

STUDI PERBANDINGAN CURAH HUJAN AKTUAL DAN DATA SATELIT GPM DI BENDUNGAN KUNINGAN

Rais Amin^{1*)}, Sri Rahayu²⁾, Aji Suraji³⁾

¹⁾ Program Studi D4 Teknologi Rekayasa dan Pemeliharaan Bangunan Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang

²⁾ Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia

³⁾ Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Data Artikel: Naskah masuk, 26 Juni 2024 Direvisi, 18 Juli 2024 Diterima, 19 Juli 2024 Email Korespondensi: rais.amin.fv@um.ac.id	Data curah hujan sangat penting karena sering digunakan dalam perhitungan perencanaan infrastruktur air, pengelolaan daerah aliran sungai, pembangkit listrik tenaga air, pencegahan banjir, irigasi, pemenuhan kebutuhan air baku, dan penanggulangan kekeringan. Data curah hujan ini juga disebut sebagai data curah hujan observasi. Namun, saat ini terdapat satelit yang dapat digunakan untuk memperoleh data curah hujan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan antara curah hujan aktual dan data curah hujan yang diperoleh dari satelit dengan studi kasus di daerah aliran Sungai Bendungan Kuningan. Berdasarkan data yang diperoleh (1 Juni 2000 - 30 September 2021) dari dua sumber data, diperoleh hasil yang berbeda untuk debit puncak. Pada Gambar x yang bersumber dari stasiun darat Ciwaru, debit hujan maksimum terjadi pada 29 Januari 2003 sebesar 24,4 m³/s, sedangkan data dari satelit GPM menunjukkan debit hujan maksimum pada 26 oktober 2017 sebesar 42,5 m³/s. curah hujan maksimum tahunan rata-rata terjadi pada tahun 2010 dari kedua data yang diperoleh. Nilai korelasi yang diperoleh adalah 0,70, yang termasuk dalam kategori kuat. Nilai RMSE cukup tinggi. Root Mean Square Error (RMSE) digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai observasi dan nilai situasi. Kata Kunci: Data Curah Hujan, Pengelolaan DAS, GPM

1. PENDAHULUAN

Data curah hujan memiliki peran krusial dalam berbagai aspek seperti perencanaan infrastruktur air, pengelolaan daerah aliran sungai, pembangkit listrik tenaga air, pencegahan banjir, irigasi, pemenuhan kebutuhan air baku, dan penanganan kekeringan. Data ini diperoleh melalui alat pengukur hujan yang terpasang di stasiun-stasiun darat yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data yang diperoleh dari alat ini disebut juga sebagai data curah hujan observasional. Selain itu, teknologi satelit kini juga memungkinkan pengumpulan data curah hujan. Data curah hujan dapat dikumpulkan dari pos-pos stasiun darat menggunakan penakar hujan manual atau otomatis dalam satuan milimeter (mm). Sementara itu, data penguapan dapat diukur di stasiun klimatologi menggunakan panci penguapan dengan satuan yang sama.

Pengembangan infrastruktur seperti bendungan sangat bergantung pada data curah hujan untuk perencanaan. Bendungan merupakan struktur air yang memiliki banyak manfaat penting. Sebagai infrastruktur vital di bidang sumber daya air, bendungan memberikan berbagai

keuntungan bagi masyarakat sekitarnya. Kapasitas penyimpanan yang besar pada bendungan mampu mengurangi masalah kekurangan air yang semakin dirasakan di berbagai daerah [1].

Teknologi satelit, seperti Global Precipitation Measurement (GPM), telah berkembang pesat dan mampu menyediakan data curah hujan dengan cakupan yang lebih luas dan resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran tradisional [2]. Satelit GPM, hasil kolaborasi antara NASA dan JAXA, dirancang untuk meningkatkan akurasi pengukuran curah hujan di seluruh dunia, termasuk di daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh stasiun pengamatan darat [3].

