

KOMPARASI DAN EVALUASI PRODUK SATELIT GPM IMERG DALAM MENGESTIMASI CURAH HUJAN DI DAS KURANJI

Rafika Andari^{1*}, Nurhamidah Nurhamidah²

^{1*}Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, rafika.andari09@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Andalas

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi akurasi data curah hujan satelit GPM IMERG sebelum dan setelah kalibrasi di DAS Kuranji. Tujuannya adalah untuk menentukan ketepatan data satelit dalam merepresentasikan kondisi curah hujan aktual dan mencari metode untuk meningkatkan akurasi. Hasil validasi menunjukkan bahwa data GPM IMERG dalam kondisi mentah memiliki korelasi yang moderat dengan data pengamatan di lapangan, namun nilai RMSE yang tinggi dan NSE yang negatif mengindikasikan akurasi yang rendah. Setelah dilakukan kalibrasi menggunakan analisis regresi, korelasi antara data satelit dan data pengamatan meningkat secara signifikan. Meskipun demikian, nilai NSE masih belum optimal, menunjukkan bahwa model satelit belum sepenuhnya mampu mereproduksi pola variabilitas curah hujan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa data GPM IMERG memiliki potensi yang besar dalam analisis hidrologi, namun memerlukan proses kalibrasi yang cermat untuk meningkatkan akurasi. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode pemanfaatan data satelit untuk mendukung berbagai aplikasi hidrologi, terutama di daerah dengan keterbatasan data pengamatan.

Kata kunci : *curah hujan, GPM IMERG, satelit, validasi*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

Curah hujan berperan sebagai masukan primer dalam siklus hidrologi, memengaruhi ketersediaan air dalam berbagai bentuk seperti waduk, danau, sungai, dan akuifer. Oleh karena itu, keakuratan data curah hujan menjadi prasyarat mutlak dalam pengembangan model-model hidrologi yang reliabel [1], [2]. Curah hujan diukur dengan menggunakan data hasil pengamatan langsung di lapangan, khususnya di stasiun-stasiun pengamatan. Dalam hal analisis curah hujan, kendala dan tantangan yang paling sering dihadapi adalah kurangnya ketersediaan data curah hujan, seperti deret waktu data curah hujan yang kurang panjang dan kurang lengkap, serta rawan terjadi kesalahan dalam pencatatan data curah hujan. Hal ini mengakibatkan kurangnya data dan kesalahan pada data hidrologi yang berujung pada hasil analisis yang kurang baik. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu metode alternatif untuk memperoleh data curah hujan yang memperhitungkan ketelitian data yang diperoleh [3]. Penggunaan citra satelit dalam estimasi curah hujan memberikan alternatif yang efisien dan relatif akurat dibandingkan dengan metode konvensional [4]. Cakupan spasial yang luas dan frekuensi pengamatan yang tinggi

memungkinkan analisis curah hujan secara lebih detail dan menyeluruh [5]. Salah satu produk satelit yang bisa dimanfaatkan data hujannya adalah *Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM* (IMERG) yang diprakarsai oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) yang merupakan penerus dari produk satelit TMPA (*The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis*) [6].

GPM IMERG merupakan kombinasi dan kolaborasi antara *Core Observatory GPM (Global Precipitation Measurement)* dengan beberapa sensor dari satelit lainnya, seperti *Passive Microwave* (PMW) dan *Infrared* (IR) yang menghasilkan data grid setengah jam-an. GPM IMERG menawarkan perkiraan curah hujan global dengan resolusi spasial temporal $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ setiap 30 menit, dengan ketersediaan produk dalam tiga jenis, yaitu GPM IMERG-*Early Run*, GPM IMERG-*Late Run*, dan GPM IMERG-*Final Run* [7]. Ketiga produk satelit GPM, yaitu Early, Late, dan Final, memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal latensi dan ketelitian. Produk Early dan Late merupakan produk near-real-time dengan waktu tunda masing-masing 4 dan 12 jam, yang sangat berguna untuk pemantauan dan prediksi peristiwa cuaca ekstrem. Sementara itu, produk Final, yang diproses lebih lanjut dengan mempertimbangkan data observasi permukaan, memiliki akurasi yang lebih tinggi namun dengan waktu tunda yang lebih lama, yaitu 2,5 bulan, sehingga lebih cocok untuk penelitian jangka panjang [8].

