 10.51135/jwdjng80.
- [6] Kurniawan, I., “Evaluasi Data GPM-IMERG (Global Precipitation Measurement - Integrated Multi-Satellite Retrieval For GPM) di Provinsi NTB,” Megasains, vol. 13, no. 01, pp. 6–13, 2022, doi: 10.46824/megasains.v13i01.62.
- [7] Legates, D. R., dan McCabe, G. J., “Evaluating the use of goodness-of-fit measures in hydrologic and hydroclimatic model validation,” Water Resour. Res., vol. 35, no. 1, pp. 233–241, 1999.
- [8] Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., dan Veith, T. L., “Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations,” Trans. ASABE, vol. 50, no. 3, pp. 885–900, 2007.
- [9] NASA GPM, IMERG: Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM Dataset, National Aeronautics and Space Administration, 2024. [Online]. Available: <https://gpm.nasa.gov/data/imerg/>
- [10] Pratama, A., Agiel, H. M., dan Oktaviana, A. A., “Evaluasi Satellite Precipitation Product (GSMaP, CHIRPS, dan IMERG) di Kabupaten Lampung Selatan,” J. Sci. Appl. Technol., vol. 6, no. 1, pp. 32–40, 2022, doi: 10.35472/jsat.v6i1.702.
- [11] Sulistiyono, W., dan Fadli, M., “Verifikasi Produk Estimasi Curah Hujan GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8 Pada Wilayah Serang, Pekanbaru, dan Ambon,” OPTIKA: J. Pendidik. Fis., 2023, doi: 10.37478/optika.v7i2.3119.

- [12] BMKG, Data curah hujan harian Stasiun Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru tahun 2009–2024, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2024.