

Evaluasi Hujan Satelit GSMaP terhadap Hujan Terukur pada DAS Beringin Semarang

Arindra Sintawati¹, Joko Sujono¹, Karlina¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: arindrasintawatiwinarno@mail.ugm.ac.id

INTISARI

Daerah Aliran Sungai Beringin di Kota Semarang termasuk dalam daerah rawan banjir. Sebagai langkah awal penanganan banjir, dibutuhkan analisis Hidrologi khususnya transformasi hujan-aliarn. Analisis hidrologi tersebut membutuhkan data curah hujan terukur yang sering sulit diperoleh dalam interval waktu jam-jaman dan lengkap dalam rentang waktu yang panjang. Data hujan satelit GSMaP menjadi solusi alternatif namun mengandung bias terhadap data hujan terukur. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi akurasi data hujan satelit GSMaP terhadap hujan terukur dengan validasi statistik (CC, RMSE, MBE) serta melakukan koreksi bias menggunakan empat metode: *Linear Scaling* (LS), *Linear Regression* (LR), *Linear Regression Intercept* (LRI), dan *Modified Linear Correction* (MLC). Data hujan terukur dari stasiun Gunung Pati (GNPT), Mangkang Waduk (MKWD) dan Ahmad Yani (AMYN) tahun 2003 – 2012 digunakan untuk koreksi bias. Validasi dilakukan sebelum dan sesudah koreksi bias menggunakan data tahun 2013 – 2019. Hasil validasi hujan satelit GSMaP sebelum koreksi menunjukkan korelasi harian rendah dan korelasi bulanan yang baik. Setelah koreksi, metode LR dan LRI menurunkan nilai korelasi skala harian dan bulanan di ketiga stasiun. Metode LS meningkatkan korelasi harian dari 0,47 menjadi 0,49 dan bulanan dari 0,78 menjadi 0,80 di stasiun AMYN. Metode MLC menurunkan nilai korelasi harian ketiga stasiun namun meningkatkan korelasi bulanan di stasiun MKWD dan GNPT.

