

VALIDASI DATA HUJAN SATELIT TERHADAP DATA GROUND UNTUK ESTIMASI DEBIT ANDALAN DI KOTA SURAKARTA

Maknun Seno Aji Saputro¹, Rintis Hadiani² dan Sholihin As'ad³

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta
Email: maknunseno@gmail.com

² Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta
Email: rintis@ft.uns.ac.id

³ Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta
Email: sholihinasad@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Rainfall plays a critical role in the hydrological cycle, affecting various sectors such as water resource management, agriculture, and disaster mitigation. The Global Precipitation Measurement (GPM) satellite is a significant innovation in global rainfall measurement. The availability of GPM satellite data is particularly beneficial for regions with limited ground-based rainfall station data. This study validates rainfall data from the Global Precipitation Measurement (GPM) satellite against ground observation data to calculate dependable flow in Pepe River, Surakarta, using the National Rural Electric Cooperative Association (NRECA) method. The analysis spans data from 2004 to 2024. Validation results show a strong correlation ($R = 0,7315$) but notable deviations with Root Mean Square Error (RMSE) = 0,415 and NSE = 0,667. Post-calibration (coefficient 0,856), the correlation improves significantly ($R = 1$, RMSE = 0,016, NSE = 0,758). Dependable flow analysis identifies February as the month with the highest average discharge (1,163 m³/s) and highlights 2017 as the year with a Q_{80%} value of 4,578 m³/s using the Weibull Basic Month method. Comparison of Q_{80%} results with field discharge data, obtained through rating curve conversion, shows that the Q_{80%} value falls within the standard deviation range of field discharge, validating the calculated results. The results of this study are expected to provide insights into the quality of GPM satellite rainfall data for dependable flow estimation.

Keywords: dependable flow, GPM, NRECA, rainfall, validation.

ABSTRACT

Curah hujan berperan penting dalam siklus hidrologi, memengaruhi berbagai sektor seperti manajemen sumber daya air, pertanian, dan mitigasi bencana. *Satelit Global Precipitation Measurement (GPM)* merupakan inovasi penting dalam pengukuran curah hujan secara global. Ketersediaan data satelit GPM sangat bermanfaat bagi daerah dengan data curah hujan ground yang terbatas. Penelitian ini memvalidasi data curah hujan dari satelit GPM terhadap data curah hujan *ground* untuk menghitung debit andalan pada ruas Kali Pepe, Kota Surakarta dengan menggunakan metode *National Rural Electric Cooperative Association (NRECA)*. Analisis mencakup data dari tahun 2004 hingga 2024. Hasil validasi menunjukkan korelasi yang kuat ($R = 0,7315$) serta terdapat penyimpangan dengan pengujian *Root Mean Square Error (RMSE)* = 0,415 dan *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)* sebesar 0,667. Setelah kalibrasi dengan koefisien 0,856 yang didapat dari persamaan regresi, korelasi meningkat secara signifikan ($R = 1$, RMSE = 0,016, NSE = 0,758). Analisis debit andalan mengidentifikasi bulan Februari sebagai bulan dengan debit rata-rata tertinggi (1,13 m³/detik) dan didapat debit andalan Q_{80%} pada tahun 2017 dengan nilai 4,578 m³/s melalui perhitungan metode Weibull Basic Month. Perbandingan hasil debit Q_{80%} dengan data debit lapangan yang diperoleh melalui konversi kurva debit menunjukkan bahwa nilai Q_{80%} berada dalam rentang standar deviasi data debit lapangan, sehingga hasil analisis dapat dinyatakan valid. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat memberikan informasi terkait kualitas data curah hujan satelit GPM sebagai basis data estimasi debit andalan

Kata kunci: debit andalan, GPM, NRECA, hujan, validasi.

1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu komponen penting dalam iklim dan cuaca, sehingga diperlukan pencatatan yang optimal untuk mendapatkan data curah hujan yang akurat. (Tjasjono, 1999). Dengan adanya data curah hujan dengan akurasi tinggi dan lengkap akan membantu manusia di berbagai sektor kehidupan. Hujan mendorong siklus hidrologi dan memiliki dampak besar terhadap kehidupan manusia. Variasi dalam jumlah dan jenis hujan di setiap lokasi akan memengaruhi perencanaan dalam pengelolaan sumber daya air, hidrologi, pertanian, industri, lingkungan, serta mitigasi bencana (Lee et al., 2019).

Data hujan satelit merupakan metode pencatatan curah hujan yang dilakukan oleh satelit dengan menganalisis klasifikasi awan yang berpotensi menghasilkan hujan atau presipitasi untuk kemudian diubah menjadi data curah hujan. Keunggulan dari estimasi data hujan hasil perhitungan satelit ini adalah akurasi pencatatan yang baik, cakupan wilayah yang luas, ketepatan waktu, dan efisiensi biaya pencatatan curah hujan dengan skala lebih besar dibandingkan data yang diperoleh dari stasiun hujan ground, sehingga memiliki manfaat besar bagi daerah-daerah di Indonesia yang memiliki variasi peta cakupan kontur dan spasial yang berbeda-beda di setiap pulau (Maknun & Suripin, 2024).

