

KOREKSI DAN VALIDASI DATA CURAH HUJAN SATELIT GPM-IMERG DAN CHIRPS DI DAS SELOREJO, KABUPATEN MALANG

Ni Made Candra Partarini^{1*}, Joko Sujono², Endita Prima Ari Pratiwi²

¹Program Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan,
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika Kampus No.2, Sinduadi, Mlati, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta

*Email: partarini@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Ketersediaan data hidrologi menjadi salah satu permasalahan dalam perencanaan bangunan air. Perkembangan data hujan satelit menjadi solusi permasalahan ini dengan kelebihan secara spasial dan temporal. Studi ini bertujuan untuk melakukan koreksi dan validasi data hujan satelit (GPM-IMERG dan CHIRPS) dengan data pengamatan untuk mengetahui kelayakan penggunaan data hujan satelit. Koreksi bias data hujan satelit dilakukan dengan tiga metode yaitu, metode regresi, distribution mapping, dan rasio rata-rata. Tahap validasi menggunakan metode Root Mean Squared Error (RMSE), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE), Koefisien Korelasi (R), dan Uji Kesalahan Relatif (KR). Daerah aliran sungai Selorejo digunakan sebagai studi kasus dengan pertimbangan ketersediaan data yang memadai. Penelitian dilakukan dengan periode data bulanan pada masing-masing sumber data dengan tiga rentangan tahun kalibrasi dan validasi dengan panjang data 19 tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa validasi GPM-IMERG sebelum dan sesudah koreksi lebih baik daripada CHIRPS. Sebelum dilakukan analisis kalibrasi dan koreksi, nilai korelasi data GPM-IMERG dan CHIRPS >0,79. Berdasarkan ketiga metode koreksi untuk kedua data satelit, metode regresi dengan persamaan linier dianggap paling sesuai. Dilihat dari nilai RMSE paling rendah 75,38; nilai NSE = 0,86; KR = 0,03, serta nilai R = 0,93.

Kata kunci: CHIRPS, GPM-IMERG, hujan satelit, koreksi, validasi

PENDAHULUAN

Data hujan merupakan informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi kondisi cuaca, banjir, dan kekeringan. Sulitnya memprediksi nilai hujan secara spasial dan temporal di lapangan disebabkan oleh kurangnya pengukuran langsung curah hujan yang baik, serta sifat parameter yang sangat bervariasi baik secara spasial dan temporal [Kummerow dkk., 1998]. Analisis hidrologi sangat penting untuk memperoleh data debit andalan dan debit banjir berdasarkan variasi kala ulang. Hasil analisis ini untuk memperoleh desain dan dimensi bangunan yang sesuai dan tepat guna, seperti yang tercantum pada analisis hidrologi, hidrolika, dan Kriteria Desain Bangunan di Sungai [SNI 1724:2015]. Distribusi curah hujan temporal dan spasial tidak merata, sulit untuk menentukan berapa banyak hujan yang sebenarnya turun di bumi. Penakar curah hujan dianggap akurat dan andal pada skala regional dan global karena variabilitas temporal dan spasial curah hujan yang tinggi. Curah hujan area yang diperkirakan oleh alat pengukur hujan menunjukkan banyak ketidakpastian karena penakar hujan yang jarang [Collischonn dkk., 2008].

Di Indonesia, penelitian tentang hujan satelit telah banyak dilakukan, tetapi hanya terbatas pada beberapa jenis sumber data seperti TRMM dan PERSIANN yang dikaitkan dengan bidang sumber daya air. Penelitian terhadap sumber data lain seperti GPM-IMERG dan CHIRPS sangat terbatas dan tidak dikaitkan dengan analisis bidang sumber daya air. Mamenun dkk., (2014), telah melakukan penelitian menggunakan sumber data TRMM terhadap tiga jenis hujan di Indonesia seperti, pola hujan monsoon, equatorial, dan hujan lokal. Penelitian tersebut menghasilkan persamaan koreksi tiap jenis hujan. Batas administrasi digunakan sebagai acuan luas area penelitian. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian lanjutan mengenai analisis hujan satelit dengan sumber data satelit yang lebih bervariasi serta dihubungkan dengan prinsip pengelolaan sumber daya air, terutama dalam alihragam hujan ke debit dengan datasan wilayah kajian berupa daerah aliran sungai (DAS).

Terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan adanya kesalahan dalam prediksi data satelit. Kesalahan-kesalahan ini meliputi kesalahan akibat sensor [Tang dkk., 2015], algoritma pengambilan [Sadeghi dkk., 2019]. Pada studi lainnya, ketidaksesuaian dapat disebabkan oleh karakteristik awan,

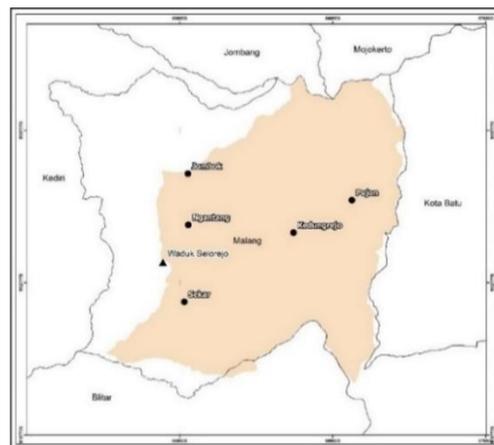
iklim, musim, letak geografis dan topografis [Serrat-Capdevila dkk., 2016 & Sun dkk., 2018], sehingga diperlukan metode koreksi bias terhadap kesalahan/bias tersebut.

Penelitian mengenai metode koreksi bias telah banyak dilakukan seperti, Piani dkk., (2010) dan Dasanto dkk., (2014) melakukan koreksi bias dengan menggunakan metode yang dikenal dengan metode *Distribution Mapping*, serta Mamenun dkk., (2014) menggunakan metode regresi. Misnawati dkk., (2018) juga melakukan perbandingan empat metode koreksi bias seperti, Metode Regresi Linear Berganda, Metode *Distribution Mapping*, Metode Rasio Rata-Rata, dan Regresi *Power*. Perbandingan metode ini menunjukkan bahwa Metode Regresi Linier Berganda paling sesuai jika digunakan pada koreksi bias statistik untuk data satelit CHIRPS. Paper ini mengkaji perbandingan koreksi bias hujan satelit GPM-IMERG dan CHIRPS dengan metode Regresi, *Distribution Mapping*, dan Rasio Rata-Rata. Metode validasi hujan pengamatan dan hujan satelit menggunakan metode evaluasi statistik berupa koefisien korelasi (R), bias relatif (RB), *Nash-Sutcliffe Efisiensi* (NSE), dan *root mean square error* (RMSE).

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di DAS Selorejo yang terletak di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Lokasi ini dipandang ideal karena memiliki jumlah stasiun penakar hujan yang memadai dan terdapat alat ukur debit di titik kontrolnya, yaitu di Waduk Selorejo. Luas DAS ini sebesar 236,43 km² dengan letak geografis 112°19.5'0" - 112°28'15.010" BT dan 07°45'56,45" - 07°56'51,076" LS. Titik kontrol dari DAS ini ialah Bendungan Selorejo yang membendung Kali Konto sebagai sungai utama. Stasiun hujan yang digunakan yaitu Stasiun Jombok, Pujon, Ngantang, Kedungrejo, dan Sekar yang tersebar di DAS Selorejo seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 9. Peta Sebaran Stasiun Hujan dan Batas DAS Selorejo

Data

Penelitian ini menggunakan data hujan yang bersumber dari satelit dan stasiun pengamatan. Terdapat beberapa data lain yang mendukung penelitian ini seperti, data DEM untuk analisis batas DAS dan sungai.

1. Data Hujan Pengamatan

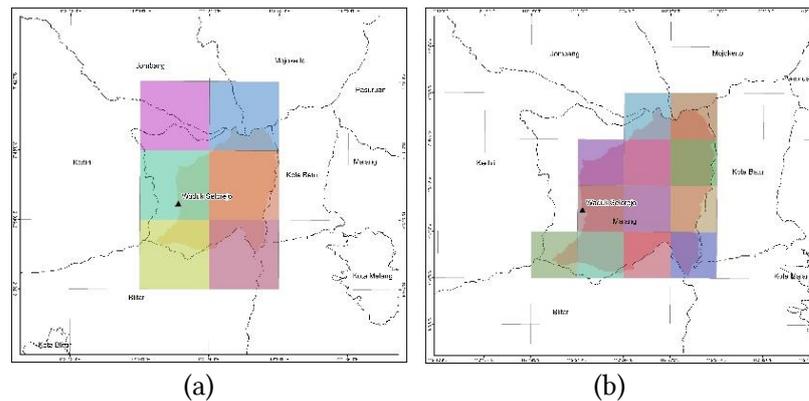
Stasiun hujan yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 5 (lima) yaitu, Stasiun Pujon, Kedungrejo, Ngantang, Jombok, dan Sekar dengan panjang data 19 tahun. Data ini berupa data harian yang diperoleh dari UPT PSDA WS Brantas (Korwil Malang).

