

Validitas data curah hujan produk satelit IMERG terhadap data curah hujan terukur di wilayah Bima dan Dompu

Rostihanji*, Humairo Saidah

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

*Corresponding authors: rostihanji651@gmail.com

Submitted: 8 February 2023, Revised: 27 May 2023, Accepted: 26 September 2023

ABSTRACT: Complete rainfall data for an extended period is needed to facilitate hydrological analysis. However, there are many obstacles to obtaining the measurement rainfall data as a limitation of rain gauges, especially in remote areas. This study aims to determine the accuracy of rainfall data estimated by the IMERG (Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM) satellite and obtain a correction factor to improve its compatibility with measured rainfall data. The IMERG satellite rain data was corrected using the regression method and the average ratio. The accuracy of the IMERG satellite rain data against the measured rain data is measured from the NSE, R, RMSE, and RB values. The analysis results show that the accuracy of the GPM satellite daily rain data is very low but improving for the ten-daily and monthly periods. Generally, the best correction factors for daily, ten-daily, and monthly periods are obtained using simple linear regression methods and 2nd-order polynomials. The corrected IMERG satellite rain data increase in accuracy, where the monthly rainfall data performs well, the ten-daily data generally complies, and the daily data has not shown good performance. The average values of NSE, R, RMSE, and RB for daily data are 0.14 (poor), 0.37 (weak), 9.18 mm, and -0.12%, respectively; for ten-daily data respectively, 0.40 (fair), 0.63 (strong), 39.42 mm, and 1.47%; and for monthly data are 0.55 (fair), 0.74 (strong), 80.19 mm, and -0.07%. The ten-daily and monthly rainfall data from the IMERG satellite can be used as a rain source data alternative in the Bima and Dompu areas by applying a correction factor.

KEYWORDS: accuracy; correction factor; IMERG satellite; rainfall data.

ABSTRAK: Ketersediaan data curah hujan yang lengkap dengan periode yang panjang sangat dibutuhkan dan dapat memudahkan dalam melakukan analisis hidrologi. Namun, hal tersebut cukup sulit didapatkan mengingat tidak semua wilayah memiliki alat penakar hujan terutama di daerah-daerah terpencil. Studi ini bertujuan untuk mengetahui akurasi data hujan hasil estimasi satelit IMERG (*Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM*) dan mendapatkan faktor koreksi untuk meningkatkan kesesuaiannya terhadap data hujan pengukuran. Koreksi data hujan satelit IMERG dilakukan dengan metode regresi dan rasio rata-rata. Keakuratan data hujan satelit IMERG terhadap data hujan terukur diukur dari nilai NSE, R, RMSE, dan RB. Hasil analisis menunjukkan bahwa akurasi data hujan harian satelit GPM sangat rendah, namun semakin membaik untuk periode dasarian dan bulanan. Secara umum, faktor koreksi terbaik untuk periode harian, dasarian, dan bulanan diperoleh menggunakan metode regresi linier sederhana dan polinomial orde 2. Data hujan satelit IMERG setelah dikoreksi menunjukkan adanya peningkatan akurasi, dimana data hujan bulanan berkinerja baik, data dasarian umumnya memenuhi, dan data harian belum menunjukkan kinerja yang baik dengan nilai rata-rata NSE, R, RMSE, dan RB untuk hujan harian berturut-turut sebesar 0.14 (tidak memenuhi), 0.37 (lemah), 9.18 mm, dan -0.12%; untuk hujan dasarian berturut-turut sebesar 0.40 (memenuhi), 0.63 (kuat), 39.42 mm, dan 1.47%; serta untuk hujan bulanan berturut-turut sebesar 0.55 (memenuhi), 0.74 (kuat), 80.19 mm, dan -0.07%. Sehingga, data hujan dasarian dan bulanan satelit IMERG dapat digunakan sebagai sumber data hujan alternatif untuk wilayah Bima dan Dompu dengan pemakaian faktor koreksi.

KATA KUNCI: akurasi; faktor koreksi; satelit IMERG; data curah hujan.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1 PENDAHULUAN

Salah satu unsur iklim yang sangat penting bagi kehidupan di bumi adalah curah hujan. Hujan memainkan peran penting dalam siklus hidrologi karena dapat mempengaruhi kesetimbangan sumber daya air di permukaan bumi. Dengan adanya sumber daya air di permukaan bumi yang disebabkan oleh curah hujan, manusia dapat memanfaatkannya untuk memenuhi kebutuhan hidup dan meningkatkan kesejahteraan (Syaifullah, 2014). Hujan sendiri

berasal dari uap air yang naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi proses kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang pada akhirnya jatuh sebagai hujan (Triatmodjo, 2009). Proses terbentuknya hujan dipengaruhi oleh udara lembab dan tersedianya sarana, keadaan yang dapat mengangkat udara tersebut hingga terjadi kondensasi (Harto, 2021).

Curah hujan merupakan data yang sangat penting untuk keperluan desain dan analisis. Contoh

penggunaan data curah hujan dalam bidang desain adalah digunakan untuk mendesain bangunan air dan drainase. Sedangkan dalam analisis, data curah hujan dapat digunakan untuk menganalisis kelayakan konstruksi bangunan air (Firdausa, 2020), maupun sebagai data pokok yang menjadi awal masukan dalam analisis hidrologi (Pratiwi et al., 2017).

Data hujan biasanya diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan melalui stasiun-stasiun hujan yang dikelola oleh instansi tertentu (Pratiwi et al., 2017). Pencatatan data hujan di suatu daerah umumnya menggunakan alat penakar hujan yang diletakkan mengikuti pola sebaran tertentu (Saidah et al., 2021). Jumlah curah hujan dicatat dalam satuan inci atau milimeter, dimana jumlah curah hujan 1 mm artinya ketinggian air hujan yang menutupi permukaan per satuan luas adalah sebesar 1 mm, selama air tersebut tidak meresap, tidak menguap, dan tidak mengalir (Syaifullah, 2014).