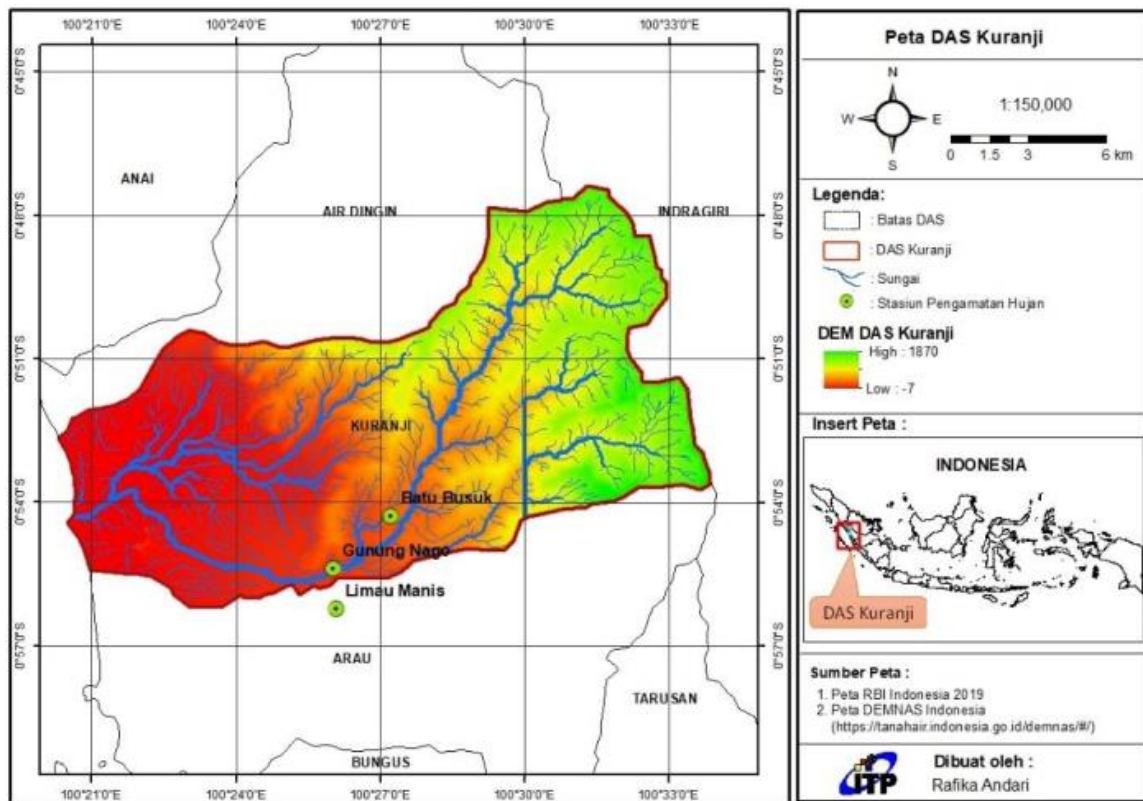
Penelitian terkait akurasi data curah hujan satelit GPM telah banyak dilakukan, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Seperti yang pernah dilakukan di Ethiopia [9], Iran [10], Singapura [11], China [12], dan Philipina [13]. Beberapa penelitian sebelumnya di wilayah Indonesia, seperti yang pernah dilakukan di Surabaya [14], Malang [15], [16], Papua Barat [17], dan Bali [7] hanya menggunakan produk IMERG-F dan belum ada yang mengkaji ketiga produk GPM IMERG secara menyeluruh. Validasi ketiga produk GPM-IMERG diperlukan guna memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai akurasi dari produk GPM-IMERG. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi data curah hujan satelit GPM-IMERG sebelum dan sesudah dikoreksi serta untuk memperoleh faktor koreksi data curah hujan harian khususnya di DAS Kuranji yang diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif penyedia data hujan untuk keperluan berbagai analisis hidrologi di wilayah tersebut.