2. Data Hujan Satelit

Data hujan satelit yang digunakan adalah data hujan satelit GPM-IMERG (*Global Precipitation Measurement Mission - The Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM*) dan CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station*). Pemilihan kedua data ini didasarkan oleh penelitian-penelitian terdahulu yang menyatakan keakuratan kedua satelit ini [Yang dkk., 2017 & Liu dkk., 2020]. Panjang data yang diunduh disesuaikan dengan panjang data hujan pengamatan yaitu, 19 tahun.

Data GPM-IMERG memiliki resolusi spasial berupa grid berukuran $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$, tersedia dalam periode data 3-jam, harian, 5 hari, dan bulanan. Data ini tersedia pada *website* <https://gpm.nasa.gov/data/imerg> namun, dapat diunduh pada <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> untuk memperoleh data dengan luasan sesuai wilayah penelitian.

CHIRPS memiliki resolusi spasial yang lebih kecil dengan besaran grid $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$ serta memiliki data dalam periode harian, setelah bulanan, dan bulanan. Data-data CHIRPS secara global dapat diakses melalui <https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>, untuk memperoleh data dengan luasan sesuai penelitian dapat dilakukan dengan mengunduh pada *Google Earth Engine*. Grid yang diunduh pada tiap data satelit dapat diperhatikan pada Gambar 2.



Gambar 10. Batasan Grid yang digunakan (a) Grid GPM-IMERG (b) Grid CHIRPS

Metode Analisis

Kualitas data hujan pengamatan diuji konsistensinya dengan metode RAPS. Data yang telah dinyatakan konsisten kemudian dilanjutkan dengan analisis hujan rerata wilayah dengan metode Poligon Thiessen. Data satelit yang digunakan berupa hujan rerata wilayah seluas DAS Selorejo. Analisis selanjutnya ialah kalibrasi data dengan koreksi data hujan satelit dan validasi hasil koreksi.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan periode data bulanan, karena periode ini dianggap paling baik dalam analisis validasi [Yang dkk., 2017]. Tahapan penelitian ini secara garis besar memiliki dua tahap yaitu, kalibrasi dan validasi dengan membagi panjang data menjadi dua bagian. Kalibrasi data dengan panjang tahun 2001 – 2010, validasinya dengan data 2011 – 2019. Selain itu, dilakukan juga kalibrasi dengan data tahun 2001 – 2014 dan 2001 – 2015 serta validasi 2015 – 2019 dan 2016 – 2019. Pembagian rentang data tertentu untuk memperoleh hasil kalibrasi dan validasi paling sesuai dengan data pengamatan.

Koreksi Data Hujan Satelit

Secara umum besaran hujan satelit tidak sesuai dengan data hujan pengamatan/terukur, sehingga perlu dilakukan koreksi. Perbedaan ini dapat diakibatkan dari kesalahan-kesalahan ini meliputi kesalahan akibat sensor [Tang dkk., 2015], algoritma pengambilan [Sadhegi dkk., 2019], dan sebagainya. Koreksi bias merupakan langkah yang bertujuan untuk mengkoreksi nilai hujan satelit agar sesuai dengan nilai hujan pengamatan. Adapun beberapa koreksi bias yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Metode Regresi**

Koreksi bias dengan Metode Regresi sebelumnya telah dilakukan oleh Mamenun *dkk.*, (2014) dengan menggunakan regresi linear, regresi power, regresi logaritmik, dan regresi eksponensial, penelitian ini menunjukkan regresi power paling sesuai menggambarkan khubungan data hujan pengamatan dan hujan satelit. Dalam penelitian kali ini, persamaan regresi yang digunakan yaitu regresi linier dan regresi polinomial. Kedua persamaan ini juga dikembangkan dalam bentuk *intercept* sehingga terdapat 5 (lima) persamaan regresi yang akan digunakan sebagai koreksi. Adapun persamaan yang digunakan adalah Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 5.

$$\text{Regresi Linier : } \hat{Y} = aX + b \quad (2)$$

$$\text{Regresi Linier Intercept : } \hat{Y} = aX \quad (3)$$

$$\text{Regresi Polinomial : } \hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2X^2 \quad (4)$$

$$\text{Regresi Polinomial Intercept : } \hat{Y} = b_1X + b_2X^2 \quad (5)$$

$$\text{Regresi Power/Berpangkat : } \hat{Y} = aX^b \quad (6)$$

dengan:

\hat{Y} : persamaan garis lurus Y (curah hujan pengamatan) atas X (curah hujan satelit),

X : variabel bebas dalam hal ini berupa curah hujan satelit,

a, b : sebagai koefisien regresi.