Beberapa analisis hidrologi membutuhkan data hujan harian yang panjang dengan periode yang lengkap, seperti untuk keperluan analisis debit banjir dan lain sebagainya (Pratiwi et al., 2017). Namun, untuk memperoleh data pengamatan curah hujan yang dapat mewakili di suatu tempat dilihat dari kualitas maupun panjang data pada kenyataannya sangatlah sulit, karena tidak semua tempat terdapat stasiun pengamatan curah hujan secara manual maupun otomatis, terutama di daerah terpencil. Sehingga hal tersebut dapat menyulitkan dalam melaksanakan analisis di suatu tempat yang memanfaatkan data curah hujan (Syaifullah, 2014). Permasalahan yang terjadi khususnya di wilayah Bima dan Dompu ialah minimnya ketersediaan pos penakar hujan serta terjadinya kekosongan data hujan pada tahun tertentu.

Seiring berkembangnya teknologi, penginderaan jarak jauh saat ini memungkinkan untuk melakukan pemantauan curah hujan pada wilayah-wilayah yang sulit dijangkau (Farhan et al., 2021). Namun, karena data hujan satelit diukur secara tidak langsung terhadap hujan yang ada di atmosfer, sehingga perlu disesuaikan terlebih dahulu agar dapat dianggap mewakili hujan yang sebenarnya terjadi di lokasi studi (Mulyandari & Susila, 2020). Salah satu produk satelit yang bisa dimanfaatkan data hujannya adalah *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM* (IMERG) yang diprakarsai oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) yang merupakan penerus dari produk satelit TMPA (*The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis*) (Liu et al., 2020).

IMERG merupakan kombinasi dan kolaborasi antara *Core Observatory GPM (Global Precipitation Measurement)* dengan beberapa sensor dari satelit lainnya, seperti *Passive Microwave* (PMW) dan *Infrared* (IR) yang menghasilkan data grid setengah jam-an (Ningsih, 2021). IMERG menawarkan

perkiraan curah hujan global dengan resolusi spasial temporal $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ setiap 30 menit, dengan ketersediaan produk dalam tiga versi yaitu *IMERG-Early Run*, *IMERG-Late Run*, dan *IMERG-Final Run* (Samosir et al., 2020). Meskipun pengukuran curah hujan satelit keunggulan dari segi cakupan wilayah, namun juga pengukuran satelit memiliki batasan-batasan terkait dengan sifat pengukuran yang tidak langsung. Oleh sebab itu, pengujian akurasi terhadap data curah hujan satelit di suatu wilayah sangat diperlukan (Ningsih, 2021).

Studi/penelitian terkait akurasi data curah hujan satelit GPM telah banyak dilakukan, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Seperti yang pernah dilakukan oleh Sahlu et al. (2016) di Ethiopia, Sharifi et al. (2016) di Iran, Tan & Duan (2017) di Singapura, Ning et al. (2016) di China, dan Aryastana et al. (2022) di Philipina. Di Indonesia sendiri, studi terkait akurasi data hujan satelit GPM tersebar di beberapa titik wilayah, seperti yang pernah dilakukan oleh Azka et al. (2018) di Surabaya, Arrokhman et al. (2021) dan Partarini et al. (2021) di Malang, Bees et al. (2021) di NTT, Faisal et al. (2019) di Papua Barat, dan Samosir et al. (2020) dan Liu et al. (2020) di Bali. Studi ini bertujuan untuk mengetahui akurasi data curah hujan satelit IMERG sebelum dan sesudah dikoreksi serta untuk memperoleh faktor koreksi data curah hujan harian, dasarian, dan bulanan di wilayah Bima dan Dompu yang diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif penyedia data hujan untuk keperluan berbagai analisis hidrologi di wilayah tersebut.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi Studi

Studi ini dilaksanakan di wilayah Bima dan Dompu (Kota Bima, Kabupaten Bima, dan Kabupaten Dompu), Pulau Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat yang terletak pada 8.10° - 9.08° LS dan 117.70° - 119.37° BT. Terdapat 7 (tujuh) pos penakar hujan yang dikelola oleh Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I (BWS NT I) yang akan dianalisis dalam studi ini, yaitu pos hujan Kumbe, Tawali, Kadindi, Godo, Dompu, Paradowane, dan Sumi.

Titik lokasi pengambilan data hujan satelit IMERG disajikan pada Gambar 1. Adapun untuk titik koordinat pengambilan data curah hujan terukur dan satelit disajikan pada Tabel 1.

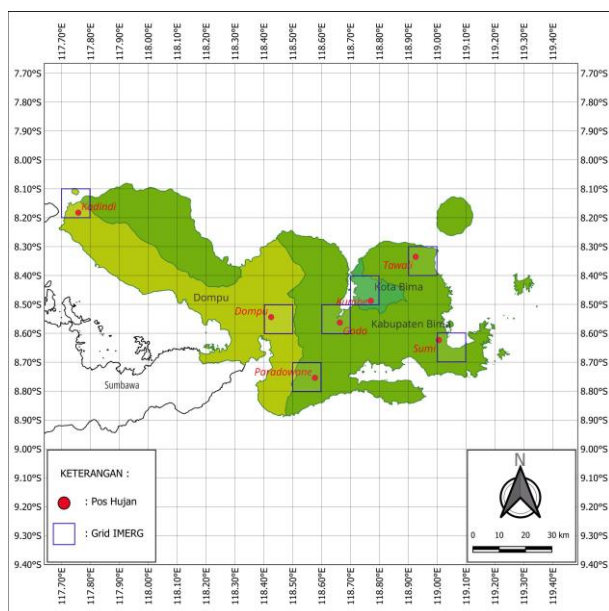
2.2 Persiapan

Studi ini dimulai dari tahap persiapan, yaitu pengumpulan literatur dan referensi sebagai pendukung dalam pelaksanaan studi.