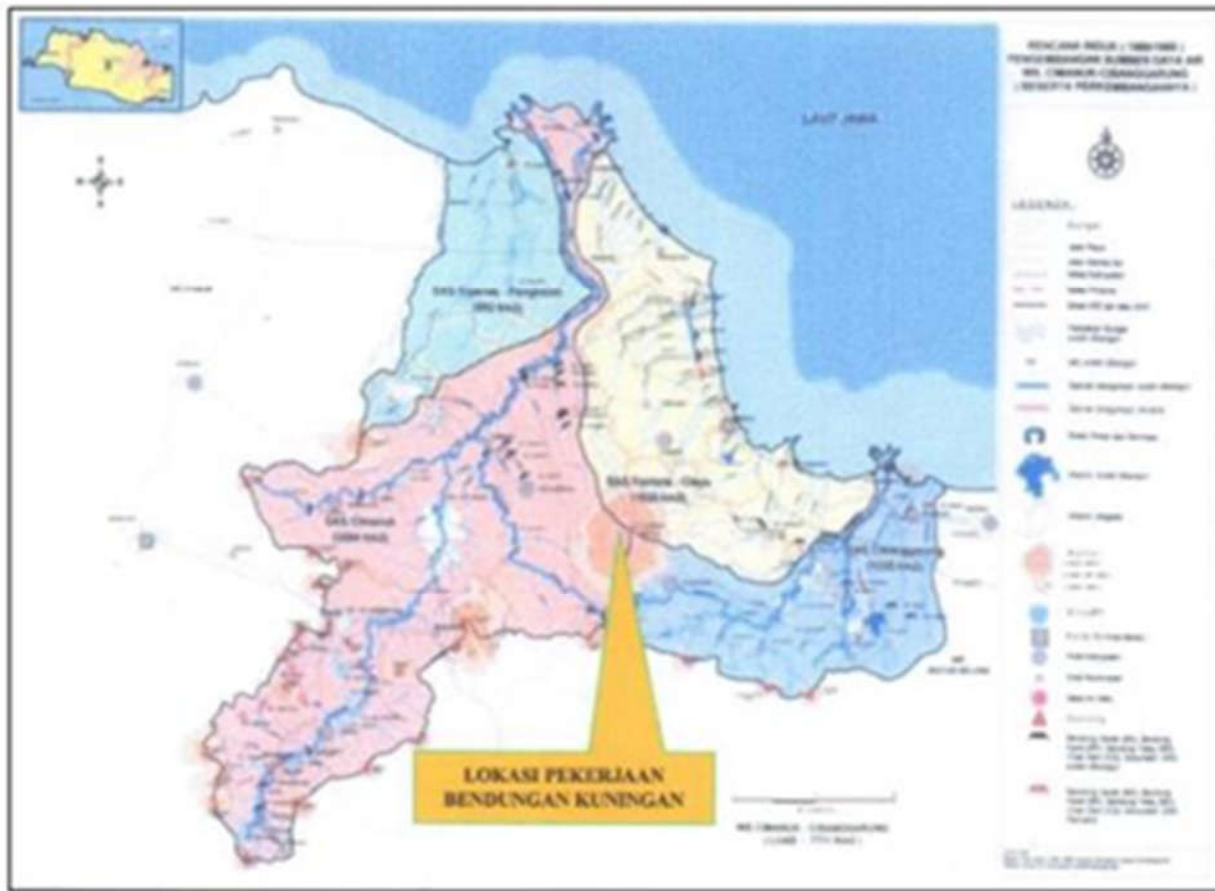
Untuk mengatasi keterbatasan ini, data curah hujan berbasis satelit telah menjadi alternatif yang semakin populer. Satelit menyediakan cakupan spasial yang lebih luas dan pengukuran yang konsisten dari waktu ke waktu. Salah satu produk data curah hujan berbasis satelit yang terkenal adalah Global Precipitation Measurement (GPM), yang diluncurkan pada Februari 2014 oleh NASA dan JAXA. GPM menawarkan teknologi yang lebih canggih dan hasil yang lebih akurat dibandingkan pendahulunya, Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) [4].