- **Metode Rasio Rata-Rata**

Metode ini mengoreksi dengan mengalikan data hujan satelit dengan rasio perbandingan rerata hujan pengamatan dan satelit. Rasio ini menjadi faktor koreksi hujan satelit dengan Persamaan 6.

$$\hat{Y} = X_n \frac{\mu_m Y}{\mu_m X} \quad (7)$$

dengan:

\hat{Y} : data satelit terkoreksi,

$\mu_m Y$: data hujan pengamatan rerata,

$\mu_m X$: data hujan satelit,

n : urutan data yang akan dikoreksi.

- **Metode Distribution Mapping**

Penggunaan metode ini dilakukan dengan beberapa tahap [Piani dkk., 2010 dan Dasanto dkk., 2014] yaitu mengidentifikasi jenis distribusi peluang dengan metode gamma dan probabilitas curah hujan. Dalam studi kali ini digunakan distribusi normal sebagai metode distribusi peluang. Tahap selanjutnya dilakukan analisis *Probability Density Function* (pdf) dan *Cumulative Distribution Function* (cdf) dengan Persamaan 7 dan Persamaan 8 [Misnawati dkk., 2018].

$$pdf = \frac{1}{\beta - \alpha}, \alpha \leq x \leq \beta \quad (8)$$

$$cdf = \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha}, \alpha \leq x \leq \beta \quad (9)$$

Langkah selanjutnya, membuat fungsi transfer dari distribusi kumulatif kedua data hujan dengan menggunakan lima fungsi regresi seperti pada metode sebelumnya. Persamaan ini kemudian digunakan sebagai koreksi bias data satelit.

Validasi

Validasi (*validation*) adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Dalam penelitian ini, validasi digunakan untuk mengevaluasi metode koreksi bias yang digunakan. Untuk data dengan koreksi, pada umumnya validasi dilakukan dengan menggunakan data, diluar periode data yang digunakan untuk kalibrasi (Indarto, 2012). Misalnya digunakan kalibrasi dengan data curah hujan 2001-2010, kemudian validasi dilakukan dengan periode tahun 2011-2019. Metode yang digunakan dalam tahap ini ialah *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), *Koefisien Korelasi* (R), dan *Kesalahan Relatif* (KR) [Mamenun dkk., 2014 & Yang dkk., 2017] dengan Persamaan 9 sampai dengan Persamaan 12.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (10)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (11)$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n Y_i \hat{Y}_i - \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i^2 - (\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i)^2}} \quad (12)$$

$$KR = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{\sum Y_i} \times 100\% \quad (13)$$

dengan:

- Y_i : data observasi (data sebenarnya)
 \hat{Y}_i : data perkiraan (data satelit)
 n : jumlah data.

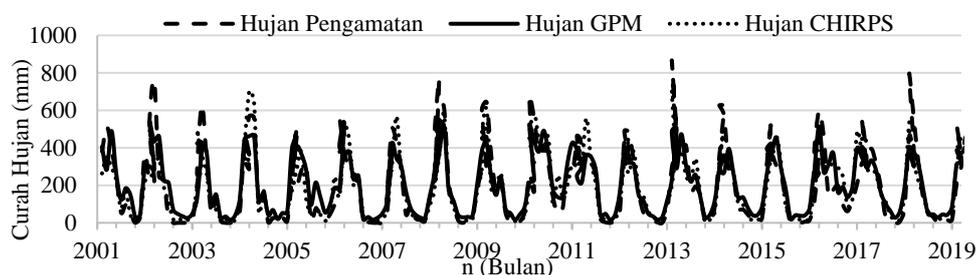
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi

Hasil analisis uji konsistensi data hujan pengamatan tiap stasiun menunjukkan bahwa ke-lima stasiun menunjukkan data yang konsisten. Data hujan ini kemudian ditransformasikan menjadi curah hujan wilayah dengan metode Poligon Thiessen. Data hujan satelit pun telah diunduh dalam bentuk hujan rerata wilayah.

Hujan Satelit

Perbandingan nilai curah hujan pengamatan dengan data satelit GPM-IMERG dan CHIRPS menunjukkan adanya perbedaan nilai hujan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Perbedaan ini dapat diakibatkan dari kesalahan-kesalahan ini meliputi kesalahan akibat sensor (Tang dkk., 2015), algoritma pengambilan (Sadhegi dkk., 2019), dan sebagainya. Pada studi lainnya menyatakan ketidaksesuaian dapat disebabkan oleh karakteristik awan, iklim, musim, letak geografis dan topografis [Serrat - Capdevila dkk., 2016 & Sun dkk., 2018]. Koreksi terhadap hujan satelit sering terkendala oleh ketersediaan data hujan pengamatan baik secara spasial maupun temporal. Pencatatan yang tidak kontinu, seri waktu data hujan tidak cukup panjang, banyak data yang kosong, dan sebaran stasiun hujan belum merata [Su dkk., 2007].