National Aeronautics and Space Administration (NASA) dan *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), pada 27 Februari 2014 berkolaborasi untuk mengirimkan satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM). Salah produk dari peluncuran satelit GPM adalah *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM* (IMERG), dengan memiliki basis pengamatan yang terdiri dari lebih dari 10 satelit dan dilengkapi dengan gelombang radiometer pasif yang menyediakan pengukuran curah hujan terkalibrasi secara uniform setiap 2-4 jam di seluruh dunia. (Pradhan et al., 2022). Sejak peluncurannya, satelit ini sudah banyak digunakan ilmuwan di dunia untuk data simulasi aliran, perkiraan banjir dan cuaca, serta berbagai kejadian lainnya. Dengan data keluaran yang baik serta cakupan yang luas dari satelit GPM (IMERG) tersebut, diharapkan bisa mempermudah berbagai proses hidro-meteorologi dan klimatologi di masa depan. Dalam pengolahan algoritmanya, *Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM* (IMERG) menyatukan dan mengkalibrasi berbagai pengamatan inframerah, sehingga memberikan estimasi curah hujan dengan resolusi spasial yang relatif tinggi ($0,1^\circ \times 0,1^\circ$) dan resolusi temporal 30 menit (Samosir et al., 2020).

Debit andalan merupakan debit pada tingkat peluang yang dapat digunakan sebagai sarana penyedia keperluan air. Perhitungan debit andalan bertujuan untuk mencari besarnya debit yang tersedia untuk kebutuhan air dengan risiko kegagalan yang telah dikalkulasikan. Probabilitas untuk debit andalan berbeda-beda, seperti probabilitas 80% untuk keperluan irigasi serta 90% sampai dengan 95% untuk keperluan air minum dan industri (Saragi et al., 2023). Metode NRECA merupakan salah satu perhitungan debit yang dikembangkan oleh Norman H. Crawford pada tahun 1985. Metode ini dibagi menjadi dua tampungan, yaitu tampungan kelengasan dan tampungan air tanah. Terdapat 3 parameter yang memiliki pengaruh besar terhadap keluaran hasil perhitungan, yaitu: Nominal atau indeks kapasitas kelengasan tanah, presentasi runoff yang mengalir pada jalur *subsurface*, serta GWF atau presentase dari tampungan air tanah yang mengalir (Rudi Saputri & Saves, 2023).

Data hujan merupakan parameter utama dalam menghitung debit andalan. Banyaknya kendala dalam perhitungan tersebut, seperti ketersediaan data yang minim, data yang tidak lengkap/kosong, atau stasiun hujan yang tidak berada di dalam daerah aliran sungai (DAS). Dengan adanya data satelit yang memiliki cakupan wilayah yang luas, data *near real-time*, serta kemudahan akses yang dimiliki, akan menyelesaikan permasalahan dalam proses analisis yang berbasis data curah hujan pada daerah yang memiliki database yang kurang memadai (Haryono, 2022). Namun validitas data satelit IMERG, baik musiman maupun harian perlu dievaluasi lebih lanjut sebelum digunakan sebagai data referensi curah hujan untuk memvalidasi model prakiraan cuaca numeris (Lee et al., 2019). Untuk itu, dalam penelitian ini penulis akan memvalidasi antara hasil analisis debit andalan metode NRECA dengan basis data curah hujan dari satelit GPM yang telah tervalidasi terhadap hasil pengamatan debit yang ada di lapangan, dengan studi kasus ruas Kali Pepe Kota Surakarta.

LANDASAN TEORI

Pengamatan curah hujan yang akurat merupakan suatu hal yang sangat krusial dalam upaya pengelolaan sumber daya air. Data curah hujan dari satelit *Integrated Multi-Satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement* (GPM-IMERG) belakangan mulai banyak digunakan untuk melengkapi sistem pengukuran hujan konvensional. Namun data tersebut perlu divalidasi sebelum digunakan sebagai basis data curah hujan untuk berbagai kebutuhan (Ramadhan et al., 2022).

Satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) merupakan salah satu inovasi penting dalam pengukuran curah hujan secara global. Estimasi curah hujan yang akurat sangat penting untuk model hidrologi dan sistem peringatan dini, sehingga dengan adanya data satelit tersebut akan mengatasi tantangan yang dihadapi dalam penggunaan data satelit akibat resolusi spasial yang terbatas (Kofidou et al., 2023).

Satelit GPM

NASA's Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) merupakan algoritma yang mengintegrasikan informasi dari berapa satelit untuk mendapatkan estimasi curah hujan di sebagian besar permukaan Bumi. Data tersebut sangat bermanfaat bagi wilayah dengan stasiun pengukuran curah hujan yang minim, termasuk di lautan dan daerah terpencil. IMERG menggabungkan data curah hujan dari satelit TRMM, yang beroperasi dari tahun 2000 sampai 2015, serta dengan data yang lebih baru yang berasal dari satelit GPM (2014 hingga sekarang), yang menghasilkan dataset yang berkelanjutan selama lebih dari dua dekade. Rekaman data yang panjang tersebut memungkinkan para peneliti dan ilmuwan untuk menganalisis curah hujan historis dan yang terkini, sehingga dapat meningkatkan akurasi model klimatologi dan cuaca serta pemahaman lebih mendalam mengenai siklus air dan peristiwa curah hujan ekstrem yang ada di Bumi. (National Aeronautics and Space Administration, 2024).

