

Evaluasi Data Satelit GPM (*Global Precipitation Measurement*) pada DAS Kemuning di Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Noordiah Helda^{*1}, Nilna Amal², Humaira Afrila³, Dwi Surya Saputri⁴, Erisa Erisa⁵,
Muhammad Risky Maulana⁶ dan Muhammad Irfan⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi Teknik Sipil, FT ULM, Banjarbaru, Kal-Sel
e-mail: *noordiah.helda@ulm.ac.id

Abstract

In the hydrological cycle, rainfall is one of the vital components for the environment. Rainfall data plays an important role in determining the amount of runoff that occurs. Accurate and complete rainfall data estimates are needed in managing water resources; especially for watersheds with less field rainfall measurement stations. This study aims to analyze the use of satellite-based rainfall data, especially GPM (Global Precipitation Measurement) as an alternative rainfall data for watersheds with minimal observational rainfall data. In this study, secondary data collection was carried out by downloading observational rainfall data via BMKG Online and GPM satellite-based rainfall data for the period of 2018-2023. Several statistical parameters were used to assess satellite performance and the relationship between BMKG and GPM data in the Kemuning Watershed. The results of statistical analysis show that BMKG and GPM have a correlation value of 0.45 (sufficient relation) and as much as 93% of GPM satellite data can be explained by BMKG data factors. While, some discrepancies appear as RMSE of 84,13; % Bias of 48% and NSE of -1.39 indicate that the GPM satellite data should go through a validation and calibration process for further use. Conversely, the performance analysis points out the POD, FAR, CSI, FBI and HSS values of 0.561, 0.11, 0.505, 0.671 and 0,276 respectively, which can be identified as quite good satellite performances. Regardless of values differences, the GPM satellite data is recommended to be corrected and used as an alternative rainfall data, especially for watersheds with limited measurement stations.

Keywords: Kemuning Watershed, Banjarbaru, GPM, BMKG, Rainfall

Abstrak

Dalam siklus hidrologi, hujan merupakan salah satu komponen penting bagi lingkungan. Data curah hujan memegang peranan penting dalam menentukan besar kecilnya limpasan yang terjadi. Perkiraan data curah hujan yang akurat dan lengkap diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air; yang mana ketersediaannya masih terbatas, khususnya bagi DAS yang minim stasiun pengukuran hujan lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa penggunaan data curah hujan berbasis satelit, khususnya GPM (Global Precipitation Measurement) sebagai alternatif data curah hujan bagi DAS yang minim data curah hujan observasi. Pada penelitian ini, pengumpulan data sekunder dilakukan dengan pengunduhan data curah hujan observasi melalui BMKG Online dan data curah hujan berbasis satelit GPM untuk periode tahun 2018-2023. Beberapa parameter statistik dan parameter kinerja digunakan untuk menilai kinerja satelit dan hubungan antara data BMKG dan GPM. Berdasarkan hasil analisis statistik, BMKG dan GPM memiliki nilai korelasi $r=0.45$ (cukup korelasi) dan sebanyak 93% data satelit GPM dapat dijelaskan oleh faktor data BMKG. Sedangkan, beberapa perbedaan nilai terjadi pada parameter statistik seperti nilai RMSE sebesar 84.13, persen bias sebesar 48% dan nilai NSE sebesar -1,39; yang menunjukkan bahwa proses

kalibrasi dan validasi harus dilakukan sebelum data hujan satelit GPM dapat digunakan lebih lanjut. Sebaliknya, berdasarkan analisa kinerja satelit, nilai parameter POD, FAR, CSI, FBI dan HSS yang berturut-turut adalah 0.561, 0.11, 0.505, 0.671 and 0,276 menunjukkan hasil yang cukup bagus. Sehingga, meskipun ada perbedaan dengan data hujan lapangan, data hujan berbasis satelit GPM direkomendasikan untuk dikoreksi dan digunakan sebagai alternatif data hujan, terutama bagi DAS yang stasiun pengukurannya terbatas.

Kata kunci: DAS Kemuning, Banjarbaru, GPM, BMKG, Curah Hujan

1. Pendahuluan

Dalam bidang analisis sumber daya air, data curah hujan memiliki peran penting untuk berbagai perhitungan dan analisis hidrologi (Triatmodjo, 2009). Salah satu analisis hidrologi yang sering dilakukan adalah perhitungan debit banjir rencana, dimana diperlukan data curah hujan harian dengan periode pengamatan yang cukup panjang (Kartika, 2023). Pengumpulan data curah hujan lapangan ini umumnya diperoleh dari stasiun observasi (Romadhoni, 2021) dengan menggunakan alat pengukur curah hujan. Di lapangan, data yang lengkap dengan periode pengamatan yang panjang memiliki tantangan sendiri dalam pengumpulannya, khususnya bagi wilayah yang memiliki sedikit atau tidak memiliki stasiun pengukuran hujan yang mencukupi. Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, penggunaan data curah hujan berbasis satelit (Kubota, 2020) dapat menjadi alternatif untuk permasalahan data curah hujan observasi, salah satunya adalah data curah hujan berbasis satelit GPM (*Global Precipitation Measurement*).