Gambar 11. Perbandingan hujan antara hujan Pengamatan, GPM-IMERG, dan CHIRPS

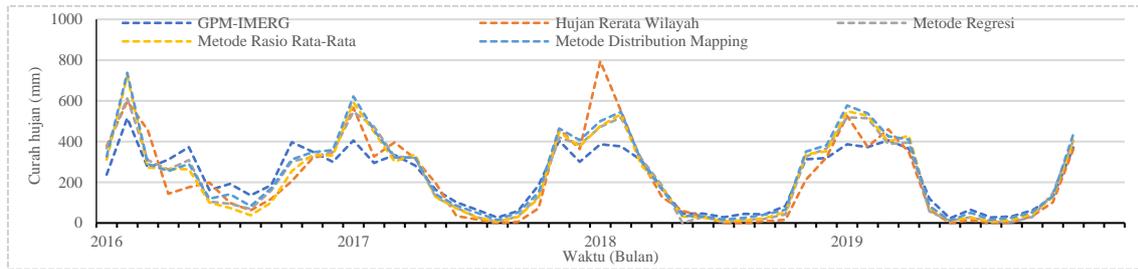
Koreksi Bias

Hasil koreksi bias berupa persamaan koreksi atau koefisien koreksi sesuai dengan metode koreksi bias yang digunakan. Koreksi bias terhadap data GPM-IMERG dan CHIRPS dengan metode Regresi, persamaan linier, polinomial, polinomial *intercept*, dan *power*/berpangkat nilai R^2 tertinggi diperoleh pada bulan September dengan nilai rerata $R^2 = 0,98$, sedangkan persamaan Linier *Intercept* nilai R^2 paling tinggi terjadi pada bulan April dengan nilai rerata $R^2 = 0,96$.

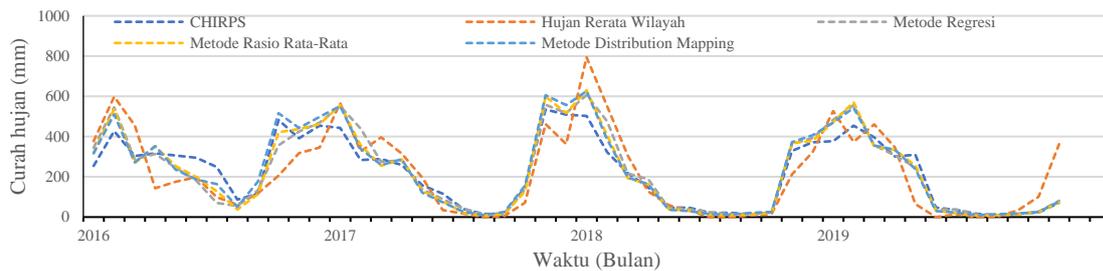
Metode Rasio Rata-Rata tidak menggunakan persamaan regresi sebagai koreksi bias, namun menggunakan Persamaan 5 yaitu ratio antara rerata data pengamatan dan rerata data. Rasio ini diperoleh dengan kalibrasi data bulanan sehingga terdapat 12 (dua belas) koefisien. Koefisien dengan nilai < 1 menunjukkan bahwa data satelit *overestimated* dan sebaliknya apabila nilai koefisien koreksi > 1 hujan satelit terindikasi *underestimated* terhadap data pengamatan. Metode ini secara jelas dapat menunjukkan bahwa dengan panjang data kalibrasi yang berbeda, hujan satelit baik GPM-IMERG maupun CHIRPS cenderung *underestimated* pada bulan-bulan basah misalnya pada bulan November hingga April dan *overestimated* pada bulan-bulan kering mulai bulan Mei hingga Oktober.

Pada metode *Distribution Mapping* nilai R^2 rata-rata bernilai $> 0,98$ karena hubungan antar kedua data disesuaikan dengan besaran distribusi fungsi transfer. Dimana, nilai fungsi transfer berupa curah hujan berdasarkan nilai *cdf* yang kemudian menyebabkan grafik *scatter plot* mendekati garis 45° .

Hubungan kedua data ini sebagai fungsi transfer yang kemudian digambarkan dengan persamaan linier, linier *intercept*, polinomial, dan olinomial *intercept* untuk koreksi data satelit.