GPM menyatukan dan meningkatkan pengukuran presipitasi dari sensor gelombang mikro untuk penelitian dan operasional, guna menyediakan produk data presipitasi global. Konsep misi GPM berpusat pada peluncuran satelit GPM Core Observatory yang dilengkapi dengan paket sensor gabungan yang digunakan untuk menghitung estimasi presipitasi yang konsisten dari konstelasi satelit yang disediakan oleh konsorsium mitra internasional. Observatorium Inti GPM (GPM Core Observatory) membawa instrument radar presipitasi di luar angkasa dengan Dual-frequency Ku/Ka-band (DPR) dan GPM Microwave Imager (GMI) multi-saluran. Instrumen KuPR dan KaPR menyediakan penginderaan curah hujan baik di darat maupun lautan, siang dan malam. (National Aeronautics and Space Administration., 2024). Detail spesifikasi dari masing-masing instrument disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi sensor satelit *Dual-frequency Ku/Ka-band* (DPR), NASA, (2024)

Keterangan	KuPR	KaPR
Lebar Sapuan	245 kilometer (km)	245 kilometer (km) sejak Mei 2018 (sebelumnya 120 km)
Resolusi Jarak	250 meter (m)	250/500 meter (m)
Resolusi Spasial	5 km (Nadir)	5 km (Nadir)
Lebar Sinar	0,71 derajat	0,71 derajat
Daya Pancaran Puncak	1013 Watt (W)	146 Watt (W)
Jumlah Sinar	49	49

Selain sensor *Dual-frequency Ku/Ka-band* (DPR), terdapat sensor GMI atau GPM *Microwave Imager* yang merupakan radiometer gelombang mikro yang memindai secara konikal dengan lebar sapuan 885 km. Instrumen ini memiliki 13 saluran dengan rentang frekuensi dari 10 GHz hingga 183 GHz.

Digital Elevation Model (DEM)

Proses hidrologi dan isu sumber daya air umumnya dievaluasi menggunakan model DAS (Daerah Aliran Sungai) terdistribusi yang memerlukan informasi fisiografis, seperti jaringan saluran, lokasi pembagi aliran, panjang dan kemiringan saluran, serta geometri *subcatchment*. DEM merupakan representasi *digital* dari permukaan topografi yang sering digunakan untuk analisis ketinggian, lereng, dan aspek serta identifikasi fitur seperti jaringan drainase dan daerah aliran sungai. Metode pembuatan DEM melibatkan teknik seperti fotogrametri, penginderaan jarak jauh, dan penggunaan data LIDAR. Aplikasi DEM mencakup analisis hidrologi, perencanaan sumber daya alam, pemetaan bahaya, dan pemodelan aliran air, yang menjadikan DEM sebagai alat penting dalam geomorfologi, pertanian, dan perencanaan tata ruang (Balasubramanian, 2017).

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai atau DAS merupakan suatu wilayah ekosistem yang dipisahkan oleh topografi dan memiliki fungsi sebagai pengumpul, penyalur, dan penyimpan air, sedimen dan unsur hara dalam sungai dan mengeluarkannya melalui outlet tunggal, yaitu danau atau laut. (Pratama *et al.*, 2021). Penentuan batas wilayah daerah sungai dipengaruhi oleh topografi dari daerah tersebut, yang berisikan keterangan pada suatu daerah seperti jalan, desa, sungai, tata guna lahan, serta garis kontur. (Pangemanan *et al.*, 2020).

Dalam pengaruhnya dengan sistem hidrologi, DAS memiliki karakteristik yang khusus dan berkaitan dengan komponen di dalamnya seperti topografi, jenis tanah, tata guna lahan, serta kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik dari DAS tersebut dalam perespons curah hujan pada wilayah DAS akan memberikan pengaruh terhadap nilai evapotranspirasi, infiltrasi, dan perkolasi. (Asdak, 2023)

Hujan Wilayah

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Satuan curah hujan dinyatakan dalam satuan millimeter. Curah hujan dalam 1 (satu) millimeter memiliki definisi dalam luasan satu meter persegi tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter (Ajr & Dwirani, 2019).

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis curah hujan wilayah. Metode yang dipilih dalam menganalisis curah hujan wilayah pada penelitian ini adalah metode *Polygon Thiessen*. Metode ini mempertimbangkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili daerah sekitarnya, Cara tersebut merupakan proporsi luasan daerah pengaruh pos pengukuran curah hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibuat dengan menggambarkan garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara pos pengukuran terdekat. Rumus perhitungan *Polygon Thiessen* ditampilkan pada 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 $\bar{p}$ = hujan rerata wilayah, $p_1, p_2, \dots, p_n$ = hujan di stasiun 1, 2, ..., n, $A_1, A_2, \dots, A_n$ = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n.

Uji Konsistensi Data

Data curah hujan yang digunakan dalam proses perhitungan akan mempengaruhi hasil analisis, sehingga data tersebut harus diuji konsistensi dan kualitasnya sebelum digunakan. Metode yang digunakan dalam uji konsistensi data ini adalah metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Cara *Rescaled Adjusted Partial Sums* membandingkan hasil uji statistik dengan $QRAPS \sqrt{n}$. Bila yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan pangkah. Untuk nilai kritik QRAPS dan RRAPS setiap Confidence Interval (CI) ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai kritik $QRAPS$ dan $RRAPS$, Sri Harto (1993)

n	$Q/\sqrt{n}$			$R/\sqrt{n}$		
	C.I=90%	C.I=95%	C.I=99%	C.I=90%	C.I=95%	C.I=99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
∞	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

Validasi dan Kalibrasi Data

Validasi merupakan pengecekan akurasi dari suatu model terhadap data aktual dari hasil observasi (Dananjaya et al., 2023). Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi dari suatu data yang kemudian akan dijadikan acuan atau tolak ukur terhadap data prediktif yang diamati (Dananjaya et al., 2024).