2 METODOLOGI

2.1 Data dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari dua sumber utama. Pertama, data observasi konvensional diperoleh dari tiga stasiun hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji yang dikelola oleh Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Sumatera Barat. Data ini berupa curah hujan harian.. Kedua, data estimasi curah hujan berbasis satelit GPM IMERG (Early, Late, dan Final Run) untuk periode 2010-2019 yang diperoleh dari situs <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>.

Penelitian ini berfokus pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji, Kota Padang, Sumatera Barat, yang secara geografis terletak antara $100^\circ 20'$ - $100^\circ 34'$ Bujur Timur dan $0^\circ 48'$ - $0^\circ 56'$ Lintang Utara. Tiga stasiun hujan utama, yaitu Batu Busuk, Gunung Nago, dan Limau Manis, menjadi titik pengamatan dalam penelitian ini. Lokasi ketiga stasiun hujan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik Lokasi Penelitian

2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini melakukan validasi terhadap data curah hujan GPM IMERG dengan menggunakan data observasi di DAS Kuranji. Analisis validasi dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah validasi tanpa koreksi, sedangkan tahap kedua melibatkan proses kalibrasi melalui analisis regresi dan scatter plot untuk meningkatkan akurasi estimasi curah hujan satelit [18].

Kalibrasi data satelit dilakukan dengan menggunakan analisis regresi untuk mencari hubungan matematis antara data satelit dan data observasi. Model regresi yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mengoreksi data satelit. Pembagian simulasi kalibrasi digunakan data curah hujan 5 tahun (2010-2014) dan validasi 5 tahun dilaur periode kalibrasi (2015-2019). Jenis persamaan dengan nilai R^2 tertinggi dipilih sebagai persamaan koreksi yang optimal untuk data curah hujan satelit. Beberapa jenis persamaan regresi yang diteliti antara lain regresi linier, fungsi logaritmik, fungsi eksponensial, fungsi polinomial, dan fungsi eksponensial [19].

Validasi data curah hujan satelit dilakukan dengan menerapkan analisis statistik deskriptif. Analisis statistik yang dilakukan mencakup perhitungan koefisien korelasi (R), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) dan bias relatif (RB). Analiis ini dinyatakan berdasarkan persamaan berikut [20]:

$$R = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x-y)^2}{n}} \quad (2)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x-y)^2}{\sum_{i=1}^n (x-\bar{x})^2} \quad (3)$$

$$RB = \frac{\sum_{i=1}^n (x-y)}{\sum x} \times 100\% \quad (4)$$

dengan,

n = jumlah sampel

x = curah hujan berbasis satelit (mm)

y = data curah hujan yang diamati (mm)

Koefisien korelasi (R) digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antara kedua data. Nilai yang mendekati 1 atau -1 mengindikasikan korelasi yang kuat, sedangkan korelasi yang lemah memiliki koefisien mendekati angka 0. Apabila koefisien korelasi positif, maka kedua variabel memiliki hubungan searah. Sebaliknya, apabila koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik [21]. *Root Mean Square Error* (RMSE) digunakan untuk mengukur rata-rata perbedaan antara nilai prediksi dan nilai observasi, memberikan gambaran tentang tingkat akurasi keseluruhan [22]. Selain itu, *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) digunakan untuk menilai kemampuan model dalam mereproduksi varians dan mean data observasi. Nilai NSE yang mendekati 1 menunjukkan model yang sangat baik. Bias relatif (RB) dihitung untuk mengukur tingkat overestimasi atau underestimasi data satelit dibandingkan dengan data observasi [23].