Salah satu bentuk pengembangan fasilitas publik di Provinsi Jawa Barat adalah Bendungan Kuningan, yang terletak di Kabupaten Kuningan. Bendungan Kuningan ini diselesaikan dan diresmikan pada tahun 2021. Bendungan ini menampung Sungai Cikaro dan merupakan jenis bendungan urugan zonal dengan inti tegak, memiliki tinggi tubuh bendungan maksimum 43 meter dan panjang 229 meter, dengan volume timbunan sekitar 600.000 m³, volume penyimpanan air bruto 25 juta m³, melayani daerah irigasi seluas sekitar 3.000 Ha, air baku 300 l/detik, dan pembangkit listrik tenaga air 500 kW.

Kehilangan data curah hujan dari stasiun darat dapat diatasi dengan menggunakan data curah hujan harian dari satelit yang disediakan oleh NASA. Data curah hujan satelit dan data terkait daerah aliran sungai bendungan dapat diintegrasikan dan dianalisis dengan memanfaatkan perangkat lunak HEC-HMS. Tujuan dari studi ini adalah untuk menentukan perbedaan antara data curah hujan aktual dan data curah hujan yang diperoleh dari satelit dengan mengambil studi kasus di daerah aliran sungai Bendungan Kuningan.

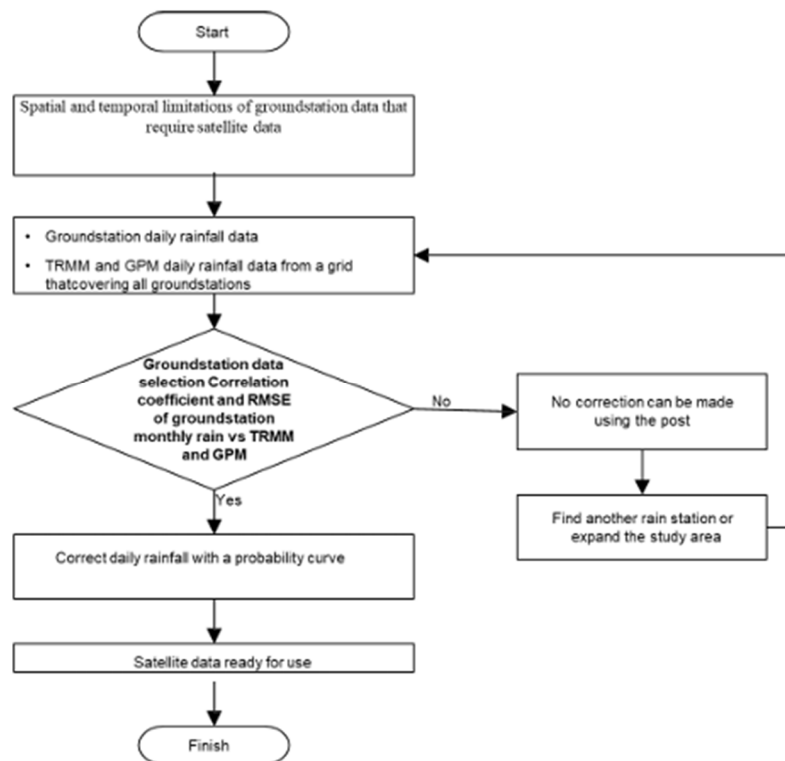
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode inventarisasi data dari data sekunder yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian uji korelasi data curah hujan di daerah aliran sungai Bendungan Kuningan dari berbagai sumber pengumpulan data. Lokasi pembangunan Bendungan/Waduk Kuningan terletak di Sungai Cikaro, anak sungai dari Sungai Cijangkelok di mana Sungai Cisanggarung merupakan sungai utamanya. Luas daerah aliran sungai Cisanggarung adalah 1.325 km².



Gambar 1. Lokasi Bendungan Kuningan, Provinsi Jawa Barat

Data curah hujan satelit dapat digunakan dalam kondisi keterbatasan data stasiun darat baik dari segi spasial maupun temporal. Keterbatasan spasial di sini berarti lokasi stasiun darat jauh dari daerah aliran Sungai Data curah hujan satelit dapat digunakan dalam kondisi keterbatasan data stasiun darat baik dari segi spasial maupun temporal. Keterbatasan spasial di sini berarti lokasi stasiun darat jauh dari daerah aliran sungai yang sedang dipelajari, sementara keterbatasan temporal berarti panjang data hujan yang tersedia terlalu pendek atau memiliki banyak data kosong. Berdasarkan studi sebelumnya, diketahui bahwa data curah hujan satelit memiliki kesalahan ketika dibandingkan dengan data stasiun darat. Oleh karena itu, sebelum digunakan untuk analisis lebih lanjut, data curah hujan satelit perlu dikoreksi terlebih dahulu. Metode implementasi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2 [5].