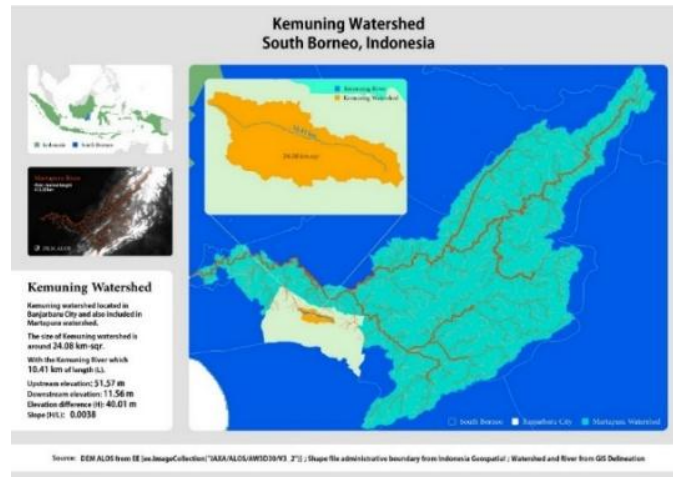
Sejak tahun 2014, NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) bersama JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) meluncurkan Satelit GPM, yang merupakan penerus satelit TRMM (*Tropical Rainfal Measuring Mission*), dengan resolusi yang lebih tinggi dan kualitas yang lebih baik (Zhou, 2023). Satelit ini mampu merekam data curah hujan setiap 3 jam per hari dengan jangkauan wilayah yang lebih luas dan kemampuan dalam mendeteksi hujan ringan ($< 0,5$ mm/hari) dibandingkan data dari TRMM (NASA, 2024). Salah satu komponen Satelit GPM, yaitu IMERG (*Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM*), mampu merekam curah hujan di wilayah tropis dan subtropis, menyediakan resolusi temporal setiap 30 menit, resolusi spasial sebesar $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, dan cakupan wilayah mulai dari 60°LU hingga 60°LS (Samosir et al., 2021). Produk GPM yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi hidrologi adalah data hujan harian GPM *IMERG Final Run* (Sanjaya, 2024).

Penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja dan performa data curah hujan berbasis satelit GPM dan menganalisa hubungannya dengan data hujan observasi dari stasiun BMKG. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dalam rangka mencari data hujan satelit yang paling dapat diandalkan, terutama dalam analisis hidrologi dan sumber daya air. Penelitian sebelumnya berfokus pada data hujan berbasis satelit TRMM TMPA (3B42) untuk seluruh Indonesia periode tahun 1998-2017 (Helda et al, 2018) dan data hujan berbasis satelit GSMaP (*Global Satellite Mapping of Precipitation*) untuk periode tanggal 1 Januari – 30 Juni 2023 (Helda et al, 2024). Selanjutnya, data curah hujan berbasis satelit diharapkan dapat menjadi alternatif sumber data yang bisa diandalkan, terutama bagi DAS yang memiliki keterbatasan data hujan lapangan.

2. Metode Penelitian

2. 1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di DAS Kemuning, di kota Banjarbaru yang merupakan bagian dari sub-DAS Martapura di provinsi Kalimantan Selatan (Gambar 1). Luas DAS Kemuning adalah 24.08 km² dengan panjang Sungai Kemuning adalah 10.41 km.



Gambar 1. Lokasi DAS-Kemuning

2. 2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data hujan lapangan diunduh melalui situs BMKG *online* (stasiun hujan BMKG di Trikora, Banjarbaru) untuk periode tahun 2018-2023, sedangkan data hujan berbasis satelit GPM diunduh melalui laman resmi NASA untuk data GPM (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>) dengan kurun waktu yang sama. Pemilihan periode pengumpulan data ini didasarkan pada kejadian hujan yang menyebabkan banjir di kota Banjarbaru pada 5 tahun terakhir. Ketersediaan stasiun pengukuran hujan lapangan yang sangat terbatas di DAS Kemuning hanya memungkinkan untuk memilih satu stasiun observasi, yaitu stasiun BMKG di Trikora.

2. 3 Analisis Kinerja Estimasi Curah Hujan

Pada penelitian ini, evaluasi didasarkan pada dua (2) analisis yaitu analisis statistik dan analisis kinerja satelit. Analisis statistik dilakukan untuk menilai kesesuaian dan ketidaksesuaian antara data hujan satelit dan data observasi, sedangkan analisis kinerja satelit dilakukan untuk menilai performa kinerja satelit berdasarkan parameter kemampuan mendeteksi hujan yang terjadi.

2. 3.1 Analisis Statistik

Dalam menilai keakuratan dan hubungan antar data, dilakukan perbandingan data hujan satelit GPM dengan data hujan observasi menggunakan beberapa indeks statistik (Helda et al, 2024), sebagai berikut:

a) Derajat Kesesuaian

Dalam mengukur hubungan derajat kesesuaian antara data hujan satelit dan data observasi, digunakan koefisien korelasi (CC):

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - S_{mean})(G_i - G_{mean})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - S_{mean})^2 \sum_{i=1}^n (G_i - G_{mean})^2}} \quad (1)$$

dimana,

CC = Koefisien Korelasi,

S_i = Perkiraan data satelit,

S_{mean} = Perkiraan data satelit rata-rata,

G_i = Data hujan observasi

G_{mean} = Data hujan observasi rata-rata.

Analisis korelasi adalah uji statistik untuk menilai kekuatan dan keamatan hubungan (kuat, lemah atau tidak ada) antara dua variabel yang dibandingkan. Dalam pemanfaatannya, dengan melihat angka koefisien korelasi, dapat ditentukan nilai korelasi (hubungan) antar dua (2) variabel tersebut. Pada Tabel 1, dapat dilihat interpretasi nilai R yang bervariasi dari 0 sampai 1. Semakin nilainya mendekati 1, semakin kuat korelasinya.