Gambar 12. Perbandingan Koreksi Bias Data Satelit GPM-IMERG



Gambar 13. Perbandingan Koreksi Bias Data Satelit CHIRPS

Hasil koreksi data GPM-IMERG disajikan pada Gambar 4, sedang untuk data satelit CHIRPS dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil koreksi berdasarkan ketiga metode untuk hujan satelit GPM-IMERG, menunjukkan nilai hujan paling sesuai dihasilkan oleh metode Regresi. Untuk kedalaman hujan < 400mm hasil koreksi pada tiap metode menghasilkan nilai yang hampir menyamai nilai hujan pengamatan. Hasil koreksi bias untuk kedua data satelit, menunjukkan metode Regresi paling sesuai. Hujan satelit GPM-IMERG, paling sesuai dengan persamaan linier, sedangkan, hujan satelit CHIRPS dengan persamaan linier *Intercept*. Kesesuaian ini berdasarkan hasil perhitungan validasi metode, RMSE, NSE, KR, dan R.

Penggunaan persamaan linier dan polinomial perlu kehati-hatian mengingat dalam persamaan tersebut terdapat nilai konstanta yang dapat menyebabkan hasil koreksi hujan menjadi tidak logis dan dapat bernilai negatif. Kedua jenis persamaan tersebut tetap dapat digunakan. Piani dkk., (2010) dan Dasanto dkk., (2014) menggunakan persamaan linier dalam menurunkan fungsi transfer pada perhitungan metode *Distribution Mapping*.

Hasil Validasi

Kalibrasi yang dilakukan dengan 3 (tiga) rentang data berbeda menghasilkan 3 (tiga) rentang data verifikasi/validasi. Nilai hujan satelit GPM-IMERG dan CHIRPS pada dasarnya memiliki nilai korelasi yang tinggi (>0,79) dengan hujan pengamatan. Namun demikian, ketelitian hujan satelit tersebut masih dapat ditingkatkan dengan melakukan koreksi terhadap bias yang ada. Koreksi yang dilakukan dengan menggunakan data bulanan sesuai dengan persamaan tiap bulannya.

Hasil validasi data hujan dengan rentang 9 (sembilan) tahun, hujan satelit GPM-IMERG dan CHIRPS paling sesuai ialah Metode Regresi dengan persamaan linier. Kesesuaian ini berdasarkan nilai RMSE, NSE, KR, dan R yang dapat diperhatikan pada Tabel 1. Nilai RMSE pada persamaan linier paling rendah, dengan nilai NSE dan korelasi (R) paling tinggi. Kesalahan relatif cenderung meningkat dari sebelum koreksi. Dengan pertimbangan tiga metode yang dominan, dipilih metode regresi dengan persamaan linier paling sesuai. Pola ini juga terjadi pada analisis validasi dengan panjang data 5 (lima) tahun seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 9. Hasil validasi koreksi bias tahun 2011 - 2019

Metode Koreksi Bias		GPM-IMERG				CHIRPS			
		RMSE	NSE	KR	R	RMSE	NSE	KR	R
Data Pengamatan	Tidak Terkoreksi	99,81	0,76	0,02	0,88	103,78	0,74	0,02	0,86
	Linier	89,77	0,80	0,04	0,90	87,89	0,81	0,04	0,90
Metode Regresi	Linier Intercept	91,42	0,80	0,05	0,90	91,56	0,80	0,03	0,89
	Polinomial	94,56	0,78	0,03	0,89	126,02	0,62	0,00	0,90
	Polinomial Intercept	92,16	0,79	0,04	0,89	97,54	0,77	0,02	0,88
	Power/Berpangkat	94,91	0,78	0,07	0,89	112,14	0,70	0,03	0,85
Metode Rasio Rata-Rata		90,08	0,80	0,05	0,90	89,38	0,81	0,01	0,90
	Linier	108,29	0,72	0,06	0,85	98,02	0,77	0,04	0,90
Metode Distribution Mapping	Linier Intercept	90,24	0,80	0,01	0,90	93,61	0,79	0,03	0,89
	Polinomial	107,55	0,72	0,06	0,85	176,64	0,24	0,19	0,78
		104,60	0,73	0,06	0,86	99,84	0,76	0,04	0,88
	Power/Berpangkat	104,60	0,73	0,06	0,85	103,91	0,74	0,00	0,87