Gambar 2. Flowchart Penggunaan dan Koreksi Data Hujan Satelit

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Stasiun Hujan

Terdapat 2 stasiun darat di dekat daerah aliran sungai Bendungan Kuningan, yaitu Stasiun Darat Ciwaru dan Stasiun Darat Cibingbin. Karena Stasiun Darat Cibingbin sudah lama tidak beroperasi, data yang digunakan hanya berdasarkan 1 stasiun darat, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi di Stasiun Pengamatan

Kondisi seperti ini di masa depan dapat diatasi dengan menggunakan lebih banyak stasiun pengamatan, data hasil pengukuran curah hujan dengan alat pengukur hujan yang terdapat pada stasiun hujan menjadi sumber data utama yang sering digunakan [6]. Semakin banyak jumlah stasiun pengamatan, semakin rinci data curah hujan yang tercatat. Jumlah dan lokasi stasiun pengamatan adalah hal-hal yang perlu dipertimbangkan terkait ketersediaan data hujan.

3.2. Satelit Data Hujan

Pengukuran curah hujan secara langsung dari atmosfer ke permukaan bumi biasanya dilakukan menggunakan stasiun pemantauan darat. Namun, dalam hal cakupan spasial, stasiun pemantauan darat sering kali sulit memenuhi kebutuhan analisis yang presisi ketika distribusi lokasinya terbatas, terutama ketika variabilitas spasialnya tinggi [7]. Konsekuensi penggunaan data semacam ini adalah terjadinya kesalahan yang lebih fatal dalam pengambilan keputusan. Kondisi ini diperburuk oleh data curah hujan yang hilang akibat faktor kelalaian dari pengamat dan pengelola.

Pengukuran curah hujan berbasis satelit mampu mengurangi efek variabilitas spasial dan memberikan pengukuran yang konsisten dari waktu ke waktu. Saat ini, ada banyak produk data curah hujan berbasis satelit. Salah satu yang populer digunakan adalah data yang diluncurkan oleh NASA dan JAXA, yaitu Misi Pengukuran Curah Hujan Tropis (TRMM). Namun, misi pengukuran ini berakhir pada tahun 2015 dan digantikan oleh teknologi generasi terbaru dalam produk Pengukuran Presipitasi Global (GPM). GPM, yang diluncurkan pada Februari 2014, tidak hanya menawarkan teknologi yang lebih baik, tetapi juga hasil yang lebih akurat dan cakupan spasial yang lebih luas dibandingkan dengan TRMM. Dari hasil yang telah dilakukan maka data GPM bisa dijadikan sebagai referensi data curah hujan yang dapat digunakan sebagai input dalam melakukan analisis.[8].

Dalam penelitian ini, pengukuran atau analisis dilakukan menggunakan satelit Global Precipitation Measurement (GPM).

Tabel 1. Perbedaan TRMM dan GPM

Parameters	TRMM	GPM
Launch time	1997 - Juni 2015	Februari 2014
Spatial resolution in degress	0,25° x 0,25°	0,10° x 0,10°
Spatial resolution in km	28 x 28 km	11 x 11 km
Temporal resolution	3 Jam	30 Menit
Spatial coverage	37° U/S	68° U/S