Kata kunci: Data Hujan Satelit GSMaP, Validasi, Koreksi Bias, DAS Beringin

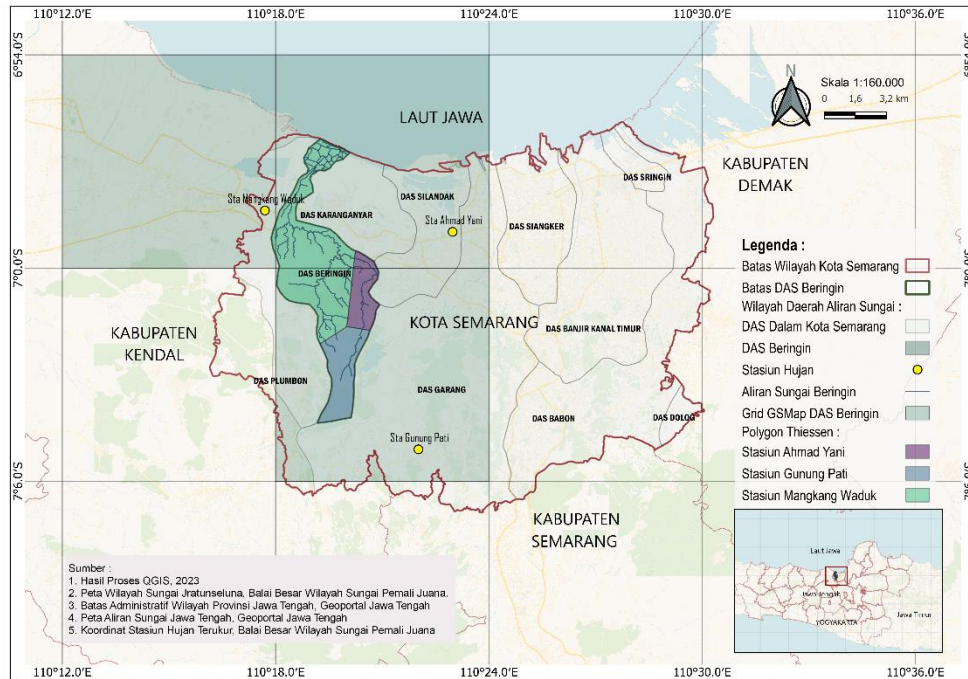
1 PENDAHULUAN

Pengukuran data curah hujan yang akurat dan lengkap sangat diperlukan untuk analisis hidrologi. Seperti misalnya kebutuhan data hujan harian lengkap dalam bentuk jam-jaman dengan periode waktu yang panjang untuk analisis prediksi debit bencana banjir. Metode yang selama ini diandalkan adalah dengan pengukuran langsung dengan alat ukur curah hujan pada stasiun hujan. Permasalahan yang kerap muncul di Indonesia adalah keterbatasan data yang akurat dan representatif terhadap keadaan daerah kajian akibat terbatasnya sebaran stasiun hujan yang tidak merata bahkan di beberapa wilayah tidak tersedia data hujan terukur. Pengukuran curah hujan secara manual rawan terjadi kesalahan saat pencatatan data, serta memiliki keterbatasan data dan periode waktu tinjau yang dapat diukur. Daerah Aliran Sungai (DAS) Beringin dengan Sungai Beringin sebagai sungai utama pada DAS ini merupakan salah satu sungai di Semarang yang menyumbang bencana banjir tiap tahunnya (Santosa et al., 2015) dan masih terus masuk dalam zona ancaman banjir Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Semarang (BPBD Kota Semarang, 2023). Analisis hidrologi sebelumnya pada DAS Beringin mengalami kendala keterbatasan akses dan kelengkapan data hujan harian. Dengan pesatnya perkembangan teknologi penginderaan jauh dan algoritma pengambilan curah hujan satelit, data hujan GSMaP hadir sebagai solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan keterbatasan data serta periode waktu tinjau yang dapat diukur karena dapat menyediakan data curah hujan secara global dan memiliki kemampuan sensor gabungan dengan ketelitian spasial $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ dan ketelitian temporal jam-jaman. Namun, presipitasi murni berbasis satelit yang diperoleh dari simulasi atau kecerdasan buatan masih terdapat kesalahan sistematis atau acak karena ketidakpastian pengambilan sampel, algoritma pengambilan presipitasi, atau kondisi lingkungan permukaan (Ma et al., 2016; Xie et al., 2022). Oleh karena itu, mengevaluasi produk curah hujan berbasis satelit merupakan langkah yang sangat diperlukan sebelum penerapannya. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi berupa validasi dengan beberapa parameter statistik serta koreksi bias dengan menggunakan metode *Linear Scaling* (LS), *Regresi Linear* (LR), *Regresi Linear Intercept* (LRI), dan *Modified Linear Correction* (MLC). Dari proses evaluasi ini diharapkan mendapat validasi keterkaitan GSMaP terhadap hujan stasiun terukur serta koreksi terbaik untuk mengoreksi data GSMaP menjadi lebih koheren dengan data stasiun hujan pada wilayah DAS Beringin agar dapat digunakan sebagai kemudahan ketersediaan data hujan untuk analisis hidrologi DAS Beringin pada masa mendatang

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi penelitian ini akan dilakukan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Beringin, Semarang, Jawa Tengah yang masuk dalam kewenangan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. Secara geografis DAS Beringin terletak di bagian barat Kota Semarang, tepatnya diantara $110^{\circ}17'30'' - 110^{\circ}21'100''$ LS dan $7^{\circ}4'00'' - 6^{\circ}50'00''$ BT dengan luas $\pm 34,2 \text{ km}^2$. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Lokasi penelitian (Olahan QGIS, 2023).

Data hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan stasiun terukur dari Stasiun Gunung Pati (GNPT), Stasiun Mangkang Waduk (MKWD) dan Stasiun Ahmad Yani (AMYN) dari tahun 2003–2019 serta data curah hujan GSMaP yang dapat diunduh melalui link <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/> dengan menggunakan titik koordinat yang sama dengan stasiun hujan terukur dan periode pengunduhan per enam bulan. Waktu yang diinput untuk pengunduhan dimulai pada 00 UTC agar sesuai dengan waktu pencatatan hujan terukur yang dimulai pukul 07.00 WIB. Seluruh data hujan telah diuji konsistensi dengan metode *Rescaled Adjusted Partial Sum* (RAPS) dan menunjukkan bahwa ketiga data hujan terukur menunjukkan data yang konsisten karena kurang dari nilai Q_{kritis} 90% dan R_{kritis} 90%. Sedangkan untuk data hujan satelit GSMaP dari titik koordinat yang sama dengan stasiun terukur menunjukkan data hujan satelit MKWD bernilai kurang dari nilai Q_{kritis} 90% dan R_{kritis} 90%, sedangkan data hujan satelit GNPT dan AMYN bernilai lebih dari nilai Q_{kritis} 90% dan R_{kritis} 90% namun tetap lebih kurang dari Q_{kritis} 99% dan R_{kritis} 99%.