Untuk mendapatkan hubungan variabel curah hujan satelit GPM terhadap curah hujan ground, dapat digunakan metode statistik. Statistik berfungsi untuk memahami pola, tren, dan hubungan antar variabel yang ada (Gunawan, 2019). Analisis statistik yang dilakukan untuk mendapatkan korelasi antar variabel dalam penelitian ini antara lain *Root Mean Square Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), dan Koefisien Korelasi *Pearson* (R).

Metode *National Rural Electric Cooperative Association* (NRECA)

Salah satu contoh model sederhana untuk memprediksi aliran hujan adalah model dari *National Rural Electric Cooperative Association* (NRECA). Model NRECA merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan proyeksi curah hujan yang berdampak pada aliran permukaan. Model ini berguna dalam meramalkan ketersediaan

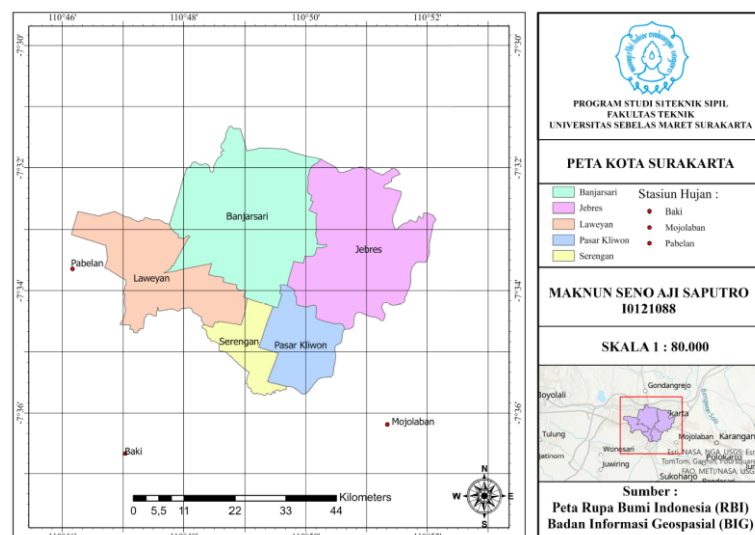
air. Pendekatan ini melibatkan perkiraan beban masa depan berdasarkan pengamatan historis yang telah terjadi. Model NRECA dimanfaatkan untuk memproyeksikan limpasan bulanan berdasarkan curah hujan bulanan. Prinsip dasar metode NRECA memerlukan data aktual curah hujan dan evapotranspirasi sebagai masukan utama. (Komariah & Matsumoto, 2019).

Pengembang metode NRECA adalah Norman H. Crawford dan Steven M. Thurin pada tahun 1981. Metode NRECA merupakan pendekatan yang cukup sederhana dan umum digunakan untuk mensimulasikan curah hujan. Hasil perhitungan dengan metode NRECA akan dijelaskan ulang guna memperoleh informasi tentang ketersediaan air. Prosedur perhitungan dalam metode NRECA melibatkan langkah- langkah sebagai berikut (Riandhika, 2018).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dimulai dengan tahapan pengumpulan data yang diperlukan, analisis data, serta menyajikan hasil penelitian yang menunjukkan akurasi data satelit GPM dalam estimasi curah hujan dan debit andalan.

Lokasi penelitian ini terletak di Kota Surakarta, dengan data curah hujan yang diperoleh dari 3 stasiun hujan, yaitu: Stasiun Hujan Baki, Mojolaban, dan Pabelan yang dapat dilihat pada Gambar 1, serta perhitungan estimasi debit andalan dilakukan pada salah satu ruas sungai yang ada di Kota Surakarta, yaitu pada Kali Pepe.



Gambar 1. Peta Kota Surakarta

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan dalam proses analisis meliputi:

1. Peta Administrasi Kota Surakarta,
2. Peta *Digital Elevation Model* (DEM), yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
3. Data curah hujan dari satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) *Daily accumulated precipitation* (combined microwave-IR) estimate - Late Run (GPM_3IMERGDL v06) tahun 2004-2023,
4. Data curah hujan harian, tinggi muka air (TMA), serta koordinat dari Stasiun Hujan Baki, Stasiun Hujan Pabelan, dan Stasiun Hujan Mojolaban yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo tahun 2004-2023,
5. Data variabel klimatologi yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo.