2.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam studi ini adalah data sekunder yang diperoleh dari beberapa instansi, di antaranya adalah peta dan titik koordinat pos hujan di wilayah Bima dan Dompu yang diperoleh dari BWS

NT I, peta wilayah Bima dan Dompu yang diperoleh dari Website Indonesia Geospatial Portal yang dapat diakses melalui situs <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>, data curah hujan terukur di wilayah Bima dan Dompu yang diperoleh dari BWS NT I, dan data curah hujan satelit GPM produk *Daily accumulated precipitation (Combined microwave-IR) estimate - Final Run (GPM 3IMERGDF v06)* dengan ketersediaan data dari tanggal 1 Juni 2000 s.d 30 September 2021 yang diperoleh melalui situs <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data hujan terukur dan satelit IMERG wilayah Bima dan Dompu

Tabel 1. Koordinat titik pengambilan data curah hujan terukur dan satelit IMERG wilayah Bima dan Dompu

| Pos Hujan | Koordinat Pos Hujan | | Koordinat Satelit IMERG | |
|------------|---------------------|---------|-------------------------|-----------------|
| | LS | BT | LS | BT |
| Kumbe | 8.4° | 118.77° | 8.40°-8.50° | 118.70°-118.80° |
| Tawali | 8.34 | 118.93° | 8.30°-8.40° | 118.90°-119.00° |
| Kadindi | 8.18 | 117.76° | 8.10°-8.20° | 117.70°-117.80° |
| Godo | 8.56 | 118.66° | 8.50°-8.60° | 118.60°-118.70° |
| Dompu | 8.54 | 118.43° | 8.50°-8.60° | 118.40°-118.50° |
| Paradowane | 8.75 | 118.58° | 8.70°-8.80° | 118.50°-118.60° |
| Sumi | 8.62 | 119.01° | 8.60°-8.70° | 119.00°-119.10° |

Panjang data curah hujan yang akan dianalisis dalam studi ini berdasarkan ketersediaan data dari instansi terkait adalah sebagai berikut:

1. 10 tahun (2011-2020) untuk pos hujan Kumbe

2. 11 tahun (2010-2020) untuk pos hujan Tawali
3. 19 tahun (2001-2018 & 2020) untuk pos hujan Kadindi
4. 17 tahun (2001-2009, 2011-2014, 2016-2018, & 2020) untuk pos hujan Godo
5. 18 tahun (2001-2009, 2011-2018, & 2020) untuk pos hujan Dompu
6. 20 tahun (2001-2020) untuk pos hujan Paradowane dan Sumi.
7. 20 tahun (2001-2020) untuk semua grid data curah hujan satelit IMERG.

2.4 Uji Kualitas Data Curah Hujan

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kualitas data curah hujan terukur dan data curah hujan satelit IMERG. Karena pada proses pengambilan data di lapangan maupun satelit tentunya mengalami gangguan dari faktor lingkungan ataupun yang lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas data. Adapun pengujian yang dilakukan dalam tahap ini meliputi uji konsistensi dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) dengan tingkat kepercayaan 95%, uji normalitas data dengan metode *Kolmogorov-Smirnov* dengan $\alpha = 0.05$, dan uji stationer dengan uji kestabilan varian (Uji-F) dan uji kestabilan rata-rata (Uji-t) dengan $\alpha = 0.05$.

2.5 Evaluasi Data Curah Hujan

Evaluasi ini dimaksudkan untuk melihat sejauh mana akurasi dari keseluruhan data curah satelit IMERG sebelum dikoreksi. Pada tahap ini, metode evaluasi yang digunakan masih terbatas pada statistik kontinu saja, yaitu Koefisien Korelasi (R), *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), dan *Relative Bias* (RB).

2.6 Kalibrasi Data Curah Hujan

Kalibrasi model merupakan suatu proses penyesuaian nilai parameter model secara sistematis untuk mendapatkan seperangkat parameter yang memberikan perkiraan terbaik dari data hujan maupun limpasan permukaan sungai yang diamati (Vaze et al., 2012). Pada studi ini kalibrasi dilakukan untuk memperoleh nilai faktor koreksi yang kemudian akan digunakan untuk mengoreksi data hujan satelit IMERG agar semakin mendekati nilai data hujan terukur.

Terdapat tiga simulasi kalibrasi pada masing-masing pos hujan yang akan digunakan dalam studi ini yang bertujuan untuk memperoleh hasil terbaik dari ketiga simulasi yang dilakukan dan merujuk kepada penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh Arrokhman et al. (2021) dan Jarwanti et al. (2021). Untuk data hujan 20 tahun (2001-2020) simulasi pertama menggunakan data hujan 17 tahun (2001-2017), simulasi kedua 18 tahun (2001-2018), dan simulasi ketiga 19 tahun (2001-2019). Begitu juga dengan data hujan pada pos lainnya yang panjangnya

berbeda juga terdapat tiga simulasi kalibrasi sesuai dengan panjang data masing-masing pos hujan.

Pada tahap ini kalibrasi dilakukan menggunakan metode regresi dan metode rasio rata-rata. Analisis regresi adalah suatu analisis yang membahas hubungan antara dua variabel atau lebih. Beberapa persamaan regresi yang akan digunakan dalam studi ini diantaranya adalah sebagai berikut (Arrokhman et al., 2021; Partarini et al., 2021):

1. Regresi linier sederhana

$$Y = b_1 + a_1X \dots\dots\dots (1)$$
2. Regresi eksponensial

$$Y = b_1e^{a_1X} \dots\dots\dots (2)$$
3. Regresi polinomial

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3 + \dots + b_mX^m \dots\dots\dots (3)$$
4. Regresi power/berpangkat

$$Y = b_1X^{a_1} \dots\dots\dots (4)$$

dengan, Y = regresi Y terhadap X , X = variabel bebas, a_1, b_1 = parameter, dan e = bilangan pokok logaritma asli (logaritma napir = 2,7183).