2.2 Validasi Data Hujan

Pada proses validasi ini akan dilakukan perbandingan indikator statistik yang mengukur kinerja hujan satelit GSMaP terhadap hujan terukur dengan skala waktu harian dan bulanan. Indikator yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Correlation Coefficient* (CC), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Error* (ME) atau bisa juga disebut *Mean Bias Error* (MBE). Persamaan dari parameter statistik ini ditunjukkan pada Tabel 1. Proses validasi dilakukan sebelum dan sesudah koreksi bias pada skala harian dan bulanan untuk dapat mengetahui keterkaitan hujan satelit terhadap hujan terukur dan memvalidasi metode koreksi bias yang digunakan dengan melihat perubahan pada nilai parameter statistik. Untuk data setelah koreksi, pada umumnya validasi dilakukan dengan menggunakan data diluar periode data yang digunakan untuk koreksi/kalibrasi. Data hujan yang akan digunakan untuk koreksi bias adalah data tahun 2003 – 2012 dari setiap stasiun dan untuk validasi digunakan data tahun 2013 – 2019.

Tabel 1. Parameter statistik untuk validasi

Parameter statistik	Persamaan	Rentang	Nilai Optimal	Sumber
<i>Correlation coefficient</i> (R)	$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$	[-1, 1]	1	(Deng et al., 2018; Tan et al., 2018)
<i>Root Mean Squared Error</i> (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}}$	[0, ∞)	0	(Weng et al., 2023; Tan et al., 2018)
<i>Mean Bias Error</i> (MBE)	$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)}{n}$	$(-\infty, \infty)$	Nilai (-) <i>underestimates</i> / Nilai (+) <i>overestimates</i>	(Natadireja et al., 2018; Tan et al., 2018)

Keterangan : *X* adalah data hujan terukur; *Y* adalah data hujan satelit GSMaP

2.3 Koreksi Bias Data Hujan GSMaP

Koreksi bias merupakan langkah yang bertujuan untuk mengoreksi nilai hujan satelit agar sesuai dengan nilai hujan terukur karena pada umumnya, besaran hujan satelit tidak sesuai dengan data hujan pengamatan/terukur, yang dapat diakibatkan dari kesalahan-kesalahan seperti kesalahan akibat sensor ketidakpastian pengambilan sampel, algoritma pengambilan presipitasi, atau kondisi lingkungan permukaan. Koreksi bias pada penelitian ini dilakukan pada skala harian menggunakan tiga metode koreksi bias.

2.3.1 Metode *Linear Scaling*

Merupakan metode koreksi bias paling sederhana, metode ini hanya mengoreksi rata-rata *raw* curah hujan satelit terhadap rata-rata terukur (satu momen statistik). Memiliki persamaan sebagai berikut :

$$Y_{corr} = X_n \left(\frac{\mu_m Y}{\mu_m X} \right) \quad (1)$$

dengan Y_{corr} adalah hujan terkoreksi; Y adalah hujan satelit; X adalah hujan terukur ; dan n adalah jumlah data. Model perhitungan *Linear Scaling* menggunakan *Microsoft Excel* juga dikembangkan oleh Shrestha M. (2015) untuk mempermudah pengolahan data dan akan digunakan pada penelitian ini.

2.3.2 Metode Regresi

Metode regresi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah model Regresi Linear (LR) dan Regresi Linear Intercept (LRI). Pemilihan regresi linear sederhana ini terkait dengan variabel terikat yang adalah curah hujan terukur dan variabel bebasnya adalah data curah hujan satelit (Misnawati., 2018).

Regresi Linear (LR)

$$\hat{Y} = aX + B \quad (2)$$

Regresi Linear Intercept (LRI)

$$\hat{Y} = aX \quad (3)$$

dengan \hat{Y} persamaan garis lurus Y (*observation rainfall*) atas X (SPPs); a and b koefisien regresi. Pada penelitian ini, koreksi bias metode regresi akan dihitung menggunakan model Ms. Excel dengan penggunaan fungsi

$$=LINEST(known_y's,[known_x's],[const],[stats]) \quad (4)$$

dengan *known y's* untuk hujan terukur; *known x's* hujan satelit; *fill const with TRUE* untuk regresi linear dan *FALSE* untuk regresi linear intercept; *stats* optional.