Tabel 10. Hasil validasi koreksi bias tahun 2016 - 2019

Metode Koreksi Bias		GPM-IMERG				CHIRPS			
		RMSE	NSE	KR	R	RMSE	NSE	KR	R
Data Pengamatan	Tidak Terkoreksi	87,42	0,81	0,03	0,91	117,724	0,655	0,005	0,810
	Linier	75,38	0,86	0,03	0,93	97,40	0,76	0,06	0,88
Metode Regresi	Linier Intercept	78,14	0,85	0,03	0,92	105,29	0,72	0,00	0,86
	Polinomial	138,51	0,52	0,09	0,93	100,56	0,75	0,02	0,90
	Polinomial Intercept	76,57	0,85	0,04	0,93	95,71	0,77	0,05	0,88
	Power/Berpangkat	90,51	0,80	0,03	0,89	117,52	0,66	0,06	0,83
Metode Rasio Rata-Rata		77,03	0,85	0,03	0,92	103,4	0,7	0,03	0,87
	Linier	90,08	0,80	0,05	0,89	119,40	0,65	0,05	0,85
Metode Distribution Mapping	Linier Intercept	79,14	0,84	0,11	0,93	111,06	0,69	0,06	0,85
	Polinomial	118,56	0,65	0,20	0,88	120,48	0,64	0,06	0,86
	Polinomial Intercept	90,55	0,80	0,07	0,90	123,65	0,62	0,08	0,82
	Power/Berpangkat	96,04	0,77	0,06	0,89	134,50	0,55	0,08	0,79

Tabel 11. Hasil validasi koreksi bias tahun 2015 - 2019

Metode Koreksi Bias		GPM-IMERG				CHIRPS			
		RMSE	NSE	KR	R	RMSE	NSE	KR	R
Data Pengamatan	Tidak Terkoreksi	87,75	0,79	0,07	0,90	108,53	0,68	0,03	0,83
	Linier	80,70	0,83	0,09	0,92	93,21	0,77	0,10	0,89
Metode Regresi	Linier Intercept	83,23	0,81	0,10	0,91	98,04	0,74	0,04	0,87
	Polinomial	137,85	0,49	0,05	0,91	95,42	0,76	0,06	0,91
	Polinomial Intercept	84,19	0,81	0,10	0,91	91,24	0,78	0,09	0,89
	Power/Berpangkat	0,77	0,48	0,54	0,98	113,49	0,66	0,10	0,84
Metode Rasio Rata-Rata		84,46	0,81	0,10	0,91	97,92	0,74	0,08	0,88
	Linier	94,42	0,76	0,09	0,88	110,43	0,67	0,11	0,88
Metode Distribution Mapping	Linier Intercept	85,54	0,80	0,14	0,91	103,54	0,71	0,10	0,86
	Polinomial	98,19	0,74	0,09	0,88	132,78	0,53	0,00	0,79
		91,52	0,78	0,11	0,89	108,59	0,68	0,10	0,85
	Power/Berpangkat	96,88	0,75	0,09	0,88	108,59	0,62	0,12	0,83

Data hujan satelit GPM-IMERG maupun CHIRPS untuk rentang data validasi 4 (empat) tahun, memiliki hubungan yang erat dengan data hujan hasil pengamatan, ditandai nilai koefisien korelasi sebesar 0,91 untuk hujan satelit GPM-IMERG dan 0,810 untuk hujan satelit CHIRPS seperti terlihat pada Tabel 2. Koreksi bias dengan persamaan regresi linier memiliki nilai RMSE paling rendah serta NSE dan R paling tinggi dibanding persamaan lain baik untuk data GPM-IMERG. Sedangkan data CHIRPS paling sesuai persamaan polinomial *intercept*.

Metode rasio rata-rata dan *Distribution Mapping* walaupun tidak sebaik metode regresi, namun masih dapat meningkatkan ketelitian data hujan satelit, dilihat dari 4 (empat) parameter statistik yang digunakan seperti terlihat pada table diatas. Perbedaan hasil validasi dapat dipengaruhi oleh panjang data kalibrasi dan validasi yang digunakan. Berdasarkan ketiga rentang data validasi ini, metode regresi dapat dikatakan paling sesuai dengan persamaan linier sebagai koreksi. Secara umum, hasil analisis menunjukkan data GPM-IMERG paling baik daripada data hujan CHIRPS. Dapat dilihat dari nilai RMSE, NSE, dan R (korelasi). Nilai kesalahan relatif pada data hujan CHIRPS relatif lebih rendah dibanding data hujan GPM-IMERG.