Tabel 1 Interpretasi nilai R

R	Interpretasi
R = 0	Tidak ada korelasi antar dua variabel
$0 < R \leq 0,25$	Korelasi sangat lemah
$0,25 < R \leq 0,50$	Korelasi cukup
$0,50 < R \leq 0,75$	Korelasi kuat
$0,75 < R \leq 0,99$	Korelasi sangat kuat
R = 100	Korelasi sempurna

Sumber: (Pattiraja, 2023)

a) Derajat ketidaksesuaian

Beberapa perbedaan perhitungan antara curah hujan satelit dan hasil pengukuran alat ukur adalah *RootMean Square Error* (RMSE), *Percent Bias* (%Bias), dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) sebagai berikut:

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

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (G_i - G_{mean})^2} \quad (3)$$

$$\%Bias = \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n G_i} \times 100 \quad (4)$$

RMSE merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kesalahan hasil estimasi, semakin mendekati nilai nol (0) maka hasil estimasinya akan semakin akurat ('Aini dkk, 2024). Persen Bias (%Bias) adalah nilai yang menunjukkan besarnya perbedaan dari data yang dievaluasi terhadap data observasi. Data optimal untuk %Bias adalah 0, yang artinya semakin kecil nilai %Bias semakin akurat modelnya. NSE lebih dikenal sebagai nilai efisiensi model, yang menunjukkan keandalan suatu model yang direkomendasikan untuk melihat *goodness of fit* model secara statistik (Ritter, 2013). Nilai NSE bervariasi dari $-\infty \leq NSE \leq 1$, dengan nilai 1 merupakan nilai yang terbaik. Jika nilai NSE negatif mengindikasikan bahwa nilai rerata data observasi merupakan nilai prediktor yang lebih baik daripada nilai data simulasi (Moriassi et al, 2007), dalam hal ini data satelit GPM.

Tabel 2 Interpretasi nilai NSE

NSE	Interpretasi
$0,75 < NSE \leq 1,00$	Sangat Baik
$0,65 < NSE \leq 0,75$	Baik
$0,50 < NSE \leq 0,65$	Memuaskan
$NSE \leq 0,50$	Kurang Memuaskan

Sumber: (Nomleni dkk, 2019)

2. 3.2 Analisa Kinerja Satelit

Analisis statistik berdasarkan kategori kinerja satelit mengacu pada tabel kontingensi (Tabel 3) untuk mengevaluasi kemampuan satelit dalam mendeteksi kejadian hujan, sebagai berikut:

Tabel 3 Nilai ambang batas untuk perbandingan data GPM dengan data BMKG

BMKG	Performa	
	GPM	
	$R \geq 0.5 \text{ mm}$	$R \leq 0.5 \text{ mm}$
$R \geq 0.5 \text{ mm}$	a	b
$R \leq 0.5 \text{ mm}$	c	d

Dalam penelitian ini, ambang batas yang digunakan sebagai batas antara kondisi hujan dan tidak hujan adalah 0.5 mm/hari. Selanjutnya untuk analisis kinerja kategori dilakukan perhitungan dengan beberapa parameter antara lain *Probability of Detection* (POD), *False Alarm Ratio* (FAR), *Critical Success Index* (CSI), *Heidkle Skill Score* (HSS). POD akan menentukan tingkat akurasi (*Hit Rate*) data satelit, ketika kejadian hujan yang teridentifikasi oleh stasiun BMKG terdeteksi dengan benar oleh satelit. FAR menunjukkan deteksi kejadian hujan tidak wajar ketika tidak ada hujan yang tercatat di stasiun curah hujan BMKG, sedangkan satelit mendeteksi hujan atau sebaliknya. CSI menggabungkan POD dan FAR untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif. HSS menghilangkan pendeteksian yang benar karena adanya kondisi kebetulan yang acak (*random opportunity*).

Metode perhitungan analisis performa satelit adalah sebagai berikut (Suryanto et al., 2023):

1. POD (*Probability of Detection*)

$$POD = \frac{a}{(a+c)} \quad (5)$$

2. FAR (*False Alarm Ratio*)

$$FAR = \frac{b}{(a+b)} \quad (6)$$

3. CSI (*Critical Success Index*)

$$CSI = \frac{a}{(a+b+c)} \quad (7)$$

4. FBI

$$FBI = \frac{(a+b)}{(a+c)} \quad (8)$$

5. HSS (*Heidkle Skill Score*)

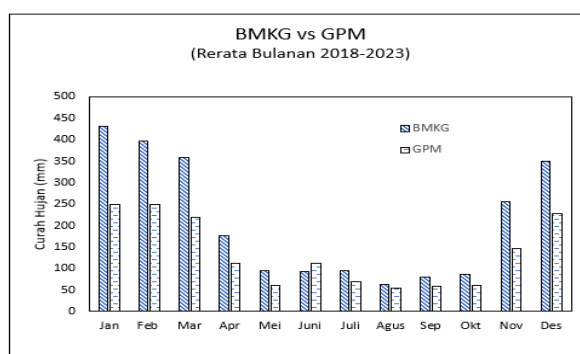
$$HSS = \frac{2 \times (a \times d - b \times c)}{[(a+c) \times (c+d) \times (a+b) \times (b+d)]} \quad (9)$$

Dimana a adalah frekuensi hujan yang terjadi dan terdeteksi, b adalah frekuensi hujan yang tidak terjadi namun terdeteksi, c adalah frekuensi hujan yang terjadi namun tidak terdeteksi dan d adalah frekuensi hujan yang tidak terjadi dan tidak terdeteksi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Kinerja Statistik Parameter

Pada analisa statistik, data hujan rerata bulanan dihitung untuk periode tahun 2018-2023. Perbandingan data hujan bulanan satelit GPM terhadap data *ground station* BMKG bertujuan untuk melihat kualitas data hujan bulanan secara umum. Data hujan bulanan stasiun BMKG dan satelit GPM dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Curah Hujan Rerata Bulanan BMKG vs GPM (Periode 2018-2023)

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa data curah hujan satelit GPM cukup baik dalam mengikuti tren pola curah hujan bulanan stasiun BMKG Trikora dengan *one peak* di bulan Januari dan *one trough* (hujan minimum di bulan April – Oktober). Pola ini merupakan pola hujan khas wilayah A yang sangat dipengaruhi oleh dua angin *monsoon*; yaitu angin *monsoon* Barat Daya (*North West*, NW) yang bersifat basah (November – March) dan angin *monsoon* Tenggara (*South East*, SE) yang bersifat kering (Mei – September). Pola hujan wilayah B ini merupakan pola hujan umum yang meliputi hampir sebagian besar wilayah Indonesia terutama di bagian Tengah dan Selatan, dimulai dari bagian Selatan pulau Sumatera, Sebagian pulau Kalimantan (termasuk Kalimantan Selatan), Sebagian pulau Sulawesi dan Sebagian pulau Irian (Aldrian, 2003).