2.3.3 *Modified Linear Correction*

Metode *Modified Linear Correction* (MLC) merupakan pengembangan dari metode *linear correction*. Pada metode ini faktor koreksi di setiap stasiun pengukur dihitung pada langkah waktu harian (bukan berdasarkan lamanya jangka waktu) menggunakan selisih aritmatika.

$$D_{d,k} = P_{g,d,k} - P_{s,d,k} \quad (5)$$

$D_{d,k}$ adalah faktor koreksi untuk hari d di stasiun k ; $P_{g,d,k}$ nilai hujan terukur stasiun hari d di stasiun k ; $P_{s,d,k}$ hujan satelit GSMaP hari d di stasiun k

Kemudian faktor koreksi akan dirata-rata dan didistribusikan secara spasial, sehingga hasil koreksi bias akan dihitung menggunakan persamaan berikut

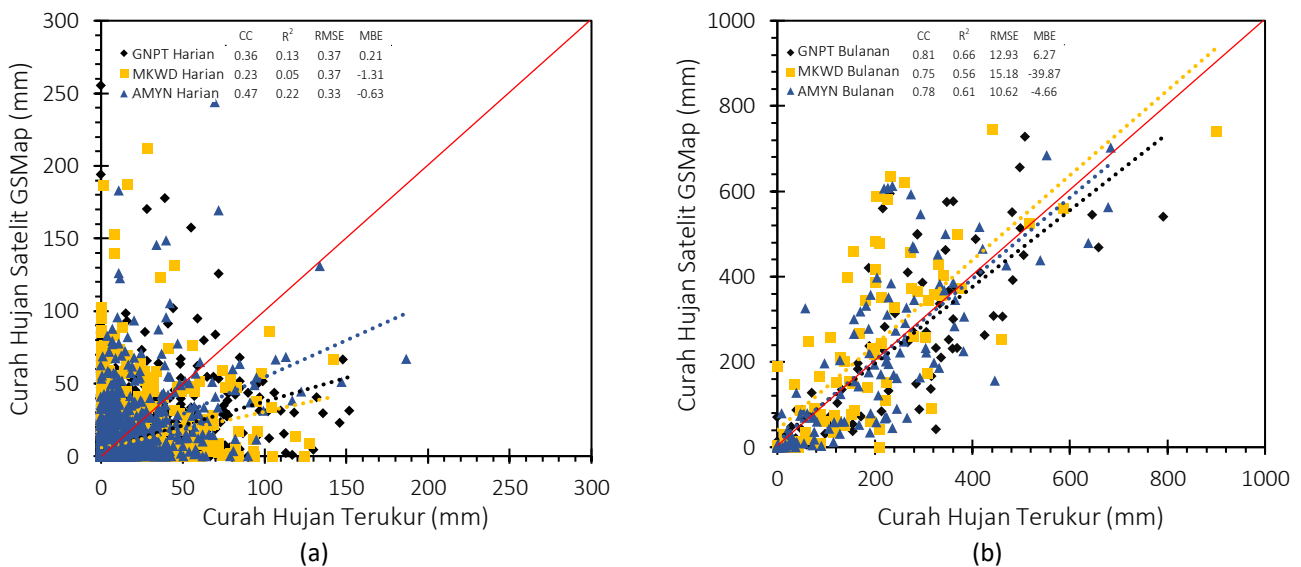
$$P_{scor,d(k)} = D_{d(k)} + P_{s,d(k)} \quad (6)$$

dengan $P_{scor,d(k)}$ hujan satelit GSMaP terkoreksi MLC; $D_{d(k)}$ mewakili faktor koreksi hari d stasiun k ; dan $P_{s,d(k)}$ hujan satelit GSMaP hari d di stasiun k

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Validasi Hujan Satelit GSMaP terhadap Hujan Terukur

Hasil validasi hujan satelit GSMaP terhadap hujan terukur pada skala harian yang ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan nilai korelasi yang berada dibawah 0,50 untuk ketiga stasiun. Untuk hasil validasi hujan akumulasi bulanan yang dapat dilihat pada , korelasi ketiga stasiun lebih baik dan semakin mendekati nilai 1 yang merupakan nilai korelasi terbaik. Untuk nilai RMSE dari validasi harian menunjukkan kesalahan rata-rata hujan satelit GSMaP yang termasuk kecil terhadap hujan harian terukur karena bernilai mendekati 0. Sedangkan nilai RMSE pada validasi bulanan menunjukkan kesalahan rata-rata relatif yang lebih besar di semua stasiun. Nilai R^2 yang didapatkan dengan mengkuadratkan nilai koefisien korelasi menunjukkan gambaran kuantitatif seberapa banyak data hujan terukur yang dapat dijelaskan oleh data hujan satelit GSMaP. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai R^2 mendekati 1, menandakan semakin baik tingkat kecocokan antara hujan satelit GSMaP dengan data hujan terukur (AgriMetSoft, 2019).