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Validasi Data Tanpa Koreksi

Validasi data tanpa koreksi dilakukan secara langsung menggunakan empat parameter statistik, yakni koefisien korelasi (R), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) dan bias relatif (RB). Hasil perhitungan validasi data tanpa koreksi ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Data Tanpa Koreksi

| Produk GPM IMERG | R | | RMSE | NSE | | RB (%) |
|------------------|-------|--------------|-------|-------|----------------|--------|
| | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| GPM IMERG-E | 0,53 | Sedang | 21,28 | -0,51 | Tidak Memenuhi | -8,29 |
| GPM IMERG-L | 0,57 | Sedang | 21,87 | 0,21 | Tidak Memenuhi | -6,73 |
| GPM IMERG-F | 0,46 | Sedang | 20,19 | -0,25 | Tidak Memenuhi | -13,64 |

Berdasarkan hasil validasi data pada Tabel 1. terlihat bahwa semua produk GPM IMERG menunjukkan korelasi yang tergolong sedang (0,40-0,59) dengan data pengamatan. Ini berarti ada hubungan antara data satelit dan data lapangan, namun hubungannya tidak terlalu kuat. Nilai RMSE untuk ketiga satelit GPM IMERG yang berkisar dari yang terkecil 20,19 (satelit GPM IMERG-F) hingga yang terbesar 21,87 (Satelit GPM IMERG-L). Nilai NSE yang semuanya di bawah 1 bahkan bernilai negatif menunjukkan bahwa data satelit GPM IMERG belum sepenuhnya mampu mereproduksi pola variabilitas curah hujan yang sebenarnya. Nilai RB yang bernilai negatif mengindikasikan bahwa data satelit GPM IMERG cenderung underestimasi terhadap data curah hujan pengamatan.

Hasil validasi data tanpa koreksi menunjukkan bahwa data curah hujan satelit GPM IMERG masih memerlukan perbaikan sebelum dapat digunakan secara efektif. Nilai korelasi yang sedang, RMSE yang tinggi, dan NSE yang negatif mengindikasikan bahwa data mentah dari satelit belum cukup akurat untuk mewakili kondisi curah hujan di lapangan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya keterlambatan data satelit GPM IMERG dalam merekam curah hujan [23] dan kualitas data pengamatan di lapangan (ground station) [24].

3.2 Analisis Validasi Data Terkoreksi

Hasil validasi data terkoreksi diperoleh dengan terlebih dahulu dilakukan kalibrasi data. Kalibrasi data curah hujan satelit dilakukan menggunakan data bulanan selama periode 2010-2014. Lima persamaan regresi (logaritmik, polinomial, linear, eksponensial, dan pangkat) dievaluasi untuk memperoleh hubungan terbaik antara data satelit (sumbu X) dan data pengamatan (sumbu Y). Hasil analisis menunjukkan bahwa model polinomial orde 2 memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi. Persamaan polinomial orde 2 ini kemudian dipilih untuk menghasilkan data curah hujan satelit yang telah dikoreksi. Hasil persamaan regresi dari masing-masing lokasi data curah hujan satelit ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Persamaan Regresi Terpilih

| Data Satelit | Persamaan Regresi Terpilih |
|--------------|-------------------------------------|
| GPM IMERG-E | $y = -0.0003x^2 - 0.0109x + 12.724$ |
| GPM IMERG-L | $y = -0.0004x^2 + 0.0173x + 12.533$ |
| GPM IMERG-F | $y = -0.0009x^2 + 0.1391x + 10.209$ |