Sedangkan metode rasio rata-rata mengoreksi dengan cara mengalikan data hujan satelit dengan rasio perbandingan rerata hujan pengamatan dan satelit. Rasio yang dihasilkan kemudian dijadikan sebagai faktor koreksi untuk data hujan satelit. Adapun persamaan yang digunakan ialah sebagai berikut (Partarini et al., 2021):

$$\hat{Y} = X_n \frac{\mu_m Y}{\mu_m X} \dots\dots\dots (5)$$

dengan, \hat{Y} = data satelit terkoreksi, X = data satelit asli/belum dikoreksi, n = urutan data yang akan dikoreksi, $\mu_m Y$ = data hujan pengamatan rerata, dan $\mu_m X$ = data hujan satelit rerata.

2.7 Pemilihan Faktor Koreksi

Faktor koreksi yang diperoleh pada tahap kalibrasi digunakan untuk mengoreksi data hujan satelit IMERG pada tahun data yang sama dengan tahun data yang digunakan untuk memperoleh faktor koreksi. Setelah itu, akan dihitung akurasi data hujan satelit IMERG terkoreksi menggunakan Koefesien Korelasi (R), *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), dan *Relative Bias* (RB). Berdasarkan empat nilai tersebut, diperoleh faktor koreksi terbaik dari hasil tiga simulasi kalibrasi pada masing-masing pos hujan yang dianggap paling mampu meningkatkan akurasi data hujan satelit IMERG untuk periode harian, dasarian, dan bulanan.

Berikutnya, faktor koreksi terbaik tersebut akan diuji hipotesis menggunakan Uji-t untuk mengetahui apakah faktor koreksi tersebut benar-benar dapat memodelkan data hujan satelit IMERG dengan baik atau tidak. Barulah kemudian faktor koreksi yang sudah lolos uji hipotesis akan digunakan pada tahap validasi.

2.8 Validasi Data Curah Hujan Satelit IMERG

Validasi adalah proses evaluasi terhadap suatu model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh model tersebut dalam memprediksi proses hidrologi. Validasi pada umumnya menggunakan data di luar periode data yang digunakan pada saat kalibrasi (Partarini et al., 2021).

Validasi dalam studi ini dilakukan untuk memastikan tingkat akurasi data hujan satelit IMERG setelah dikoreksi, khususnya ketika digunakan pada data hujan satelit di luar yang digunakan untuk memperoleh faktor koreksi. Pada tahap ini tidak dilakukan tiga simulasi pada masing-masing pos hujan seperti pada tahap kalibrasi, akan tetapi validasi hanya dilakukan berdasarkan hasil simulasi terbaik pada tahap kalibrasi.

Metode yang akan digunakan pada tahap validasi ini juga masih terbatas pada statistik kontinu, yaitu Koefesien Korelasi (R), *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), dan *Relative Bias* (RB).

2.8.1 Koefisien korelasi (R)

Analisis korelasi bertujuan untuk mengukur “seberapa kuat” atau “derajat kedekatan” yang terjadi antar variabel dari suatu relasi (Suryaningtyas, 2019). Nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 sampai dengan +1. Korelasi yang erat/kuat memiliki koefisien mendekati angka -1 atau +1, sedangkan korelasi yang lemah memiliki koefisien mendekati angka 0 (Tabel 2). Apabila koefisien korelasi positif, maka kedua variabel memiliki hubungan searah. Sebaliknya, apabila koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik (Krisnayanti et al., 2020). Berikut persamaan yang digunakan (Jarwanti et al., 2021):

$$R = \frac{N \sum_{i=1}^N P_i Q_i - \sum_{i=1}^N P_i \times \sum_{i=1}^N Q_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N P_i^2 - (\sum_{i=1}^N P_i)^2} \sqrt{N \sum_{i=1}^N Q_i^2 - (\sum_{i=1}^N Q_i)^2}} \dots (6)$$

dengan P_i adalah data observasi (data penakar hujan), Q_i adalah data perkiraan (data satelit hasil estimasi), dan N adalah jumlah data.

Tabel 2. Kriteria nilai koefisien korelasi

| Nilai R | Tingkat Korelasi |
|------------|------------------|
| 0.00-0.199 | Sangat Lemah |
| 0.20-0.399 | Lemah |
| 0.40-0.599 | Sedang |
| 0.60-0.799 | Kuat |
| 0.80-1.000 | Sangat Kuat |

Sumber: Azka et al., 2018; Jarwanti et al., 2021

2.8.2 Root mean square error (RMSE)

Akar kesalahan kuadrat rata-rata (*Root Mean Square Error*) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai

yang bersesuaian. Semakin dekat nilai RMSE dengan nol, maka hasil simulasi semakin baik dan akurat (Suryaningtyas, 2019). Berikut persamaan yang digunakan (Arrokhman et al., 2021; Jarwanti et al., 2021):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)^2}{N}} \dots\dots\dots (7)$$

2.8.3 Nash-sutcliffe efficiency (NSE)

Metode *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) menunjukkan seberapa besar ketelitian yang dihasilkan dari hubungan korelasi antara data observasi/pengamatan dan data perkiraan (Jarwanti et al., 2021). Nilai NSE yang mendekati 1 (satu) mengindikasikan bahwa hasil simulasi yang semakin baik terhadap nilai pengamatan (Tabel 3) (Suryaningtyas, 2019). Berikut persamaan yang digunakan (Arrokhman et al., 2021; Jarwanti et al., 2021):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P}_i)^2} \dots\dots\dots (8)$$

dengan \bar{P}_i adalah data observasi rata-rata

Tabel 3. Kriteria nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

| NSE | Interpretasi |
|-------------------|----------------|
| NSE > 0.75 | Baik |
| 0.36 < NSE < 0.75 | Memenuhi |
| NSE < 0.36 | Tidak Memenuhi |

Sumber: Arrokhman et al., 2021; Jarwanti et al., 2021

2.8.4 Relative bias (RB)

Relative bias digunakan untuk menghitung prosentase *error* atau penyimpangan hasil estimasi terhadap hasil pengamatan (Andani & Endarwin, 2016). Nilai *relative bias* terbaik adalah nilai yang paling mendekati angka nol. Berikut persamaan yang digunakan (Andani & Endarwin, 2016; Sanjaya et al., 2022; Sharifi et al., 2016; Tan & Duan, 2017):

$$RB = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - P_i)}{\sum_{i=1}^N P_i} \times 100 \dots\dots\dots (9)$$