Alat-alat atau *software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Microsoft Excel* sebagai alat pengolahan dan analisis data,
2. GIS sebagai perangkat pengolahan peta.
3. *CropWat* sebagai program analisis nilai evapotranspirasi dan debit kebutuhan air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data

Data curah hujan yang akan digunakan diuji terlebih dahulu untuk mengetahui konsistensinya. Metode yang digunakan untuk analisis konsistensi data yaitu metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Konsistensi Data Hujan Metode RAPS

Jenis Pengujian	Perhitungan	Syarat $Q_{hitung} < Q_{kritis}$	Hasil Uji
R	Sebelum	$1,0557 < 1,3145$	Konsisten
	Sesudah	$1,2335 < 1,6655$	Konsisten
RMSE	$Q/\sqrt{n}$	$1,0069 < 1,3145$	Konsisten
	$R/\sqrt{n}$	$1,3183 < 1,6655$	Konsisten
NSE	$Q/\sqrt{n}$	$0,6801 < 1,3145$	Konsisten
	$R/\sqrt{n}$	$1,1344 < 1,6655$	Konsisten
Mojolaban	$Q/\sqrt{n}$	$1,1872 < 1,3145$	Konsisten
	$R/\sqrt{n}$	$1,4861 < 1,6655$	Konsisten

Perhitungan Hujan Wilayah

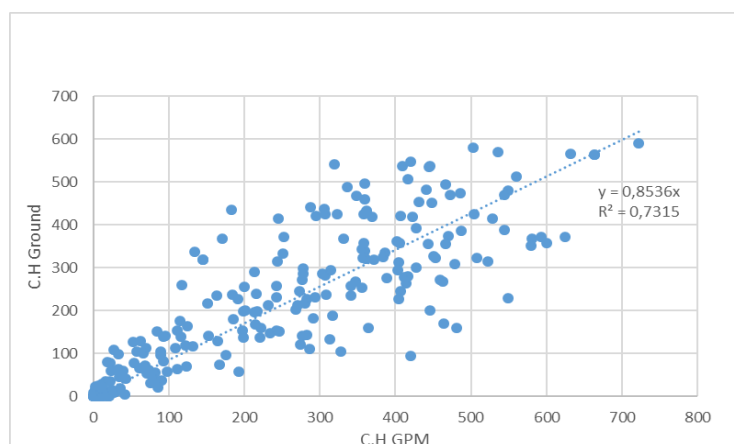
Terdapat 3 stasiun curah hujan ground, yaitu Stasiun Hujan Baki, Stasiun Hujan Pabelan, dan Stasiun Hujan Mojolaban yang digunakan untuk melakukan validasi data dari curah hujan satelit yang diperoleh sebelumnya, dengan data curah hujan dalam periode 20 tahun yaitu dari tahun 2004 hingga 2023. Data curah hujan ground dari ketiga stasiun tersebut diubah menjadi hujan wilayah dengan menggunakan metode *polygon thiessen* dengan hasil pada Tabel 4.

Tabel 4. Koordinat dan Hasil Pengujian Metode *Polygon Thiessen*

Stasiun Hujan	Koordinat		Luas (km ²)	Koefisien Thiessen	Bobot %
	LS	BT			
Baki	-7.60311	110.8557	1.063	0.023	2.2751
Pabelan	-7.56073	110.7695	22.529	0.482	48.2227
Mojolaban	-7.61105	110.78395	0.495	49.5021	0.495
Total			46.7183	1	100

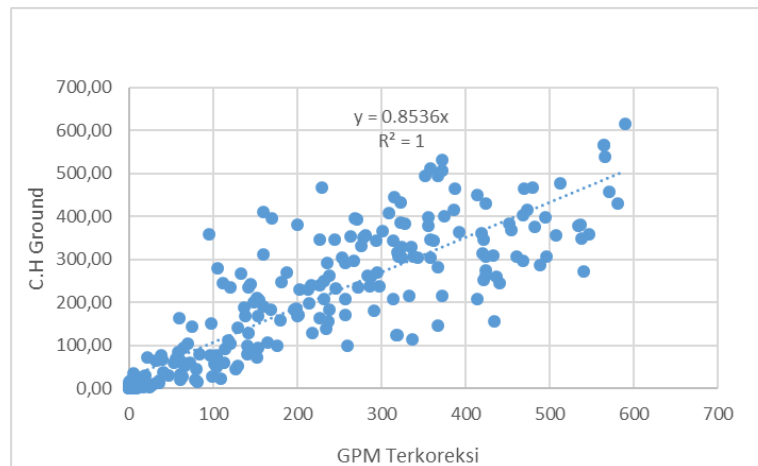
Validasi dan Kalibrasi Data Hujan

Proses validasi dilakukan dengan metode regresi untuk mendapatkan persamaan dan koefisien kalibrasi yang nanti akan digunakan. Grafik hasil perhitungan hubungan antara data hujan *ground* dan satelit GPM pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Korelasi Data Hujan Satelit GPM Terhadap Data Hujan *Ground*

Setelah mendapatkan koefisien dari persamaan regresi, yaitu dengan variabel sebesar 0,8536, dilakukan proses kalibrasi dengan mengalikan data hujan satelit GPM dengan koefisien yang diperoleh dengan hasil pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Korelasi Data Hujan GPM Terkalibrasi Terhadap Data Ground

Hasil dari proses kalibrasi menunjukkan peningkatan nilai persamaan statistik yang diperoleh dengan perbandingan hasil dengan rincian yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Sebelum dan Sesudah Kalibrasi

Jenis Pengujian	Nilai Sebelum	Terkalibrasi	Selisih
Regresi	0,7315	1	0,2685
RMSE	0,415	0,016	0,399
NSE	0,667	0,758	0,091