Sumber: Analisis, 2024

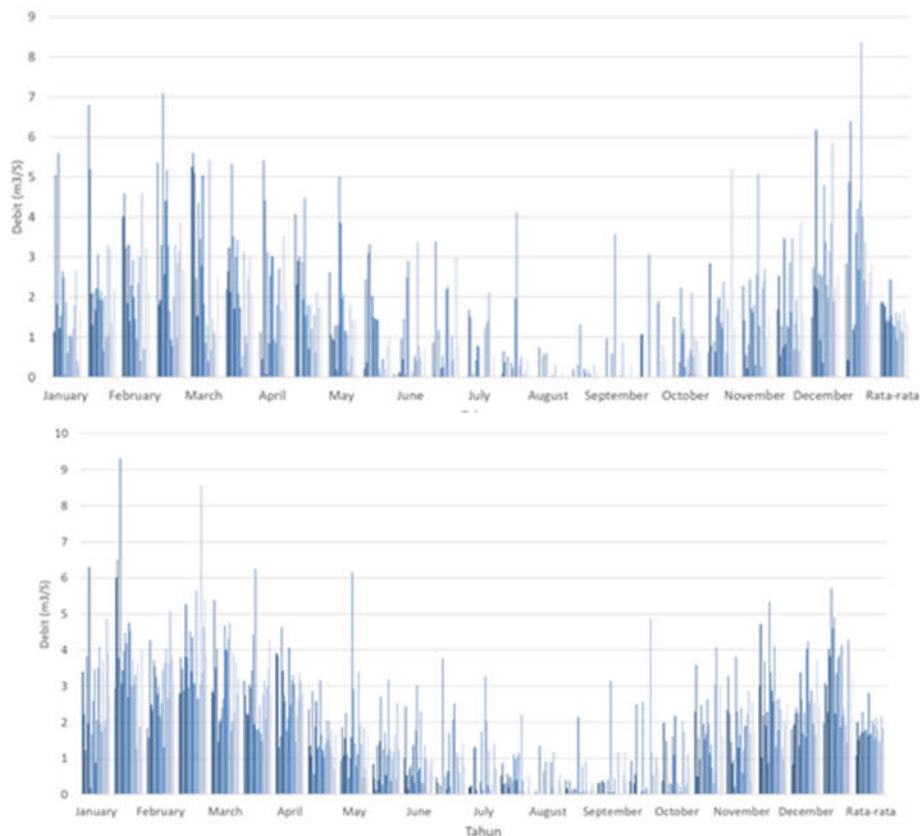
3.3. Ketersediaan Data Hujan

Data curah hujan di daerah aliran Waduk Kuningan dihasilkan dari rata-rata selama 30 tahun terakhir yang tercatat di stasiun pemantauan darat Ciwaru. Lokasi stasiun Ciwaru dapat dilihat pada **Gambar 4**. Data curah hujan ini kemudian dikorelasikan dengan data curah hujan harian yang diperoleh dari GPM. Berikut adalah hasil ketersediaan data dari tahun 1990 hingga 2021.

Ketersediaan Data Curah Hujan Sta Ciwaru				Ketersediaan Data Curah Hujan Satelit GPM			
Tahun	(bulan)	Tahun	(bulan)	Tahun	(bulan)	Tahun	(bulan)
1990	12	2006	12	1990	-	2006	12
1991	-	2007	12	1991	-	2007	12
1992	-	2008	12	1992	-	2008	12
1993	-	2009	12	1993	-	2009	12
1994	-	2010	12	1994	-	2010	12
1995	-	2011	12	1995	-	2011	12
1996	-	2012	12	1996	-	2012	12
1997	-	2013	12	1997	-	2013	12
1998	-	2014	12	1998	-	2014	12
1999	-	2015	12	1999	-	2015	12
2000	-	2016	12	2000	12	2016	12
2001	-	2017	12	2001	12	2017	12
2002	-	2018	12	2002	12	2018	12
2003	12	2019	12	2003	12	2019	12
2004	12	2020	12	2004	12	2020	12
2005	12			2005	12	2021	10

Gambar 4. Ketersediaan Data dari Stasiun Hujan dan Satelit Data Hujan

Berdasarkan data yang diperoleh (01 Juni 2000 - 30 September 2021), menggunakan dua sumber data, terdapat perbedaan hasil untuk puncak debit air. Pada Gambar x, yang bersumber dari stasiun pemantauan Ciwaru, debit hujan maksimum tercatat pada 29 Januari 2003 dengan nilai $24,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Sementara itu, data dari Satelit GPM menunjukkan debit hujan maksimum pada 26 Oktober 2017 dengan nilai $42,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Rata-rata curah hujan maksimum tahunan terjadi pada tahun 2010 dari kedua sumber data tersebut, seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbedaan Hasil Data Curah Hujan dari Stasiun Hujan dan Satelit