2.8.5 Pembatasan cakupan wilayah

Pembatasan cakupan wilayah ini dilakukan untuk membatasi luas pengaruh dari masing-masing pos hujan yang akan digunakan untuk membatasi area penggunaan faktor koreksi yang diperoleh. Dalam studi ini, metode yang digunakan adalah metode Poligon Thiessen. Metode ini dapat memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang dianggap mewakili luasan di sekitarnya. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata (Triatmodjo, 2009). Sehingga pembuatan Poligon Thiessen nantinya bukan untuk merepresentasikan nilai curah hujan, akan tetapi hanya untuk membatasi wilayah penggunaan faktor koreksi terbaik yang dihasilkan dalam studi ini.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Kualitas Data Curah Hujan

Tabel 4 dan Tabel 5 merupakan hasil uji kualitas data curah hujan (uji konsistensi dengan metode RAPS, uji normalitas dengan metode Kolmogorov-Smirnov, dan uji stasioner dengan Uji-t dan Uji-F):

Tabel 4. Hasil akhir uji kualitas data curah hujan terukur

| Pos Hujan | Uji Konsistensi | | Uji Normalitas | | Uji Stasioner | |
|------------|---|------------|---|-------------------|---|------------|
| | Panjang Data (Thn) | Kesimpulan | Panjang Data (Thn) | Kesimpulan | Panjang Data (Thn) | Kesimpulan |
| Kumbe | 10 thn (2011-2020) | Konsisten | 10 thn (2011-2020) | Distribusi Normal | 10 thn (2011-2020) | Stasioner |
| Tawali | 11 thn (2010-2020) | Konsisten | 11 thn (2010-2020) | Distribusi Normal | 11 thn (2010-2020) | Stasioner |
| Kadindi | 14 thn (2006-2018 & 2020) | Konsisten | 14 thn (2006-2018 & 2020) | Distribusi Normal | 19 thn (2001-2018 & 2020) | Stasioner |
| | 15 thn (2001-2007, 2009, 2012-2014, 2016-2018 & 2020) | | 17 thn (2001-2009, 2011-2014, 2016-2018 & 2020) | | 17 thn (2001-2009, 2011-2014, 2016-2018 & 2020) | |
| Dompu | 18 thn (2001-2009, 2011-2018 & 2020) | Konsisten | 18 thn (2001-2009, 2011-2018 & 2020) | Distribusi Normal | 18 thn (2001-2009, 2011-2018 & 2020) | Stasioner |
| Sumi | 18 thn (2003-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |
| Paradowane | 20 thn (2001-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |

Tabel 5. Hasil akhir uji kualitas data curah hujan satelit IMERG

| Pos Hujan | Uji Konsistensi | | Uji Normalitas | | Uji Stasioner | |
|------------|--------------------|------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------|
| | Panjang Data (Thn) | Kesimpulan | Panjang Data (Thn) | Kesimpulan | Panjang Data (Thn) | Kesimpulan |
| Kumbe | 14 thn (2007-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |
| Tawali | 15 thn (2006-2020) | Konsisten | 17 thn (2004-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |
| Kadindi | 20 thn (2001-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |
| Godo | 20 thn (2001-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |
| Dompnu | 20 thn (2001-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |
| Sumi | 19 thn (2002-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |
| Paradowane | 20 thn (2001-2020) | Konsisten | 20 thn (2001-2020) | Distribusi Normal | 20 thn (2001-2020) | Stasioner |

Data hujan yang diuji kualitasnya adalah data awal yang dikumpulkan berdasarkan ketersediaan data pada masing-masing pos hujan. Setelah dilakukan pengujian, ternyata diperoleh hasil yang tidak konsisten, tidak berdistribusi normal, dan tidak stasioner pada beberapa pos hujan, sehingga dilakukan pengecekan ulang dengan menghilangkan beberapa data pada tahun-tahun yang dirasa merupakan penyebab data tersebut bermasalah.

Tabel 4 dan Tabel 5 di atas menampilkan hasil akhir uji kualitas data curah hujan terukur dan satelit IMERG setelah melalui tahapan pengujian tersebut yang pada akhirnya diperoleh hasil yang konsisten, berdistribusi normal, dan stasioner.

Tabel 6 adalah data hujan terpilih untuk digunakan dalam analisis berikutnya berdasarkan hasil uji kualitas data pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 6. Data hujan terpilih untuk digunakan dalam analisis selanjutnya

| Pos Hujan | Panjang Data |
|------------|---|
| Kumbe | 10 Thn 2011-2020 |
| Tawali | 11 Thn 2010-2020 |
| Kadindi | 14 Thn 2006-2018 & 2020 |
| Godo | 15 Thn 2001-2007, 2009, 2012-2014, 2016-2018 & 2020 |
| Dompnu | 18 Thn 2001-2009, 2011-2018 & 2020 |
| Sumi | 18 Thn 2003-2020 |
| Paradowane | 20 Thn 2001-2020 |

3.2 Evaluasi Data Curah Hujan Satelit IMERG

Hasil perhitungan evaluasi untuk melihat akurasi keseluruhan data curah hujan satelit IMERG berdasarkan nilai R, RMSE, NSE, dan RB disajikan pada Tabel 7, 8, dan 9 untuk periode harian, dasarian, dan bulanan.