Jika ditinjau dari nilai data curah hujan rerata bulanan, pada umumnya data satelit GPM menunjukkan nilai hujan yang *underestimate* (perkiraan lebih rendah) dari nilai hujan stasiun BMKG Trikora pada bulan-bulan basah, kecuali di bulan Juni yang sedikit *overestimate* (perkiraan lebih tinggi). Perkiraan data satelit GPM cukup baik di bulan-bulan kering. Pada bulan-bulan basah dimana selisih data hujan hampir 200 mm diperlukan koreksi dan evaluasi dengan data hujan yang lebih panjang serinya dan wilayah yang lebih luas.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan analisa statistik parameter curah hujan stasiun BMKG dengan GPM, meliputi nilai koefisien korelasi, R (*correlation coefficient*, CC), RMSE, NSE dan %Bias yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan Analisa Statistik

Parameter	Trikora
CC (=R)	0.45
RMSE	84.18
NSE	-1.39
% Bias	48%

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa data hujan GPM mempunyai korelasi yang cukup ($CC=0,45$) dengan data curah hujan stasiun BMKG Trikora Banjarbaru. Data stasiun pengukuran di lapangan dapat dikatakan baik jika memiliki nilai koefisien korelasi 0.60 atau lebih (Krisnayanti, 2020). Nilai RMSE menunjukkan tingkat akurasi atau tingkat kesalahan terjadi. Semakin kecil nilainya, semakin baik akurasi dengan nilai RMSE terbaik adalah nol. Nilai NSE menunjukkan seberapa baik nilai prediksi dibandingkan hasil observasi, yang mencerminkan performa data GPM. Hasil nilai NSE negatif menunjukkan bahwa kinerja data hujan satelit masih kurang baik jika dibandingkan dengan rerata data curah hujan observasi. Dengan magnitudo yang cukup kecil, tentunya diperlukan proses kalibrasi dan validasi sebelum dapat digunakan lebih lanjut. Nilai % bias positif menunjukkan bahwa data GPM cenderung melebihkan data (*overestimate*) dari stasiun BMKG Trikora sebesar 48%.

Tabel 5 menunjukkan perbandingan hasil analisis data hujan berbasis satelit GPM dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan data hujan berbasis satelit TRMM TMPA (3B42) dan satelit GSMaP (Global Satellite Mapping of Precipitation) dengan periode waktu yang berbeda.

Tabel 5 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Parameter Statistik	Data hujan berbasis Satelit TRMM TMPA 3B42 (1998-2017) Seluruh Indonesia*	Data Hujan Berbasis Satelit GSMaP (1 Jan -30 Juni 2023) Kota Banjarbaru**	Data Hujan Berbasis Satelit GPM (2018 -2023) DAS Kemuning
CC	0,67	0.72	0.45
RMSE	115.97	-	84.18
NSE	0.06	0.41	-1.39
% Bias	-0.63	-21.64	48

*Helda et al, 2018

**Helda et al, 2024

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa beberapa parameter statistik data hujan satelit GPM untuk stasiun Trikora memiliki nilai yang cukup bersesuaian dengan data hujan satelit lainnya, terutama pada nilai CC dan NSE. Hal ini menunjukkan bahwa dengan data dan wilayah yang cukup terbatas, performa satelit cukup baik dalam memprediksi data hujan stasiun Trikora. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan, terutama dengan data yang lebih panjang dan cakupan wilayah yang cukup luas. Untuk proses kalibrasi dan validasi untuk koreksi data hujan berbasis satelit GPM, metode Monte Carlo Cross Validation (MCCV) dapat digunakan, dengan mengurangi *error* sebesar 16% (Sanjaya, 2024).

3. 2 Perhitungan Kinerja Data Hujan Satelit

Pembahasan selanjutnya adalah berfokus pada kinerja kategori data hujan satelit. Sebelum dilakukannya analisis kinerja berdasarkan kategori, dilakukan perhitungan jumlah nilai dengan menggunakan kategori kinerja yang diwakili a, b, c, dan d, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Banyak data performa

Performa Class	Banyak data
a	836
b	164
c	654
d	537
Total Data	2191

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa jumlah terbanyak adalah nilai a, yang berarti data hujan satelit dan data observasi bersama-sama dapat memprediksi lebih kurang 38% nilai hujan yang lebih besar dari 0,5 mm. Hasil analisis kinerja berdasarkan kategori dapat dilihat pada Tabel 7. Nilai POD, FAR, CSI, FBI dan HSS memberikan penilaian mengenai kualitas data satelit GPM.