3.4. Koreksi Data Hujan Aktual dan Data Hujan Satelit

Data divalidasi menggunakan dua metode, yaitu Koefisien Korelasi (R) dan Root Mean Squared Error (RMSE). Rentang data yang digunakan untuk analisis validasi data yang belum dikoreksi adalah dari 1 Juni 2000 hingga 30 September 2021. Validasi data bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana akurasi data GPM dalam menggambarkan curah hujan permukaan[9]. Berikut adalah beberapa indikator statistik yang digunakan untuk analisis validasi:

1. Koefisien Korelasi

Analisis korelasi adalah salah satu metode statistik yang umum digunakan untuk menentukan kekuatan hubungan antara dua variabel [10]. Sedangkan koefisien korelasi (C) adalah angka yang menyatakan besarnya hubungan tersebut [11].

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

Dimana P_i merupakan data observasi (data dari stasiun hujan), Q_i adalah data perkiraan (data perkiraan dari satelit), dan N adalah jumlah data.

Hasil tersebut diinterpretasikan kedalam kategori yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi Koefisien Korelasi (R)

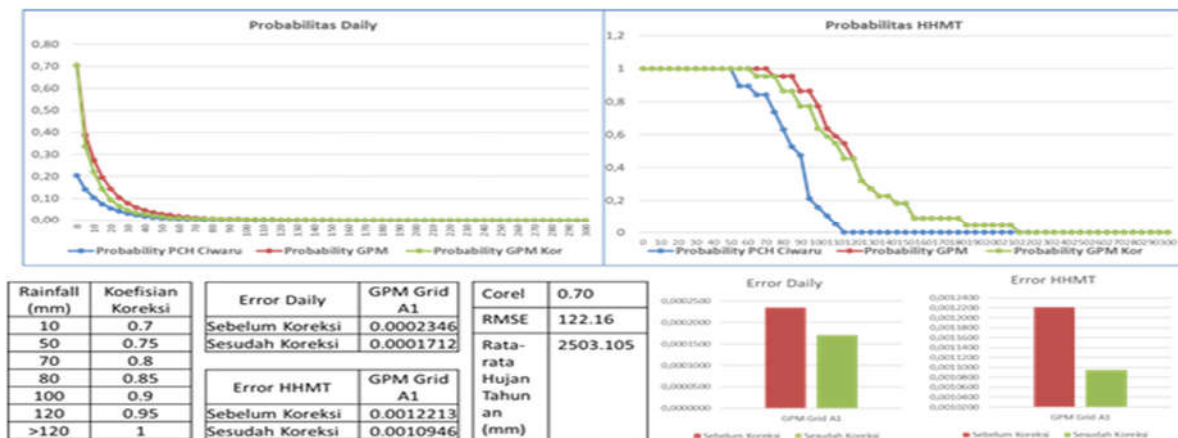
Interval Korelasi	Kategori
0,00 - 0,19	Sangat Lemah
0,20 - 0,39	Lemah
0,40 - 0,59	Cukup
0,60 - 0,79	Kuat
0,80 - 1,00	Sangat Kuat

2. Root Mean Squared Error (RMSE)

RMSE mengindikasikan tingkat kesalahan atau *error* [12]. Semakin kecil nilai RMSE, semakin kecil perbedaan antara kedua nilai tersebut, sehingga estimasi dari TRMM akan semakin akurat [13].

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

Dimana P_i merupakan data observasi (data dari stasiun hujan), Q_i adalah data perkiraan (data perkiraan dari satelit), dan N adalah jumlah data.



Gambar 6. Hasil Korelasi dan Nilai RMSE

Berdasarkan Gambar 6 diperoleh nilai korelasi sebesar 0,70. Menurut Wilks [11], nilai korelasi sebesar 0,7 termasuk dalam kategori kuat. Nilai RMSE-nya cukup tinggi. Hasil RMSE ini akan digunakan sebagai pengukuran perbedaan antara nilai yang diamati dan disimulasikan. Nilai RMSE yang lebih tinggi akan menunjukkan model yang buruk, dan sebaliknya. Nilai RMSE = 0 menunjukkan model yang sangat sesuai [14].