Tabel 7. Rekapitulasi hasil evaluasi data curah hujan harian satelit IMERG

| Pos Hujan | Panjang Data | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
|------------|--------------|-------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 10 thn | 0.31 | Lemah | 12.02 | -0.67 | Tidak Memenuhi | 49.46 |
| Tawali | 11 thn | 0.43 | Sedang | 11.86 | -0.33 | Tidak Memenuhi | 54.67 |
| Kadindi | 14 thn | 0.42 | Sedang | 12.96 | -0.12 | Tidak Memenuhi | 12.61 |
| Godo | 15 thn | 0.26 | Lemah | 11.74 | -2.56 | Tidak Memenuhi | 135.21 |
| Dompnu | 18 thn | 0.22 | Lemah | 14.02 | -0.70 | Tidak Memenuhi | 27.68 |
| Sumi | 18 thn | 0.32 | Lemah | 11.87 | -0.46 | Tidak Memenuhi | 40.88 |
| Paradowane | 20 thn | 0.36 | Lemah | 12.46 | -0.36 | Tidak Memenuhi | 16.52 |
| Rata-Rata | | 0.33 | Lemah | 12.42 | -0.74 | Tidak Memenuhi | 48.15 |

Tabel 8. Rekapitulasi hasil evaluasi data curah hujan dasarian satelit IMERG

| Pos Hujan | Panjang Data | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
|------------|--------------|-------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 10 thn | 0.62 | Kuat | 46.66 | 0.02 | Tidak Memenuhi | 49.46 |
| Tawali | 11 thn | 0.72 | Kuat | 45.44 | 0.31 | Tidak Memenuhi | 54.67 |
| Kadindi | 14 thn | 0.67 | Kuat | 51.77 | 0.34 | Tidak Memenuhi | 12.61 |
| Godo | 15 thn | 0.60 | Kuat | 51.00 | -1.65 | Tidak Memenuhi | 135.21 |
| Dompu | 18 thn | 0.48 | Sedang | 56.48 | -0.07 | Tidak Memenuhi | 27.68 |
| Sumi | 18 thn | 0.61 | Kuat | 47.77 | 0.20 | Tidak Memenuhi | 40.88 |
| Paradowane | 20 thn | 0.68 | Kuat | 43.39 | 0.30 | Tidak Memenuhi | 16.52 |
| Rata-Rata | | 0.63 | Kuat | 48.93 | -0.08 | Tidak Memenuhi | 48.15 |

Tabel 9. Rekapitulasi hasil evaluasi data curah hujan bulanan satelit IMERG

| Pos Hujan | Panjang Data | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
|------------|--------------|-------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 10 thn | 0.74 | Kuat | 95.37 | 0.23 | Tidak Memenuhi | 49.46 |
| Tawali | 11 thn | 0.80 | Sangat Kuat | 93.89 | 0.44 | Memenuhi | 54.67 |
| Kadindi | 14 thn | 0.76 | Kuat | 103.04 | 0.55 | Memenuhi | 12.61 |
| Godo | 15 thn | 0.74 | Kuat | 111.98 | -1.02 | Tidak Memenuhi | 135.21 |
| Dompu | 18 thn | 0.61 | Kuat | 117.22 | 0.22 | Tidak Memenuhi | 27.68 |
| Sumi | 18 thn | 0.73 | Kuat | 93.89 | 0.44 | Memenuhi | 40.88 |
| Paradowane | 20 thn | 0.83 | Sangat Kuat | 73.68 | 0.63 | Memenuhi | 16.52 |
| Rata-Rata | | 0.74 | Kuat | 98.44 | 0.21 | Tidak Memenuhi | 48.15 |

Tabel 7 menunjukkan hasil evaluasi data curah hujan harian satelit IMERG yang akurasi masih sangat rendah. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai R (korelasi) yang cenderung lemah sampai sedang dan nilai NSE yang tidak memenuhi bahkan bernilai negatif.

Tabel 8 menunjukkan akurasi data curah hujan dasarian satelit IMERG yang masih rendah. Meskipun nilai R yang diperoleh berinterpretasi sedang sampai dengan kuat, namun dengan nilai RMSE yang cenderung masih besar sehingga nilai NSE yang dihasilkan masih berinterpretasi tidak memenuhi.

Adapun untuk Tabel 9 menunjukkan bahwa akurasi data curah hujan bulanan satelit IMERG sedikit lebih baik dari data hujan harian dan dasarian. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai R yang berinterpretasi kuat sampai sangat kuat, namun nilai NSE beberapa pos hujan masih berinterpretasi tidak memenuhi.

3.3 Kalibrasi Data Curah Hujan Satelit IMERG

Kalibrasi dimaksudkan untuk mengoptimalkan nilai data curah hujan satelit IMERG agar semakin mendekati nilai data curah hujan terukur, terlebih setelah melihat akurasi data curah hujan satelit yang

terbilang masih sangat rendah. Kalibrasi dilakukan dengan tiga simulasi pada masing-masing pos hujan berdasarkan data hujan terpilih pada Tabel 6. Rentang data untuk simulasi model kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 memperlihatkan rentang data yang digunakan pada tahap kalibrasi yang akan menghasilkan faktor koreksi sesuai dengan metode yang digunakan pada simulasi yang dilakukan di masing-masing pos hujan. Untuk metode regresi, karena menggunakan empat persamaan regresi, diperoleh 36 faktor koreksi pada masing-masing pos hujan untuk periode harian, dasarian, dan bulanan. Sehingga total faktor koreksi yang diperoleh menggunakan metode regresi untuk tujuh pos hujan di wilayah Bima dan Dompu adalah 252 faktor koreksi.

Sedangkan untuk metode rasio rata-rata, faktor koreksi yang dihasilkan pada masing-masing pos hujan berjumlah 9 faktor koreksi. Sehingga total faktor koreksi yang dihasilkan dari metode rasio rata-rata untuk tujuh pos hujan adalah sejumlah 63 faktor koreksi. Secara umum, faktor koreksi yang dihasilkan menggunakan metode rasio rata-rata mengindikasikan bahwa data curah satelit cenderung *overestimate* karena nilai rasio rata-rata yang diperoleh <1.