Tabel 7 Performa GPM terhadap Stasiun BMKG Trikora

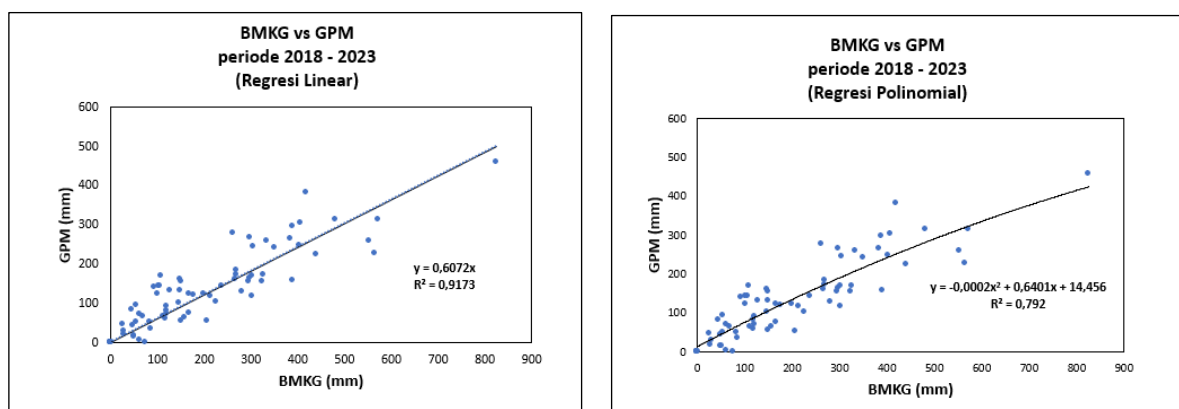
Nilai Stasiun BMKG Trikora	
POD	0.561
FAR	0.11
CSI	0.505
FBI	0.671
HSS	0.276

Menurut Belay (2019) nilai POD dan CSI diperkirakan berkisar antara 0-1 (nilai terbaik 1), FAR berkisar antara 1 – 0 (nilai terbaik 0), FBI berkisar 0 - ∞ (nilai terbaik 1) dan HSS diperkirakan - ∞ sd 1 (nilai terbaik 1). Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa kinerja data satelit GPM sudah cukup baik. Untuk mencapai hasil yang optimal, data satelit GPM masih perlu dikoreksi dengan rangkaian data yang lebih luas dan lebih panjang

3. 3 Korelasi dari Data Observasi dengan Data Satelit

Data dari stasiun BMKG Trikora dan GPM diolah menjadi data curah hujan rerata bulanan dan diplot sesuai perhitungan. Pada Gambar 3 berikut hanya ada dua (2) model regresi (Linier dan Polinomial) yang digunakan untuk perbandingan antara data curah hujan rerata bulanan stasiun BMKG Trikora di Banjarbaru dengan data GPM untuk bulan Januari – Desember pada periode tahun 2018 - 2023. Metode Regresi yang lainnya tidak dapat digunakan dikarenakan ada beberapa bulan yang tidak memiliki nilai hujan (tidak terjadi hujan), yaitu di bulan Juli – September 2019 dan di bulan September 2023.

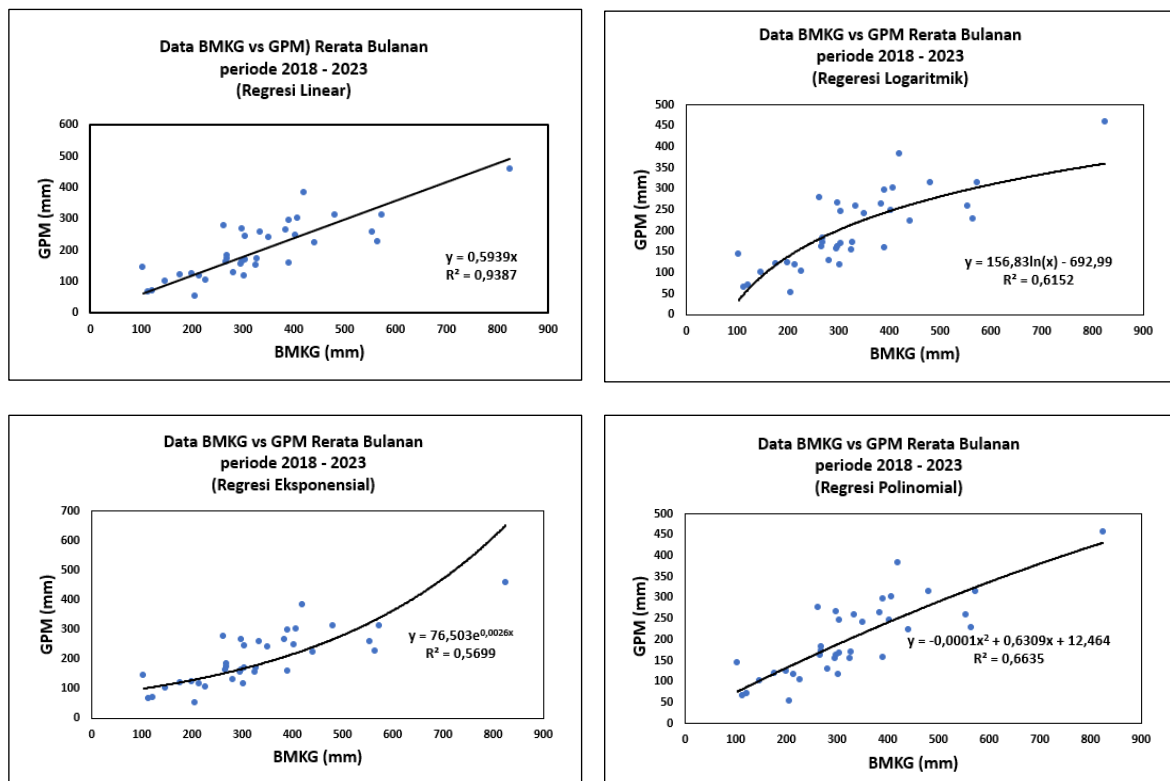
Pada suatu regresi, nilai koefisien determinasi (R^2) memiliki peranan penting untuk menentukan seberapa baik variabel bebas mampu menjelaskan variabel terikatnya. Pada penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah data stasiun BMKG dan variabel terikat adalah data satelit GPM. Nilai R^2 juga dapat menilai *best fit* sebuah model dari sebaran data yang ada. Pada umumnya, nilai R^2 berkisar dari nilai 0 – 1. Nilai kinerja model dikategorikan baik, dengan nilai R^2 minimal 0.6 (Romadhoni dkk, 2021). Nilai R^2 yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa modelnya sangat baik.