Perhitungan Debit

Perhitungan debit metode NRECA dilakukan pada ruas Kali Pepe, dengan batas pada pos pengamatan Kali Pepe PTPN. Luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar 13,878 km² dengan hasil yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Debit Metode NRECA (m³/s)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2004	2.081	1.246	1.194	0.060	0.029	0.015	0.008	0.004	0.002	0.001	1.475	1.655
2005	0.404	1.842	1.305	0.710	0.048	0.190	0.030	0.015	0.779	0.717	1.020	0.811
2006	1.170	1.569	1.348	0.998	0.722	0.047	0.032	0.016	0.008	0.467	0.572	1.195
2007	0.501	1.619	1.681	1.312	0.152	0.037	0.027	0.014	0.007	0.003	0.451	1.560
2008	0.668	1.011	2.069	0.490	0.047	0.024	0.027	0.014	0.007	0.018	1.094	1.093
2009	1.189	1.197	1.187	0.492	0.233	0.025	0.021	0.011	0.005	0.003	0.246	1.621
2010	1.236	1.271	1.159	0.916	1.028	0.052	0.022	0.011	0.006	0.003	0.316	0.601
2011	1.000	0.884	1.166	1.581	0.566	0.047	0.033	0.017	0.542	0.601	1.240	0.677
2012	1.218	2.132	0.467	0.419	0.033	0.017	0.033	0.017	0.542	0.601	1.240	0.677
2013	1.333	1.749	1.045	1.520	0.341	0.284	0.019	0.010	0.005	0.182	0.006	1.608
2014	0.421	0.532	0.758	1.192	0.045	0.024	0.017	0.008	0.004	1.083	1.236	1.055
2015	0.918	1.368	1.033	1.982	0.075	0.039	0.014	0.007	0.004	0.707	1.160	0.082
2016	0.416	1.246	0.754	0.187	0.082	0.855	0.010	0.005	0.003	0.001	0.758	1.149
2017	0.920	0.954	1.041	0.597	0.114	0.021	0.014	0.007	0.004	0.002	0.436	0.500
2018	0.910	0.925	0.577	0.101	0.018	0.009	0.017	0.009	0.004	0.002	0.404	0.839
2019	0.614	0.648	0.663	0.262	0.021	0.011	0.014	0.007	0.004	0.002	0.781	1.212
2020	0.237	0.538	0.656	0.130	0.134	0.011	0.019	0.010	0.005	0.002	0.870	0.702
2021	0.587	0.793	0.719	0.490	0.030	0.378	0.005	0.003	0.001	0.001	0.342	0.275
2022	0.570	0.750	1.012	0.377	0.161	0.214	0.006	0.003	0.002	0.001	0.000	0.431
2023	0.760	0.988	1.199	0.548	0.411	0.030	2023	0.007	0.003	0.002	0.163	0.241

Debit Andalan

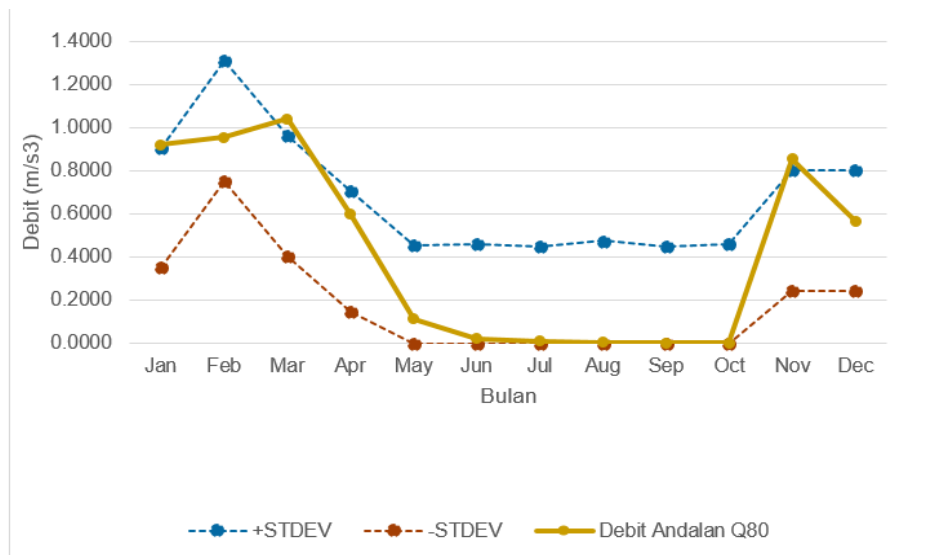
Debit andalan yang digunakan untuk menghitung air yang tersedia adalah 80% dari aliran dasar (Q80), yang berarti bahwa aliran memiliki probabilitas kejadian 80% dan aliran tidak terpenuhi 20%. Perhitungan dilakukan dengan mengurutkan data debit metode NRECA dari yang terbesar hingga terkecil, lalu dicari sesuai nilai probabilitasnya. Perhitungan probabilitas dilakukan dengan metode *Weibull* dengan hasil debit andalan berada pada tahun 2017 dengan nilai pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Debit Rerata dan Debit Andalan $Q_{80\%}$ pada Ruas Kali Pepe

Bulan	Q (m ³ /s)	
	Rerata	$Q_{80\%}$
Jan	0.858	0.920
Feb	1.163	0.955
Mar	1.052	1.041
Apr	0.718	0.598
Mei	0.214	0.114
Jun	0.116	0.021
Jul	0.015	0.010
Agt	0.007	0.005
Sept	0.058	0.003
Okt	0.162	0.001
Nov	0.557	0.857
Des	0.726	0.567
Rerata (m ³ /s)	0.471	0.424