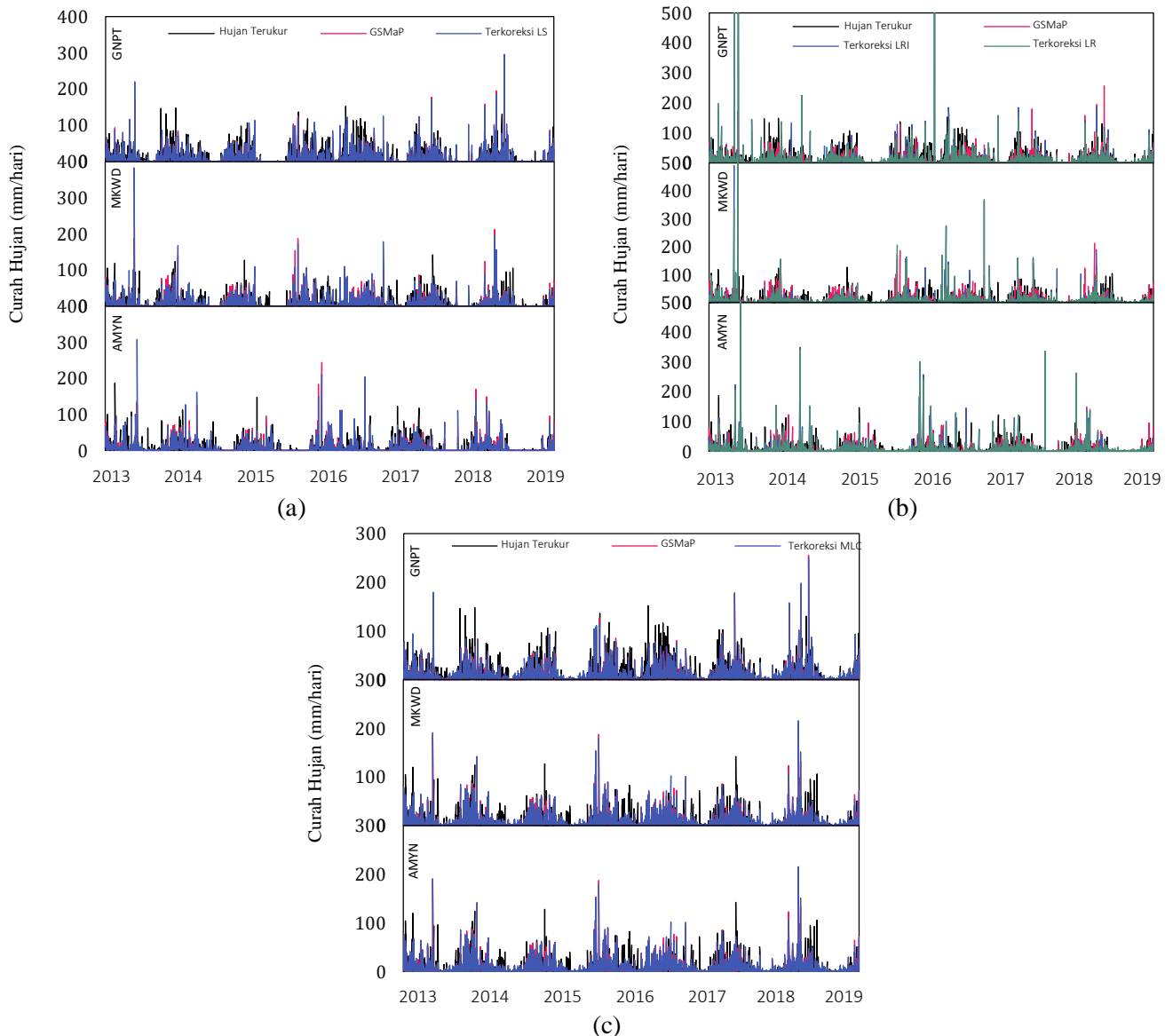
Gambar 2. Hasil validasi harian (a) dan hasil validasi bulanan (b)