Gambar 3 Grafik Regresi Data Hujan Rerata Bulanan stasiun BMKG Trikora dan satelit GPM untuk Januari - Desember (periode tahun 2018-2023)

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa data satelit GPM memiliki nilai *best fit* tertinggi pada persamaan regresi Linear ($R^2 = 0.9173$) dibanding metode regresi lainnya. Sehingga, dapat diinterpretasikan bahwa variasi data hujan rerata bulanan stasiun BMKG Trikora dapat dijelaskan dengan sekitar 90% variasi dari data hujan satelit GPM; yang dapat dipertimbangkan sebagai model regresi yang efektif. Sedangkan untuk 10% sisanya dapat dijelaskan oleh faktor lain yang tidak diketahui dan tidak termasuk dalam model tersebut.

Pada analisis berikutnya, analisis regresi juga dilakukan dengan memisahkan data curah hujan di musim hujan (nilai hujan tinggi) dan di musim kemarau (nilai hujan rendah), dengan tujuan untuk melihat kemampuan satelit dalam memprediksi data curah hujan dengan lebih detil. Model regresi untuk musim hujan dan musim kemarau dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

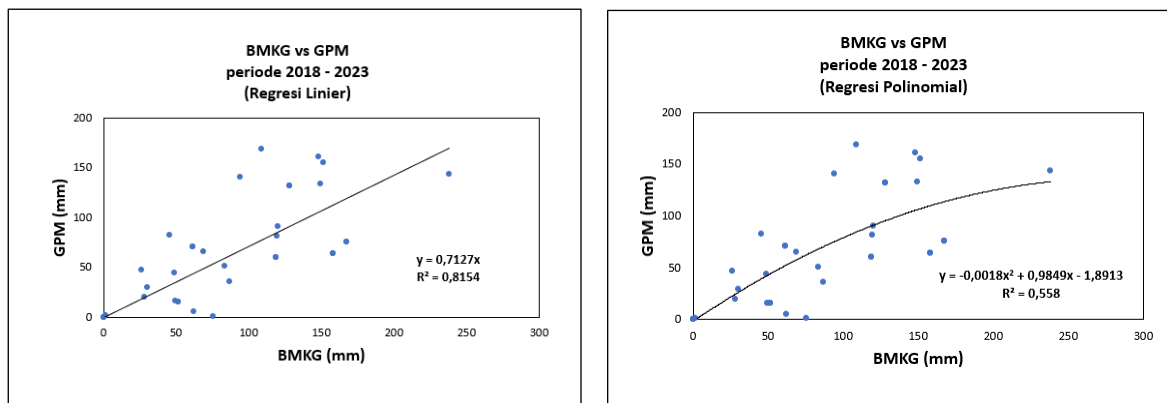


Gambar 4 Grafik Regresi Data Hujan Rerata Bulanan stasiun BMKG Trikora dan data satelit GPM (Musim Hujan) periode tahun 2018-2023

Untuk data hujan rerata bulanan stasiun BMKG Trikora dan satelit GPM pada musim hujan, analisis didasarkan pada bulan-bulan dimana hujan terjadi, dalam hal ini memiliki nilai hujan tinggi, di atas 100 mm/bulan (November – April). Beberapa metode Regresi digunakan, yaitu Regresi Linier, Logaritmik, Eksponensial dan Polinomial. Gambar 4 menunjukkan bahwa metode Regresi Linier merupakan metode yang terbaik untuk model ini, dengan nilai R^2 tertinggi ($=0.9387$).

Selanjutnya, untuk data hujan rerata bulanan stasiun BMKG Trikora dan satelit GPM pada musim kemarau, analisis didasarkan pada bulan-bulan dimana hujan sedikit terjadi, dalam hal ini memiliki nilai hujan rendah, dibawah 100 mm/bulan (Mei – Oktober). Hanya dua (2) model regresi yang digunakan, yaitu Regresi Linear dan Polinomial, yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa model Regresi Linier merupakan model terbaik dengan R^2 sebesar 0.8154, jika dibandingkan dengan model Regresi Polinomial dengan R^2 sebesar 0.558. Sedangkan, model regresi lainnya tidak bisa digunakan dikarenakan adanya kejadian hari tanpa hujan di beberapa bulan.



Gambar 5 Grafik Regresi Data Hujan Rerata Bulanan stasiun BMKG Trikora dan data hujan satelit GPM (Musim Kemarau) periode tahun 2018-2023

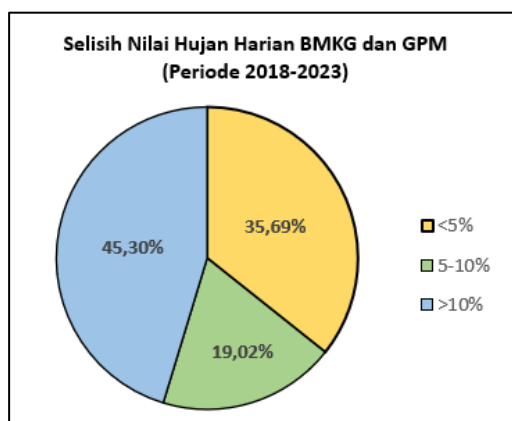
Rekapitulasi hasil model regresi untuk seluruh data dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8 Rekapitulasi Model Regresi untuk Data Curah Hujan Rerata Bulanan Stasiun BMKG Trikora dan Satelit GPM (2018-2023)