Untuk memvalidasi kinerja model kalibrasi, selanjutnya dilakukan analisis terhadap ketiga produk data curah hujan satelit GPM IMERG sehingga diperoleh data curah hujan yang terkoreksi. Metrik evaluasi yang digunakan meliputi koefisien korelasi (R), RMSE, NSE dan RB. Persamaan regresi yang terpilih dari tahap kalibrasi akan diuji kembali pada periode di luar periode kalibrasi, yaitu tahun 2015-2019. Nilai terbaik untuk RMSE dan RB adalah yang mendekati 0, sedangkan nilai NSE dan R yang terbaik adalah mendekati 1 [25]. Hasil validasi data curah hujan yang terkoreksi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validasi Data Terkoreksi

| Produk GPM IMERG | R | | RMSE | NSE | | RB (%) |
|------------------|-------|--------------|-------|-------|----------------|--------|
| | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| GPM IMERG-E | 0,94 | Sangat Kuat | 12,69 | -0,83 | Tidak Memenuhi | -11,61 |
| GPM IMERG-L | 0,94 | Sangat Kuat | 14,10 | -0,74 | Tidak Memenuhi | -5,71 |
| GPM IMERG-F | 0,97 | Sangat Kuat | 13,00 | -0,82 | Tidak Memenuhi | -9,67 |

Hasil validasi data setelah dikoreksi berdasarkan Tabel 3. menunjukkan semua produk GPM IMERG (E, L, dan F) memiliki nilai koefisien korelasi (R) yang sangat tinggi (0.94 hingga 0.97). Ini mengindikasikan bahwa setelah proses kalibrasi, hubungan antara data satelit dan data pengamatan di lapangan menjadi sangat kuat. Artinya, pola umum curah hujan yang ditangkap oleh satelit sangat mirip dengan yang terukur di lapangan. Nilai RMSE yang lebih rendah dibandingkan sebelum dikoreksi menunjukkan peningkatan akurasi dalam estimasi curah hujan. Meskipun nilai R tinggi, nilai NSE masih belum memenuhi kriteria yang sangat baik karena bernilai negatif. Ini

mengindikasikan bahwa model belum sepenuhnya mampu mereproduksi pola variabilitas data pengamatan. Sementara itu, nilai RB yang negatif pada semua produk menunjukkan adanya kecenderungan data satelit untuk underestimasi terhadap nilai curah hujan aktual. Artinya, secara umum, data satelit cenderung memberikan estimasi curah hujan yang lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran di lapangan.

Proses kalibrasi telah berhasil meningkatkan korelasi antara data satelit dan data pengamatan. Namun, masih ada ruang untuk perbaikan, terutama dalam hal nilai NSE dan RB. Secara umum, semua produk GPM IMERG (E, L, dan F) terkoreksi terlihat akurasi semakin membaik jika dibandingkan dengan data curah hujan sebelum dikoreksi. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu di wilayah Bima dan Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat [26], serta di Kawasan Waduk Sutami, Malang [27]. Dalam konteks Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji, produk GPM IMERG-F dinilai lebih optimal karena cakupan spasialnya yang lebih luas, mencakup wilayah terpencil, dan ketersediaan data yang lebih panjang. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemanfaatan data satelit GPM IMERG untuk mendukung studi hidrologi di daerah dengan keterbatasan data pengamatan.

4 KESIMPULAN

Data curah hujan satelit GPM IMERG sebelum koreksi menunjukkan korelasi yang moderat dengan data pengamatan di lapangan. Nilai RMSE yang tinggi dan NSE yang negatif mengindikasikan akurasi yang rendah dan ketidakmampuan model dalam mereproduksi pola variabilitas curah hujan. Selain itu, data satelit cenderung meremehkan curah hujan aktual. Secara umum, akurasi semua produk GPM IMERG meningkat setelah koreksi. Hasil validasi setelah koreksi menunjukkan bahwa proses kalibrasi yang dilakukan berhasil meningkatkan secara signifikan korelasi antara data satelit dan data pengamatan dari nilai sedang (0,40-0,59) sebelum koreksi menjadi nilai sangat kuat ($> 0,8$). Meskipun demikian, masih terdapat ruang untuk perbaikan, terutama dalam hal nilai NSE dan RB.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting dalam pemanfaatan data satelit untuk mendukung berbagai aplikasi hidrologi, seperti perencanaan tata ruang, pengelolaan sumber daya air, dan mitigasi bencana. Dengan terus mengembangkan dan memperbaiki metode kalibrasi, data satelit GPM IMERG dapat menjadi sumber informasi yang sangat berharga untuk memahami dan memprediksi pola curah hujan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Mamenun, H. Pawitan, and A. Sophaheluwakan, "Validasi dan koreksi data satelit trmm pada tiga pola hujan di indonesia," *J. Meteorol. dan Geofis.*, 2014, [Online]. Available: <http://202.90.199.54/jmg/index.php/JMG/article/view/169>.
- [2] R. Andari and 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.
- [3] A. F. A. Putra, S. . M. T. Prof. Dr. Eng. Donny Harisuseno, and S. . M. . I. . A. E. Dr. Ir. Runi Asmaranto,