Nilai MBE pada validasi harian hujan satelit GSMaP pada stasiun Gunung Pati bernilai positif yang menunjukkan hujan satelit GSMaP harian *overestimates* dibandingkan dengan hujan harian terukur. Sedangkan pada stasiun Mangkang Waduk dan Ahmad Yani, nilai MBE bernilai negatif yang menunjukkan hujan satelit GSMaP *underestimates* terhadap hujan harian terukur. Nilai MBE bulanan hujan satelit GSMaP terhadap hujan terukur menunjukkan hal yang sama dengan validasi harian dimana pada stasiun Gunung Pati bernilai positif yang menunjukkan hujan satelit GSMaP *overestimates* dibandingkan dengan hujan terukur, dan nilai MBE pada stasiun Mangkang Waduk serta Ahmad Yani bernilai negatif yang menunjukkan hujan satelit GSMaP *underestimates* terhadap hujan terukur.

3.2 Koreksi Bias

Hasil dari koreksi bias dengan metode *Linear Scaling* berupa 12 koefisien bulanan yang akan didistribusikan merata pada hujan satelit GSMaP harian sesuai dengan koefisien per bulannya. Perbandingan antara hujan terukur stasiun

dengan kondisi awal hujan satelit GSMaP sebelum dan sesudah dikoreksi dengan *Linear Scaling* dapat dilihat pada Gambar 3(a). terlihat bahwa masih adanya perbedaan curah hujan antara hujan satelit GSMaP yang sudah terkoreksi (Terkoreksi LS) dengan hujan yang diukur dari stasiun hujan.



Gambar 3. Perbandingan hujan terukur dan hujan satelit GSMaP dengan hujan satelit GSMaP terkoreksi metode *Linear Scaling* (a), metode Regresi Linear dan Regresi Linear Intercept (b), serta metode *Modified Linear Correction* (c).

Koreksi bias menggunakan metode regresi linier menghasilkan 365 koefisien a dan 365 koefisien b yang akan dimasukkan dalam persamaan regresi linier perhari untuk mendapatkan hujan satelit GSMaP terkoreksi (Terkoreksi LR). Nilai koefisien a pada stasiun Gunung Pati memiliki rentang dari -457,516 sampai 273,184, untuk koefisien b memiliki rentang dari -35,188 sampai 55,618. Pada stasiun Mangkang Waduk koefisien a memiliki rentang -230,452 sampai 104,882 dan rentang koefisien b bernilai -8,996 sampai 50,726. Untuk stasiun Ahmad Yani koefisien a bernilai dari -32,441 sampai 432,318 dan koefisien b bernilai -17,469 sampai 55,037. Pada metode regresi linear intercept digunakan persamaan dengan koefisien a per hari dan nilai b di 0 kan. Untuk stasiun Gunung Pati rentang koefisien a bernilai dari 0 sampai 279,445. Pada stasiun Mangkang Waduk dari 0 sampai 121,516, dan untuk stasiun Ahmad Yani nilai koefisien a bernilai dari 0 sampai 403,637. Pada hasil koreksi regresi baik Terkoreksi LR maupun Terkoreksi LRI memiliki kelemahan dikarenakan menghasilkan nilai curah hujan harian yang tidak logis baik nilai yang sangat besar seperti yang sudah tertera pada visualisasi hasil di setiap stasiun (Gambar 3(b)) maupun nilai minus.

Hasil dari koreksi bias metode MLC juga menghasilkan 365 faktor koreksi yang didapat dari rata-rata faktor koreksi per hari dari tahun 2013 – 2019. Koefisien harian akan ditambahkan ke nilai hujan dari data hujan satelit GSMaP untuk mendapatkan nilai hujan MLC terkoreksi. Faktor koreksi (dd) beragam di setiap hari per stasiunnya. Pada

stasiun GNPT koefisien memiliki nilai dengan rentang -16,592 sampai 37,054. Untuk stasiun MKWD nilai koefisien bernilai dari -21,567 sampai 41,511. Dan pada stasiun AMYN nilai koefisien minimum adalah -15,003 dan nilai maksimum pada 35,932. Untuk melihat seberapa besar selisih antara hujan harian stasiun terukur dan hujan satelit GSMaP terkoreksi dilakukan kembali validasi dengan parameter statistik yang sama dengan proses validasi antara hujan terukur dengan hujan satelit GSMaP sebelum koreksi.