Data Hujan	Regresi	R^2	Persamaan
Jan - Des	Linear	0.9173	$y = 0.6072 x$
	Polinomial	0.792	$y = -0.0002 x^2 + 0.6401 x + 14.456$
Musim Hujan (Nov -April)	Linear	0.9387	$y = 0.5939 x$
	Logaritmik	0.6152	$y = 156.83 \ln(x) - 692.99$
	Eksponensial	0.5699	$y = 76.503 e^{0.0026x}$
	Polinomial	0.6355	$y = -0.0001 x^2 + 0.6309 x + 12.464$
Musim Kemarau (Mei – Okt)	Linear	0.8154	$y = 0.7127 x$
	Polinomial	0.558	$y = -0.0018 x^2 + 0.9849 x - 1.8913$

Dari Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa pada setiap data hujan rerata bulanan dari tiga (3) kategori analisis data hujan baik di bulan Januari – Desember, pada musim hujan dan musim kemarau, model hubungan dari data stasiun BMKG Trikora dan satelit GPM dapat didekati dengan model Regresi Linear, dengan nilai R^2 yang tinggi yaitu berturut-turut 0.9173, 0.9387 dan 0.8154. Hal ini menunjukkan bahwa variasi data hujan stasiun BMKG Trikora dapat dijelaskan sekitar 80-90% dari variasi data hujan satelit GPM, sedangkan 10-20% sisanya dijelaskan oleh faktor-faktor lain yang tidak diketahui dan tidak termasuk dalam model, yang tentunya diperlukan penelitian lebih lanjut dengan jumlah stasiun yang lebih banyak dan seri data yang lebih panjang dan lebih lengkap. Dapat disimpulkan bahwa data hujan satelit GPM memiliki hubungan yang sangat kuat dan sangat baik dalam memprediksi data hujan stasiun BMKG Trikora, terutama pada saat musim hujan.

Pada penelitian ini, perhitungan persentase selisih data hujan stasiun BMKG dan satelit GPM juga dimasukkan dalam analisis. Tujuannya untuk melihat kecenderungan perbedaan nilai hujan aktual stasiun BMKG Trikora dan nilai hujan prediksi satelit GPM. Berdasarkan pada Tabel 3, nilai RMSE dan Bias yang masih cukup tinggi mengindikasikan bahwa masih ada perbedaan nilai hujan aktual dan nilai hujan prediksi. Oleh karena itu, analisis kita bagi menjadi tiga (3) kategori persentase selisih hujan harian, yaitu di bawah 5%, 5-10% dan di atas 10%, dengan terlebih dahulu mengeliminir data hujan yang nilainya 0. Dengan demikian, dapat diidentifikasi porsi besaran hujan yang memiliki selisih hujan terbesar seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Persentase Selisih Nilai Hujan Harian Stasiun BMKG Trikora dan satelit GPM (Periode Tahun 2018-2023)

Gambar 6 menunjukkan persentase selisih hujan harian stasiun BMKG Trikora dan satelit GPM untuk periode tahun 2018-2023. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa porsi terbesar selisih yaitu 45,30% berada pada selisih nilai harian <5%, porsi terbesar kedua yaitu 35,69% untuk selisih nilai harian >10%. Selisih nilai harian antara 5-10% merupakan porsi terkecil yaitu 19,02%. Hal ini mengindikasikan bahwa data satelit GPM cukup baik dalam memprediksi nilai hujan yang memiliki selisih harian 5-10%.