Tabel 10. Simulasi model kalibrasi

| Pos Hujan | Simulasi | Panjang Data untuk Kalibrasi | |
|------------|----------|------------------------------|--|
| | | | |
| Kumbe | I | 7 Thn | 2011-2017 |
| | II | 8 Thn | 2011-2018 |
| | III | 9 Thn | 2011-2019 |
| Tawali | I | 8 Thn | 2010-2017 |
| | II | 9 Thn | 2010-2018 |
| | III | 10 Thn | 2010-2019 |
| Kadindi | I | 11 Thn | 2006-2016 |
| | II | 12 Thn | 2006-2017 |
| | III | 13 Thn | 2006-2018 |
| Godo | I | 12 Thn | 2001-2007, 2009, 2012-2014 & 2016 |
| | II | 13 Thn | 2001-2007, 2009, 2012-2014 & 2016-2017 |
| | III | 14 Thn | 2001-2007, 2009, 2012-2014, 2016-2018 |
| Dompu | I | 15 Thn | 2001-2009 & 2011-2016 |
| | II | 16 Thn | 2001-2009 & 2011-2017 |
| | III | 17 Thn | 2001-2009 & 2011-2018 |
| Sumi | I | 15 Thn | 2003-2017 |
| | II | 16 Thn | 2003-2018 |
| | III | 17 Thn | 2003-2019 |
| Paradowane | I | 17 Thn | 2001-2017 |
| | II | 18 Thn | 2001-2018 |
| | III | 19 Thn | 2001-2019 |

3.4 Pemilihan Faktor Koreksi

Setelah faktor koreksi diperoleh, faktor-faktor koreksi tersebut dipakai untuk mengoreksi data curah hujan yang digunakan pada tahap kalibrasi. Kemudian, dihitung akurasi data curah hujan satelit IMERG terkoreksi menggunakan metode R, RMSE,

NSE, dan KR. Faktor koreksi terbaik yang paling mampu meningkatkan akurasi data satelit akan dipilih untuk analisis berikutnya. Adapun hasil akurasi terbaik data curah hujan satelit IMERG terkoreksi untuk periode harian, dasarian, dan bulanan disajikan pada Tabel 11, 12, dan 13.

Tabel 11. Rekapitulasi hasil akurasi terbaik data curah hujan harian satelit IMERG terkoreksi

| Pos Hujan | Panjang Data | Metode Kalibrasi | Faktor Koreksi | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
|------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|-------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | | | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 8 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.004X^2 + 0.507X + 1.467$ | 0.35 | Lemah | 9.17 | 0.13 | Tidak Memenuhi | -0.99 |
| Tawali | 9 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.002X^2 + 0.558X + 0.818$ | 0.46 | Sedang | 9.31 | 0.21 | Tidak Memenuhi | 2.47 |
| Kadindi | 12 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.004X^2 + 0.691X + 1.629$ | 0.44 | Sedang | 10.75 | 0.19 | Tidak Memenuhi | 0.68 |
| Godo | 14 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.002X^2 + 0.281X + 0.928$ | 0.32 | Lemah | 6.00 | 0.10 | Tidak Memenuhi | -1.11 |
| Dompu | 17 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.003X^2 + 0.422X + 1.902$ | 0.28 | Lemah | 10.07 | 0.08 | Tidak Memenuhi | -1.53 |
| Sumi | 17 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.002X^2 + 0.409X + 1.295$ | 0.33 | Lemah | 9.24 | 0.11 | Tidak Memenuhi | -1.47 |
| Paradowane | 18 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.003X^2 + 0.540X + 1.786$ | 0.38 | Lemah | 9.72 | 0.15 | Tidak Memenuhi | 1.13 |
| | | Rata-Rata | | 0.37 | Lemah | 9.18 | 0.14 | Tidak Memenuhi | -0.12 |

Tabel 12. Rekapitulasi hasil akurasi terbaik data curah hujan dasarian satelit IMERG terkoreksi

| Pos Hujan | Panjang Data | Metode Kalibrasi | Faktor Koreksi | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
|------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|-------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | | | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 8 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.001X^2 + 0.689X + 4.342$ | 0.63 | Kuat | 38.76 | 0.39 | Memenuhi | -4.68 |
| Tawali | 10 Thn | Regresi Linier Sederhana | $Y = 0.663X - 1.582$ | 0.71 | Kuat | 37.94 | 0.51 | Memenuhi | 0.03 |
| Kadindi | 12 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.001X^2 + 0.831X + 7.803$ | 0.66 | Kuat | 47.41 | 0.43 | Memenuhi | -2.57 |
| Godo | 13 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.001X^2 + 0.567X + 0.441$ | 0.60 | Kuat | 25.68 | 0.35 | Tidak Memenuhi | 8.77 |
| Dompu | 16 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.002X^2 + 0.894X + 6.629$ | 0.51 | Sedang | 47.00 | 0.25 | Tidak Memenuhi | 6.26 |
| Sumi | 17 Thn | Regresi Linier Sederhana | $Y = 0.623X + 3.003$ | 0.60 | Kuat | 42.67 | 0.37 | Memenuhi | -0.05 |
| Paradowane | 18 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = -0.001X^2 + 0.829X + 6.294$ | 0.70 | Kuat | 36.51 | 0.49 | Memenuhi | 2.53 |
| | | Rata-Rata | | 0.63 | Kuat | 39.42 | 0.40 | Memenuhi | 1.47 |