3.3 Validasi Data Hujan Satelit GSMaP Terkoreksi

Tabel 2. Hasil validasi hujan satelit GSMaP terkoreksi.

Product		Hasil Validasi Harian				Hasil Validasi Bulanan			
		CC	R ²	RMSE	MBE	CC	R ²	RMSE	MBE
GNPT	Hujan satelit GSMaP	0.36	0.13	0.37	0.21	0.81	0.66	12.93	6.27
	Terkoreksi LS	0.35	0.12	1.59	-1.39	0.81	0.66	13.65	-32.84
	Terkoreksi LR	0.03	0.00	2.20	-3.38	0.16	0.03	65.31	-102.81
	Terkoreksi LRI	0.03	0.00	2.26	-1.63	0.14	0.02	66.90	-49.50
	Terkoreksi MLC	0.33	0.11	0.39	-1.52	0.82	0.66	13.48	-46.24
MKWD	Hujan satelit GSMaP	0.23	0.05	0.37	-1.31	0.75	0.56	15.18	-39.87
	Terkoreksi LS	0.21	0.04	0.40	-1.65	0.75	0.56	14.98	-50.07
	Terkoreksi LR	0.11	0.01	0.46	-1.85	0.58	0.34	17.57	-56.36
	Terkoreksi LRI	0.11	0.01	0.49	0.76	0.53	0.28	16.50	23.13
	Terkoreksi MLC	0.22	0.05	0.37	-2.49	0.77	0.59	15.65	-75.72
AMYN	Hujan satelit GSMaP	0.47	0.22	0.33	-0.63	0.78	0.61	10.62	-4.66
	Terkoreksi LS	0.49	0.24	0.34	-0.87	0.81	0.66	12.07	-23.21
	Terkoreksi LR	0.30	0.09	0.57	-1.64	0.59	0.35	20.45	-48.70
	Terkoreksi LRI	0.34	0.11	0.57	-0.38	0.61	0.37	19.37	-11.23
	Terkoreksi MLC	0.45	0.20	0.35	-1.80	0.78	0.61	10.47	-26.62

Berdasarkan hasil validasi hujan satelit GSMaP terkoreksi, dapat terlihat bahwa metode koreksi LS memberikan performa yang baik dalam mempertahankan nilai korelasi bulanan pada stasiun Gunung Pati dan Mangkang waduk, serta menaikkan nilai korelasi bulanan stasiun Ahmad Yani dibandingkan dengan metode LR dan LRI di ketiga stasiun. Metode koreksi MLC berhasil menaikkan nilai korelasi bulanan pada stasiun Gunung Pati dan Mangkang Waduk, serta mempertahankan nilai korelasi bulanan stasiun Ahmad Yani. Dengan nilai korelasi bulanan terkoreksi LS dan terkoreksi MLC terhadap hujan terukur pada ketiga stasiun berada di nilai $> 0,75$ dan semakin mendekati 1 maka dianggap memiliki korelasi yang kuat (Pang, 2023). Satu-satunya kenaikan nilai korelasi harian didapat dengan metode LS pada stasiun Ahmad Yani. Metode LS juga berhasil mempertahankan nilai RMSE lebih mendekati 0 dan menaikkan nilai R² dibandingkan kondisi sebelum koreksi. Untuk memperbaiki nilai korelasi dan parameter statistik harian memang lebih sulit dilakukan dikarenakan nilai curah yang sangat beragam. MLC belum mampu meningkatkan nilai korelasi harian namun masih mampu mempertahankan nilai kesalahan relatif rata-rata (RMSE) harian pada stasiun Mangkang Waduk di nilai 0,37 dan menurunkan RMSE bulanan stasiun Ahmad Yani dari 0,62 ke 0,47 dimana semakin mendekati 0, maka hasil pengukuran data hujan satelit GSMaP semakin dekat dengan nilai hujan terukur.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil validasi hujan satelit GSMaP harian sebelum terkoreksi pada stasiun GNPT bernilai 0,36, stasiun MKWD bernilai 0,23, dan stasiun AMYN bernilai 0,47. Nilai RMSE pada ketiga stasiun berada dibawah 0,50 mm. Untuk hasil MBE, hujan satelit GSMaP *overestimates* terhadap hujan terukur pada stasiun GNPT dan bernilai *underestimates* pada stasiun MKWD dan AMYN. Nilai R² pada skala bulanan lebih baik dibanding skala harian.
2. Untuk validasi skala bulan sebelum terkoreksi, ketiga stasiun memiliki korelasi baik dengan nilai CC diatas 0.75. Nilai RMSE stasiun GNPT 12,93 mm, MKWD 15,18 mm dan AMYN 10,62. MBE pada skala bulanan menunjukkan kesimpulan yang sama dengan MBE harian.
3. Setelah dilakukan proses koreksi bias, didapatkan hasil bahwa hujan satelit GSMaP terkoreksi metode Regresi Linear dan Regresi Linear Intercept menurunkan nilai korelasi di ketiga stasiun baik dalam skala harian maupun skala bulanan. Metode *Linear Scaling* menurunkan nilai korelasi pada skala harian namun bisa mempertahankan nilai korelasi bulanan pada stasiun GNPT dan MKWD. Metode koreksi dengan *Modified Linear Correction* cocok digunakan pada stasiun GNPT dan MKWD karena dapat menaikkan nilai korelasi dan