- “Evaluasi Dan Koreksi Data Curah Hujan Satelit GPM (Global Precipitation Measurement) Terhadap Data Stasiun Hujan Observasi Di DAS Dodokan Nusa Tenggara Barat,” vol. 04, no. 02, pp. 1313–1326, 2024, [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/216873/>.
- [4] U. Nurul 'aini *et al.*, “Evaluasi Kesesuaian Data Satelit Global Precipitation Measurement (GPM) terhadap Stasiun Curah Hujan Disekitar Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) di Kabupaten Penajam Paser Utara,” *J. Educ.*, vol. 06, no. 02, pp. 13438–13448, 2024.
- [5] N. Habib Muzaki, I. N. Wijaya, M. Agritami, R. F. Ramdani, and A. Fadlan, “Perbandingan Produk Estimasi Curah Hujan Global Precipitation Measurement (GPM) Dan Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) Di Wilayah Kalimantan Tahun 2020,” *J. Meteorol.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–31, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.stmkg.ac.id/index.php/jam>.
- [6] C. Y. Liu, P. Aryastana, G. R. Liu, and W. R. Huang, “Assessment of satellite precipitation product estimates over Bali Island,” *Atmos. Res.*, vol. 244, no. April, p. 105032, 2020, doi: 10.1016/j.atmosres.2020.105032.
- [7] D. Yunita Samosir, I. Made Yuliara, and R. Prasetya, “Perbandingan dan Analisis Pola Spasial Curah Hujan Data IMERG (Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM) dan Data Observasi di Provinsi Bali Comparison and Analysis of Rainfall Spatial Patterns IMERG (Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM) Da,” *SINTA 4 Accredit. Start.*, vol. 22, no. 2, pp. 67–76, 2021, [Online]. Available: <https://disc.gsfc.nasa.gov>.
- [8] A. Y. Hou *et al.*, “The global precipitation measurement mission,” *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, vol. 95, no. 5, pp. 701–722, 2014, doi: 10.1175/BAMS-D-13-00164.1.
- [9] D. Sahlu, E. I. Nikolopoulos, S. A. Moges, E. N. Anagnostou, and D. Hailu, “First evaluation of the day-1 IMERG over the upper blue Nile basin,” *J. Hydrometeorol.*, vol. 17, no. 11, pp. 2875–2882, 2016, doi: 10.1175/JHM-D-15-0230.1.
- [10] E. Sharifi, R. Steinacker, and B. Saghafian, “Assessment of GPM-IMERG and other precipitation products against gauge data under different topographic and climatic conditions in Iran: Preliminary results,” *Remote Sens.*, vol. 8, no. 2, 2016, doi: 10.3390/rs8020135.
- [11] M. Tan and Z. Duan, “Assessment of GPM and TRMM precipitation products over Singapore,” *Remote Sens.*, vol. 9, no. 7, 2017, doi: 10.3390/rs9070720.
- [12] X. Yang, Y. Lu, M. L. Tan, X. Li, G. Wang, and R. He, “Nine-year systematic evaluation of the GPM and TRMM precipitation products in the shuaishui river basin in east-central china,” *Remote Sens.*, 2020, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/672750>.
- [13] A. Vioria, G. J. Perez, G. Tapang, and J. Comiso, “Improved rainfall data in the Philippines through concurrent use of GPM IMERG and ground-based measurements,” *Remote Sens.*, vol. 13, no. 15, pp. 1–21, 2021, doi: 10.3390/rs13152859.
- [14] M. A. Azka, P. A. Sugianto, A. K. Silitonga, and I. R. Nugraheni, “Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit Gpm Imerg Di Surabaya, Indonesia,” *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, vol. 19, no. 2, p. 83, 2018, doi: 10.29122/jstmc.v19i2.3153.
- [15] N. A. Arrokhman, S. Wahyuni, and E. Suhartanto, “Evaluasi Kesesuaian Data Satelit untuk Curah Hujan dan Evaporasi Terhadap Data Pengukuran di Kawasan Waduk Sutami,” *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 2, pp. 904–916, 2021, doi: 10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.46.
- [16] N. M. C. Partarini, J. Sujono, and E. P. A. Pratiwi, “KOREKSI DAN VALIDASI DATA CURAH HUJAN SATELIT GPM-IMERG,” *Pros. CEEDRiMS 2021*, pp. 149–156, 2021.
- [17] A. Faisol and B. Ollin Paga, “Komparasi Citra Satelit Hujan Resolusi Tinggi dalam Mengestimasi Curah Hujan Harian di Provinsi Papua Barat Comparison of High-Resolution Rainfall Satellite Image in Estimating Daily Rainfall in West Papua,” vol. 4, no. 1, pp. 2620–4738, 2021.
- [18] H. Maulana, E. Suhartanto, and D. Harisuseno, “Analysis of Water Availability Based on Satellite Rainfall in the Upper Brantas River Basin,” *Int. Res. J. Adv. Eng. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 393–398, 2019.
- [19] 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,” *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 2, pp. 772–785, 2021, doi: 10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.36.
- [20] R. Ramadhan *et al.*, “Evaluation of GPM IMERG Performance Using Gauge Data over Indonesian Maritime