Perbandingan Debit Perhitungan dengan Debit Lapangan

Untuk mengetahui validitas dari hasil perhitungan debit andalan yang didapatkan dari hasil perhitungan metode NRECA, maka perlu dilakukan perbandingan antara hasil analisis dengan debit yang terjadi di lapangan. Dengan keterbatasan data debit di lapangan, dilakukan perhitungan atau konversi dari data tinggi muka air (TMA) menjadi data debit sebagai pembandingan dalam analisis. Hasil dari perbandingan disajikan dalam grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Debit Andalan $Q_{80\%}$ dengan Debit Lapangan

Dari hasil grafik menunjukkan bahwa data debit andalan $Q_{80\%}$ hasil perhitungan valid terhadap data debit lapangan karena masih dalam rentang standar deviasi, sehingga dari analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa data hujan dari satelit GPM yang tervalidasi dapat digunakan sebagai basis data analisis debit andalan.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil perhitungan validasi data curah hujan satelit Global Precipitation Measurement (GPM) terhadap data curah hujan ground, indikator korelasi tersebut dapat dilihat dengan nilai beberapa persamaan, yaitu dengan $R = 0,7315$ yang menunjukkan interpretasi korelasi yang kuat, RMSE sebesar 0.415 NSE sebesar 0,667 kedua variabel yaitu curah hujan GPM dan curah hujan ground memiliki pola yang bersesuaian secara kuat, tetapi masih dapat ditingkatkan dengan proses kalibrasi. Setelah mendapatkan koefisien kalibrasi yang didapat dari pengujian regresi pada proses validasi sebelumnya, dilakukan kalibrasi dengan mengalikan koefisien kalibrasi yang bernilai 0,856 dengan data curah hujan GPM sebelum terkalibrasi. Hasil menunjukkan bahwa data setelah terkalibrasi memiliki nilai korelasi yang lebih baik dengan $R = 1$ yang berarti setiap perubahan pada data curah hujan ground selalu diikuti oleh perubahan yang proporsional pada data curah hujan satelit tanpa adanya penyimpangan, RMSE sebesar 0,016 yang menunjukkan tingkat kesalahan (error) sangat kecil pada curah hujan satelit dalam menginterpretasikan data curah hujan ground, serta nilai NSE sebesar 0,7578 yang menunjukkan peningkatan dari sebelum dikalibrasi. Berdasarkan data tersebut, curah hujan satelit dianggap valid. Hasil menunjukkan bahwa proses kalibrasi secara substansial meningkatkan akurasi dan keandalan data curah hujan satelit GPM. Dengan demikian, data curah hujan GPM yang telah dikalibrasi dapat dianggap valid dan layak untuk digunakan sebagai alternatif dalam analisis hidrologi dan klimatologi.
2. Perhitungan debit dilakukan dengan data curah hujan satelit GPM yang sudah terkalibrasi. Metode yang digunakan adalah metode NRECA. Debit rerata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Februari, dengan nilai $Q = 1,163 \text{ m}^3/\text{s}$ dan nilai debit rerata bulanan terkecil terjadi pada bulan Agustus dengan nilai $Q = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil perhitungan debit metode NRECA kemudian diubah menjadi debit andalan dengan nilai Q80. Data debit pertahun diurutkan dari nilai terbesar ke nilai terkecil untuk dicari nilai probabilitas 80% dengan metode Weibull. Hasil analisis menunjukkan nilai debit andalan 80% (Q80) berada pada tahun 2017, dengan jumlah debit tahunan sebesar $4,578 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Perbandingan nilai debit andalan Q80 metode NRECA dengan debit lapangan dilakukan dengan plotting kedua data tersebut kedalam grafik. Debit lapangan didapat dengan mengubah data tinggi muka air (TMA) menjadi data debit dengan rating curve. Nilai debit lapangan dianalisis dan mendapatkan nilai standar deviasi, yang nantinya akan digunakan untuk mencari rentang atas dan bawah data. Nilai standar deviasi dari debit lapangan adalah 0,2785. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa data debit andalan Q80 memenuhi batas standar deviasi dan dapat dinyatakan valid, dan dapat dijadikan alternatif dari data hujan *ground* sebagai basis data analisis debit andalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajr, E. Q., & Dwirani, F. (2019). Menentukan Stasiun Hujan dan Curah Hujan dengan Metode Polygon Thiessen Daerah Kabupaten Lebak. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam*, 2(2), 139–146. <https://ejournal.lppm-unbaja.ac.id/index.php/jls/article/view/674/387>
- Balasubramanian, A. (2017). DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM) IN GIS by Prof . A . Balasubramanian Centre for Advanced Studies in Earth Science , University of Mysore , Mysore. *ResearchGate*, September. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23976.47369>
- Chay Asdak. (2023). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=1c6pEAAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=daerah+aliran+sungai&ots=UbiqYBK_vv&sig=6ufQn4cK3u-xxPJKjKb2_B77Bk8&redir_esc=y#v=onepage&q=daerah aliran sungai&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=1c6pEAAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=daerah+aliran+sungai&ots=UbiqYBK_vv&sig=6ufQn4cK3u-xxPJKjKb2_B77Bk8&redir_esc=y#v=onepage&q=daerah%20aliran%20sungai&f=false)
- Dananjaya, R. H., Chrismaningwang, G., & Prihantoro, F. E. (2024). Akurasi Metode Random Forest Pada Proses Downscaling Dan Kalibrasi Data Trmm. *Matriks Teknik Sipil*, 11(4), 354. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i4.70261>
- Dananjaya, R. H., Fitri, S. N., & Cahyaningsih, Y. (2023). Studi Komparasi Hasil Downscaling Data Hujan Trmm Pada Berbagai Resolusi. *Matriks Teknik Sipil*, 11(2), 120. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i2.65087>
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Sumber Daya Air. (2013). Standar perencanaan irigasi bagian standar penggambaran. *KP-01 Perencanaan Irigasi*.
- Kofidou, M., Stathopoulos, S., & Gemitzi, A. (2023). Review on spatial downscaling of satellite derived precipitation estimates. In *Environmental Earth Sciences* (Vol. 82, Issue 18). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11115-7>
- Komarlah, I., & Matsumoto, T. (2019). Application of hydrological method for sustainable water management in the Upper-Middle Ciliwung (UMC) river basin, Indonesia. *Journal of Water and Environment Technology*, 17(4), 203–217. <https://doi.org/10.2965/jwet.18-003>
- Lee, J., Lee, E. H., & Seol, K. H. (2019). Validation of Integrated MultisatellitE Retrievals for GPM (IMERG) by using gauge-based analysis products of daily precipitation over East Asia. *Theoretical and Applied*