R^2 pada skala bulanan. Pada stasiun AMYN, metode koreksi yang paling cocok untuk semakin mendekati data hujan terukur adalah dengan menggunakan metode *Linear Scaling* dengan hasil nilai koreksi harian naik menjadi 0,49 dan nilai RMSE tetap kecil. Hasil koreksi bulanan pada stasiun AMYN dengan metode *Linear Scaling* juga menaikkan korelasi ke nilai 0,81.

REFERENSI

- AgriMetSoft (2019). Online Calculators. Available on: <https://agrimetsoft.com/calculators/R-squared%20correlation>
- Deng Pengxin., dkk. (2018) "Error Analysis and Correction of the Daily Gsmap Products Over Hanjiang River Basin of 263 China". *Atmospheric Research*, Volume 214, Pages 121-134, ISSN 0169-8095, 264 <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.07.022>.
- Harto, S. (1993). *Analisis hidrologi*. [online] Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Available at: <<https://books.google.co.id/books?id=LuZRcgAACAAJ>>.
- Khairul IM, Mastrantonas N, Rasmy M, Koike T, Takeuchi K. (2018). Inter-Comparison of Gauge-Corrected Global Satellite Rainfall Estimates and Their Applicability for Effective Water Resource Management in a Transboundary River Basin: The Case of the Meghna River Basin. *Remote Sensing*.; 10(6):828. <https://doi.org/10.3390/rs10060828>
- Ma Y, Tang G, Long D, Yong B, Zhong L, Wan W, Hong Y. (2016). Similarity and Error Intercomparison of the GPM and Its Predecessor-TRMM Multisatellite Precipitation Analysis Using the Best Available Hourly Gauge Network over the Tibetan Plateau. *Remote Sensing*. 8(7):569. <https://doi.org/10.3390/rs8070569>
- 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
- Natadireja, S., Sukarasa, I Ketut., Sutapa, G N. (2018). Validasi Curah Hujan Harian Berdasarkan Data Global Satellite Mapping 289 of Precipitation (GSMAP) di Wilayah Bali dan Nusa Tenggara. *Buletin Fisika* Vol.19. pg 12-15
- Pang, H., Wang, X., Hou, R., You, W., Bian, Z., & Sang, G. (2023). Multiwater Index Synergistic Monitoring of Typical Wetland Water Bodies in the Arid Regions of West-Central Ningxia over 30 Years. *Water*, 15(1), 20. <https://doi.org/10.3390/w15010020>
- Peiyao Weng, Yu Tian, Yunzhong Jiang, Dingxin Chen, Jing Kang. (2023) Assessment of GPM IMERG and GSMaP daily precipitation products and their utility in droughts and floods monitoring across Xijiang River Basin, *Atmospheric Research*, Volume 286, 106673, ISSN 0169-8095, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106673>.
- Santosa, W. W., Suprayogi, A., dan Sudarsono, B. (2015). Kajian Pemetaan Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : DAS Beringin, Kota Semarang). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 4(2), 185-190.
- Xie, W., Yi, S., Leng, C. *et al.* (2022) The evaluation of IMERG and ERA5-Land daily precipitation over China with considering the influence of gauge data bias. *Sci Rep* 12, 8085. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12307-0>
- Xianhui Tan, Bin Yong, Liliang Ren. (2018). Error features of the hourly GSMaP multi-satellite precipitation estimates over nine major basins of China. *Hydrology Research* 1 June; 49 (3): 761–779. doi: <https://doi.org/10.2166/nh.2017.263>