KESIMPULAN

Ketiga metode koreksi bias memiliki performa yang baik pada masing-masing rentang data kalibrasi dan validasi. Secara umum, performa kedua data hujan satelit GPM-IMERG dan CHIRPS sebelum koreksi dapat dianggap baik. Nilai NSE $\geq 0,75$ nilai Kesalahan Relatif sangat kecil sebesar 0,02 dengan nilai koefisien korelasi $\geq 0,80$ menunjukkan hubungan yang kuat antara hujan satelit dengan hujan pengamatan serta RMSE cenderung kecil.

Berdasarkan hasil kalibrasi dan validasi diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa performa tiap metode koreksi bias berbeda-beda, namun ketiga dapat menaikkan ketelitian hujan satelit relatif terhadap hujan pengamatan. Metode regresi dengan persamaan linier menunjukkan nilai yang paling baik pada validasi hasil koreksi bias data satelit GPM-IMERG dan CHIRPS. Nilai paling baik ditunjukkan pada data GPM-IMERG dengan panjang tahun validasi 4 (empat) tahun dengan nilai RMSE paling rendah 75,38; nilai NSE = 0,86; KR = 0,03, serta nilai R = 0,93. Data hujan satelit GPM-IMERG lebih baik daripada data hujan CHIRPS berdasarkan kriteria statistik RMSE, NSE, KR, dan R (korelasi).

DAFTAR PUSTAKA

- Collischonn, B., Collischonn, W., and Tucci, C. E. M., 2008, Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates, *Journal of Hydrology*, No.1-4, Vol.360, 207-216.
- Dasanto, Bambang Dwi., Boer, Rizaldi., Pramudya, Bambang., Suharnoto, Yuli., 2014, Evaluasi Curah Hujan TRMM Menggunakan Pendekatan Koreksi Bias Statistik, *Jurnal Tanah dan Iklim*, No.1, Vol. 38, 15-24.
- Indarto., 2012, *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Jakarta : Bumi Aksara.
- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shi, J., and Simpson, J., 1998, The tropical rainfall measuring mission (TRMM) sensor package. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol.15, 809-817.
- Liu, Chian-Yi., Aryastana, Putu., Liu, Gin-Rong., Huang, Wan-Ru., 2020, Assessment of satellite precipitation product estimates over Bali Island. *Journal of Atmospheric Research*, Vol. 244, 1-14.
- Mamenun., Pawitan, Hidayat., Sophahelumakan, Ardhasena., 2014, Validasi Dan Koreksi Data Satelit Trmm Pada Tiga Pola Hujan di Indonesia, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, No.1, Vol.15, 13-23.
- Misnawati, M., Boer, R., June, T., & Faqih, A., 2018, Perbandingan Metodologi Koreksi Bias Data Curah Hujan CHIRPS, *Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia*, No.1, Vol.25, 18-29.
- Piani, C., Haerter, JO., Coppola, E., 2010, Statistical Bias Correction for Daily Precipitation in Regional Climate Models Over Europe, *Theor-Appl Climatol*, Vol. 99, 187-192.
- Sadeghi, M., Asanjan, A.A., Faridzad, M., Nguyen, P., Hsu, K., Sorooshian, S., Braithwaite, D., 2019, PERSIANN-CNN: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks-Convolutional Neural Networks, *Journal of Hydrometeorology*, Vol.20, 2273-2289.
- Serrat-Capdevila, A., Merino, M., Valdes, J.B., Durcik, M., 2016, Evaluation of the performance of three satellite precipitation products over Africa, *Remote Sensing* 2016, No. 836, Vol.8, 1-22.
- SNI 1724:2015., *Analisis Hidrologi, Hidraulik, dan Kriteria Desain Bangunan di Sungai*, Badan Standardisasi Nasional.
- Su, F., Hong, Y., Lettenmaier, DP., 2007, Evaluation of Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its Utility in Hydrologic Prediction in the La Plata Basin, *Journal of Hydrometeorology*, Vol.9, 622-640.
- Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., Hsu, K., 2018, A review of global precipitation data sets: Data sources, estimation, and intercomparisons, *Reviews of Geophysic*, 2018, No.1, Vol.56, 79-107.
- Tang, L., Tian, Y., Yan, F., Habib, E., 2015, An Improved Procedure for The Validation of Satellite-Based Precipitation Estimates, *Atmospheric Research*, Vol.163, 61-73.
- Yang, Na., Zhang, Ke., Hong, Yang., Zhao, Qiaohua., Huang, Qin., Xu, Yinshan., Xue, Xianwu., Chen, Sheng, 2017, Evaluation of the TRMM multisatellite precipitation analysis and its applicability in supporting reservoir operation and water resources management in Hanjiang basin, China, *Journal of Hydrology*, Vol.549, 313-325.