- Continent at Different Time Scales,” *Remote Sens.*, vol. 14, no. 5, pp. 1–24, 2022, doi: 10.3390/rs14051172.
- [21] D. S. Krisnayanti, D. F. B. Welkis, M. H. Fery, and D. Legono, “Evaluasi Kesesuaian Data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Dengan Data Pos Hujan Pada Das Temef Di Kabupaten Timor Tengah Selatan,” *J. Sumber Daya Air*, 2020, [Online]. Available: <https://journalsda.pusair-pu.go.id/index.php/JSDA/article/view/646>.
- [22] M. Benkirane, “Hydro Statistical Assessment of TRMM and GPM Precipitation Products against Ground Precipitation over a Mediterranean Mountainous Watershed (in the Moroccan High Atlas),” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 16, 2022, doi: 10.3390/app12168309.
- [23] I. Kurniawan, “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.
- [24] A. P. Nugroho and S. S. Sachro, “Analisis Regresi Untuk Penentuan Faktor Koreksi Data Hujan Satelit (Studi Kasus Daerah Tangkapan Air Bendungan Way Apu),” *Teknik*, vol. 45, no. 1, pp. 59–68, 2024, doi: 10.14710/teknik.v45i1.60335.
- [25] Soewarno, *Hidrologi- Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Jilid 1. Bandung: Penerbit Nova, 1995.
- [26] Rostihanji and Humairo Saidah, “Validitas data curah hujan produk satelit IMERG terhadap data curah hujan terukur di wilayah Bima dan Dompu,” *Padur. J. Tek. Sipil Univ. Warmadewa*, vol. 12, no. 2, pp. 137–152, 2023, doi: 10.22225/pd.12.2.6461.137-152.
- [27] A. H. Alie and S. Suharyanto, “Akurasi Data Curah Hujan Satelit Terhadap Data Pengukuran di Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Sutami,” *Bentang J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 12, no. 1, pp. 75–82, 2024, doi: 10.33558/bentang.v12i1.7904.