4. Kesimpulan

Dari hasil yang didapat, data satelit GPM berdasarkan koefisien korelasi memiliki hubungan yang cukup kuat ($CC = 0.45$) dengan data BMKG Stasiun Trikora di Banjarbaru. Berdasarkan model regresi yang terbaik, regresi linear memiliki nilai R^2 yang sangat tinggi, bervariasi antara 0.8154 – 0.9387. Hal ini menunjukkan model yang baik dan memiliki kesesuaian tren dengan data hujan lapangan. Dari hasil model regresi, dapat diketahui bahwa data satelit GPM sangat baik memprediksi data hujan, terutama di musim penghujan. Selain itu, adanya perbedaan nilai dengan data observasi yang ditunjukkan dengan nilai RMSE, % Bias dan NSE, serta selisih nilai harian yang bervariasi antara 19,02% - 45,30%, data satelit GPM direkomendasikan untuk dilakukan koreksi sebelum penggunaan lebih lanjut. Proses kalibrasi dan validasi untuk koreksi dapat menggunakan metode Monte Carlo Cross Validation (MCCV) untuk data hujan dengan seri yang lebih panjang dan stasiun observasi yang lebih banyak.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada LPPM ULM yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Dosen Wajib Meneliti (PDWM) DIPA ULM Tahun 2024 Nomor SP DIPA-023.17.2.677518/2024, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- ‘Aini, U. N., Adistyawan, M. B., Prasetyo, A. dkk. 2024. Evaluasi Kesesuaian Data Satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) terhadap Stasiun Curah Hujan di sekitar Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) di Kabupaten Penajam Paser Utara. *Journal of Education*. Vol. 06 No. 02 Januari – Februari 2024, pp 13438 -13448.
- Aldrian, R. and Susanto, R.D. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23, pp.1435-1452.
- Belay, A. S., Fenta, A. A., Yenehun, A., Nigate, F., Tilahun, S. A., Moges, M. M., Dessie, M., Adgo, E., Nyssen, J., Chen, M., Van Griensven, A., & Walraevens, K. (2019). *Evaluation and application of multi-source satellite rainfall product CHIRPS to assess spatio-temporal rainfall variability on data-sparse western margins of Ethiopian highlands*. *Remote Sensing*, 11(22), 1–22. <https://doi.org/10.3390/rs11222688>.
- Helda, N., Kilic, A., Munoz-Arriola, F., and Allen, R.G. 2018. *Evaluation of TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) Product (3B42) over Indonesia (1998-2017)*. International Symposium on Lowland Technology (ISLT 2018). Hanoi, Vietnam, 26-28 September 2018.
- Helda, N., Nashrullah, E., Wijayanto, M. R. et al. 2024. *Evaluation of GSMaP (Global Satellite Mapping of Precipitation) with the reference to rain gauge observations in Banjarbaru City, Indonesia*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1343 012005.
- Kartika, D., Nomeritae, dan Kamiana, I. M. 2023. Evaluasi Data Curah Hujan Satelit TRMM dan GPM terhadap Data Hujan Observasi di Kalimantan Tengah. *Media Ilmiah Teknik Sipil*. Vol 11, No 1, Hal 28-39.
- Krisnayanti, Denik Sri, Davianto Frangky B. Welkis, Fery Moun Hepy, and Djoko Legono. 2020. Evaluasi Kesesuaian Data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Dengan Data Pos Hujan Pada Das Temef Di Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(1),51–62.
- Kristof, D., Petrik, O., Pattaki, R. and Kolesar, A. 2014. *Satellite data processing and analysis: Example and practical considerations*. International LCLUC Regional Science Meeting in Central Europe, Sopron, Hungary, 16-22nd October 2014.
- Kubota, T., Aonashi, K., Ushio, T., Shige, S., Takayabu, Y.N., Kachi, M., Arai, Y., Tashima, T., Masaki, T. Kawamoto, N., Mega, T., Yamamoto, M.K., Hamada, A., Yamaji, M., Liu, G., Oki, R. 2020. *Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) products in the GPM era*. In *Satellite Precipitation Measurement*. eds. V. Levizzani, C. Kidd, D. B. Kirschbaum, C. D. Kummerow, K. Nakamura, and F. J. Turk, 355–373. Cham: Springer.
- Kumar, V., Borgemeister, C., Tischbein, B. et al. 2024. Evaluation and inter-comparison of twenty-three gridded rainfall products representing a typical urban monsoon climate in India. *Theor Appl Climatol* **155**, 9529–9553 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05191-3>.
- Li, J.; Yong, B.; Shen, Z.; Wu, H.; Yang, Y. 2023. *A New Method for Hour-by-Hour Bias Adjustment of Satellite Precipitation Estimates over Mainland China*. *Remote Sens.* (2023), 15, 1819. <https://doi.org/10.3390/rs15071819>.

- Moriasi, D. N., J. G. Arnold, M. W. V. Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, and T. L. Veith. (2007). Model Evaluation Guidelines For Systematic Quantification Of Accuracy In Watershet Simulations, J. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- NASA. 2024. *Global Precipitation Measurement*. <https://gpm.nasa.gov/> (diakses Desember 2024).
- Nomleni, R.A., Nasjono, R. K., dan Bella, R. A. 2019. Perhitungan Debit Simulasi dan Debit Terukur pada DAS Manikin. Jurnal Teknik Sipil. Vol VIII, No. 2, pp 141- 152.
- Pattiraja, A. H. 2023. Analisis Hubungan Data Hujan Satelit Persiann-Cdr & TRMM 3B42 Dengan Data Hujan BMKG Pada Stasiun Hujan Di Wilayah Sumba Barat. Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil.
- Ritter, A dan Carpena, M. R. (2013). Performance Evaluation Of Hydrological Models: Statistical Significance For Reducing Subjectivity In Goodness-Of-Fit Assessments, Journal of Hydrology, Vol. 480. Pp 33-45.
- Romadhoni, A. Z., Wulandari, D. A., Suharyanto, S. 2021. Koreksi Bias Data Hujan Satelit dengan Pendekatan *Quantile Mapping*. Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (PIT HATHI) ke-38. Surabaya, 30 Oktober 2021.
- Samosir, D.Y., Yuliara, I. M, dan Prasetia, R. 2021. Perbandingan dan Analisis Pola Spasial Curah Hujan Data IMERG (*Integrated Multi-Satellite Retrieval for GPM*) Data and Observation Data on Bali Province. Buletin Fisika, Vol.22, Hal 67 -76.
- Sanjaya, S., Yudianto, D., Fitriana, F. and Rusli, S. R., 2024, April. *Evaluation and Correction of Satellite-based Rainfall Products (GPM) in the Upstream Part of Bengawan Solo Basin using MCVV Parameterization*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1343, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- Suryanto, J., Amprin dan Anisun. 2023. Validasi Curah Hujan Harian CHIRPS Precipitation Satellite Product di Provinsi Kalimantan Barat. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol 11 (1), hal 73-88.
- Triatmodjo, B., 2009. Hidrologi Terapan. Beta Offset Yogyakarta.
- Yonaba, R., Belemougri, A., Fowé, T., Mounirou, L. A., Nkiaka, E., Dembélé, M., Karambiri, H. (2024). *Rainfall estimation in the West African Sahel: comparison and cross-validation of top-down vs. bottom-up precipitation products in Burkina Faso*. *Geocarto International*, 39(1). <https://doi.org/10.1080/10106049.2024.2391956>
- Zhou, Z.; Lu, D.; Yong, B.; Shen, Z.; Wu, H.; Yu, L. 2023. *Evaluation of GPM-IMERG Precipitation Product at Multiple Spatial and Sub-Daily Temporal Scales over Mainland China*. *Remote Sens.* (2023), 15, 1237. <https://doi.org/10.3390/rs15051237>.