4. KESIMPULAN

Perbedaan antara data hujan lapangan dan data hujan satelit menunjukkan nilai korelasi sebesar 0.7, yang mengindikasikan hubungan yang kuat antara kedua data curah hujan tersebut. Nilai RMSE yang diperoleh adalah 122.16. Hasil validasi data curah hujan dari pos penakar hujan dengan data Satelit GPM di wilayah tangkapan Waduk Kuningan menunjukkan bahwa validasi data GPM yang telah dikoreksi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan validasi data GPM yang belum dikoreksi, dilihat dari nilai RMSE dan Kesalahan Relatif yang cenderung menurun. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data curah hujan Satelit GPM di wilayah tangkapan Waduk Kuningan dapat digunakan sebagai data hidrologi alternatif untuk menggantikan data curah hujan dari penakar hujan, namun sebaiknya data tersebut dikoreksi terlebih dahulu.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penyampaian ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang paling berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian (penyandang dana, mitra kerja, pimpinan PT dan lain-lain).

6. DAFTAR PUSTAKA [Trebuchet MS 11 cetak tebal]

- [1] J. Mulyono, "Konsepsi Keamanan Bendungan Dalam Pembangunan dan Pengelolaan Bendungan," *Junal Infrastruktur*, vol. 3, no. 1, pp. 62-69, 2017.
- [2] 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.
- [3] G. Skofronick-Jackson *et al.*, "The global precipitation measurement (GPM) mission for science and Society," *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, vol. 98, no. 8, pp. 1679-1695, 2017, doi: 10.1175/BAMS-D-15-00306.1.

-
- [4] G. Huffman, W. McCarty, C. Cosner, and J. Reed, "The Global Precipitation Measurement Mission (GPM)," Global Precipitation Measurement. Accessed: Jul. 24, 2024. [Online]. Available: <https://gpm.nasa.gov/missions/GPM>
 - [5] B. T. Bendungan, *Modul 1: Analisis Curah Hujan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2022.
 - [6] R. Mahindraguna, R. H. Dananjaya, and G. Chrismaningwang, "Validasi data hujan satelit IMERG terkalibrasi dengan metode geographically weighted regression terhadap data hujan stasiun," *Proceeding Civ. Eng. Res. Forum*, vol. 3, no. 1, pp. 149-159, 2023, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/123456789/45521>
 - [7] R. R. E. Vernimmen, A. Hooijer, Mamenun, E. Aldrian, and A. I. J. M. Van Dijk, "Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia," *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 16, no. 1, pp. 133-146, 2012, doi: 10.5194/hess-16-133-2012.
 - [8] I. Kurniawan and M. D. Jendra, "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.
 - [9] A. N. A. Ramadan, W. K. Adidarma, B. A. Riyanto, and K. Windianita, "Determination of Hydrologic Soil Group For The Calculation of Floods At Upper Brantas Watershed," *J. Sumber Daya Air*, vol. 13, no. 2, pp. 69-82, 2018.
 - [10] S. Lufi, S. Ery, and R. Rispiningtati, "Hydrological Analysis of TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Data in Lesti Sub Watershed," *Civ. Environ. Sci.*, vol. 003, no. 01, pp. 018-030, 2020, doi: 10.21776/ub.civense.2020.00301.3.
 - [11] D. S. Wilks, *No Title Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. San Diego (US): Academic Press Inc., 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03921-6>.
 - [12] I. Indarto, *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jember: Bumi Aksara, 2010. doi: 10.13140/RG.2.1.3678.9527.
 - [13] M. D. Syaifullah, "Validasi Data Trmm Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga Das Di Indonesia," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 15, no. 2, pp. 109-118, 2014, doi: 10.31172/jmg.v15i2.180.
 - [14] D. S. Deshmukh, U. C. Chaube, A. Ekube Hailu, D. Abera Gudeta, and M. Tegene Kassa, *Estimation and comparision of curve numbers based on dynamic land use land cover change, observed rainfall-runoff data and land slope*, vol. 492. Elsevier B.V., 2013. doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.04.001.

=== Halaman Sengaja Di Kosongkan ===