- Climatology*, 137(3–4), 2497–2512. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2749-1>
- Maknun, D. A., & Suripin, S. (2024). Determination of Flow Discharge Based on GPM Satellite Data in the Water Catchment Area (Case Study: Sepaku Semoi Reservoir). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 29(2), 205–212. <https://doi.org/10.14710/mkts.v29i2.59015>
- Marta, S. D., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2023). Validasi Data Curah Hujan Satelit dengan Data Stasiun Hujan di DAS Ngasinan Hulu, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(1), 35–45. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2023.003.01.04>
- National Aeronautics and Space Administration. (2024). *Dual-frequency Precipitation Radar (DPR)*. Global Precipitation Measurement (GPM). <https://gpm.nasa.gov/missions/GPM/DPR#dprinstrumentdetails>
- National Aeronautics and Space Administration. (2024). *Global Precipitation Measurement (GPM)*. <https://gpm.nasa.gov/data/sources/giovanni>
- Nugroho, A. P., & Sachro, S. S. (2024). Analisis Regresi Untuk Penentuan Faktor Koreksi Data Hujan Satelit (Studi Kasus Daerah Tangkapan Air Bendungan Way Apu). *Teknik*, 45(1), 59–68. <https://doi.org/10.14710/teknik.v45i1.60335>
- Pangemanan, R., Supit, C. J., & Mamoto, J. D. (2020). Prediksi Banjir Di Sungai Ranowangko Kota Tomohon. *Jurnal Sipil Statik*, 8(6), 883–892.
- Pradhan, R. K., Markonis, Y., Vargas Godoy, M. R., Villalba-Pradas, A., Andreadis, K. M., Nikolopoulos, E. I., Papalexiou, S. M., Rahim, A., Tapiador, F. J., & Hanel, M. (2022). Review of GPM IMERG performance: A global perspective. *Remote Sensing of Environment*, 268, 112754. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2021.112754>
- Pratama, H. A., Ikhsan, J., & Apip, A. (2021). Prediksi Debit Aliran Masuk Ke Telaga Menjer Menggunakan Persamaan Neraca Air Dan Pemodelan Hec-Hms. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 12(2), 119–130. <https://doi.org/10.32679/jth.v12i2.655>
- Ramadhan, R., Yusnaini, H., Marzuki, M., Muharsyah, R., Suryanto, W., Sholihun, S., Vonnisa, M., Harmadi, H., Ningsih, A. P., Battaglia, A., Hashiguchi, H., & Tokay, A. (2022). Evaluation of GPM IMERG Performance Using Gauge Data over Indonesian Maritime Continent at Different Time Scales. *Remote Sensing*, 14(5), 1–24. <https://doi.org/10.3390/rs14051172>
- Rudi Saputri, E. G. F., & Saves, F. (2023). Analisis Debit Andalan Metode Nreca Untuk Kebutuhan Air Irigasi Dan Neraca Air Waduk Bagong Trenggalek. *Sondir*, 7(1), 50–61. <https://doi.org/10.36040/sondir.v7i1.5859>
- Safithri, A. (2017). *Optimasi Pengelolaan Air Embung Salut Timur Untuk Air Baku Dan Irigasi Di Desa Salut Kecamatan Kayangan Lombok Utara*.
- Samosir, D. Y., Yuliara, I. M., & Prasetya, R. (2020). Comparison and Analysis of Rainfall Spatial Patterns IMERG (Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM) Data and Observation Data on Bali Province. *Buletin Fisika*, 22(2), 67. <https://doi.org/10.24843/bf.2021.v22.i02.p03>
- Saragi, T. E., Oktavianus Zai, E., & Zebua, E. (2023). Analisa Debit Andalan (Studi Kasus Pada PLTM Parmongan II). *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 13–24.
- Shalsabillah, H., Amri, K., & Gunawan, G. (2019). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Metode Cropwat Version 8.0. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 61–68. <https://doi.org/10.33369/ijts.10.2.61-68>
- Vernimmen, R. R. E., Hooijer, A., Mamenun, Aldrian, E., & Van Dijk, A. I. J. M. (2012). Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(1), 133–146. <https://doi.org/10.5194/hess-16-133-2012>