Tabel 13. Rekapitulasi hasil akurasi terbaik data curah hujan bulanan satelit GPM terkoreksi

| Pos Hujan | Panjang Data | Metode Kalibrasi | Faktor Koreksi | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
|------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|--------|
| | | | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 8 Thn | Regresi Linier Sederhana | $Y = 0.673X + 4.258$ | 0.74 | Kuat | 75.54 | 0.55 | Memenuhi | -0.02 |
| Tawali | 9 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = 0.001X^2 + 0.408X - 4.968$ | 0.81 | Sangat Kuat | 73.68 | 0.66 | Memenuhi | -1.90 |
| Kadindi | 12 Thn | Regresi Linier Sederhana | $Y = 0.822X + 8.940$ | 0.75 | Kuat | 98.70 | 0.56 | Memenuhi | 0.04 |
| Godo | 14 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = 0.0001X^2 + 0.445X - 5.917$ | 0.73 | Kuat | 54.58 | 0.54 | Memenuhi | 1.11 |
| Dompu | 17 Thn | Regresi Linier Sederhana | $Y = 0.653X + 14.704$ | 0.60 | Kuat | 104.94 | 0.36 | Memenuhi | -0.06 |
| Sumi | 17 Thn | Regresi Linier Sederhana | $Y = 0.810X - 12.020$ | 0.72 | Kuat | 86.67 | 0.52 | Memenuhi | -0.04 |
| Paradowane | 19 Thn | Regresi Polinomial Orde 2 | $Y = 0.0003X^2 + 0.716X + 7.712$ | 0.83 | Sangat Kuat | 67.25 | 0.69 | Memenuhi | 0.38 |
| | | Rata-Rata | | 0.74 | Kuat | 80.19 | 0.55 | Memenuhi | -0.07 |

Secara umum, faktor koreksi yang dihasilkan oleh metode regresi (persamaan linier sederhana dan polinomial orde 2) serta metode rasio rata-rata mampu meningkatkan akurasi data curah hujan satelit. Adapun metode regresi (persamaan eksponensial dan power/berpangkat) belum mampu meningkatkan akurasi data curah hujan satelit. Namun, yang disajikan pada Tabel 11, 12, dan 13 adalah faktor koreksi terbaik, dimana metode regresi linier sederhana dan polinomial orde 2 yang paling mampu meningkatkan akurasi data curah hujan satelit GPM di wilayah Bima dan Dompu.

Tabel 11 menunjukkan bahwa akurasi data hujan harian satelit IMERG mengalami peningkatan dari sebelum dikoreksi berdasarkan nilai R, RMSE, NSE, dan RB. Akan tetapi, peningkatannya tidak terlalu besar sehingga nilai NSE masih berinterpretasi tidak

memenuhi untuk semua pos hujan. Adapun untuk faktor koreksi terbaik untuk data hujan harian dihasilkan oleh metode regresi polinomial orde 2 pada semua pos hujan.

Tabel 12 menunjukkan akurasi data hujan dasarian satelit IMERG terkoreksi juga mengalami peningkatan. Hal tersebut dilihat dari nilai R, RMSE, NSE, dan RB yang semakin membaik, terlebih untuk nilai NSE sebagian besar pos hujannya sudah berinterpretasi memenuhi. Faktor koreksi terbaik dihasilkan oleh metode regresi linier sederhana dan polinomial orde 2.

Sedangkan pada Tabel 13, untuk data hujan bulanan satelit IMERG terkoreksi juga mengalami peningkatan yang signifikan dilihat dari nilai R, RMSE, NSE, dan RB. Semua pos hujan sudah

berinterpretasi memenuhi untuk nilai NSE, dimana faktor koreksi terbaiknya dihasilkan oleh metode regresi linier sederhana dan polinomial orde 2.

Setelah itu, faktor-faktor koreksi terbaik yang disajikan pada Tabel 11 sampai dengan Tabel 13 diuji hipotesis menggunakan Uji-t untuk melihat apakah faktor koreksi tersebut benar-benar dapat memodelkan data curah hujan satelit dengan baik atau tidak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua faktor koreksi terbaik yang diperoleh dapat memodelkan data curah hujan satelit dengan baik untuk periode harian, dasarian, dan bulanan. sehingga faktor-faktor koreksi

tersebut dapat direkomendasikan dan dapat digunakan pada tahap validasi.

3.5 Validasi Data Curah Hujan Satelit IMERG Terkoreksi

Validasi dimaksudkan untuk menguji akurasi data curah hujan satelit IMERG terkoreksi di luar data yang digunakan pada tahap kalibrasi. Rentang data yang digunakan pada tahap ini menyesuaikan dengan hasil kalibrasi terbaik yang disajikan pada Tabel 11 sampai dengan Tabel 13. Adapun hasil perhitungan validasi data curah hujan satelit IMERG terkoreksi dapat dilihat pada Tabel 14, 15, dan 16.

Tabel 14. Rekapitulasi hasil validasi data curah hujan harian satelit IMERG terkoreksi

| Pos Hujan | Panjang Data | | Faktor Koreksi | Metode Validasi | | | | | |
|------------|---|---------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | Kalibrasi | Validasi | | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
| | | | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 8 Thn (2011-2018) | 2 Thn (2019-2020) | $Y = -0.004X^2 + 0.507X + 1.467$ | 0.33 | Lemah | 6.61 | 0.08 | Tidak Memenuhi | 57.49 |
| Tawali | 9 Thn (2010-2018) | 2 Thn (2019-2020) | $Y = -0.002X^2 + 0.558X + 0.818$ | 0.41 | Sedang | 8.59 | 0.17 | Tidak Memenuhi | 7.11 |
| Kadindi | 12 Thn (2006-2017) | 2 Thn (2018 & 2020) | $Y = -0.004X^2 + 0.691X + 1.629$ | 0.55 | Sedang | 11.62 | 0.27 | Tidak Memenuhi | 0.64 |
| Godoo | 14 Thn (2001-2007, 2009, 2012-2014 & 2016-2018) | 1 Thn (2020) | $Y = -0.002X^2 + 0.281X + 0.928$ | 0.28 | Lemah | 4.47 | 0.05 | Tidak Memenuhi | 24.25 |
| Dompu | 17 Thn (2001-2009 & 2011-2018) | 1 Thn (2020) | $Y = -0.003X^2 + 0.422X + 1.902$ | 0.26 | Lemah | 13.89 | 0.05 | Tidak Memenuhi | -32.47 |
| Sumi | 17 Thn (2003-2019) | 1 Thn (2020) | $Y = -0.002X^2 + 0.409X + 1.295$ | 0.28 | Lemah | 9.80 | 0.07 | Tidak Memenuhi | -15.33 |
| Paradowane | 18 Thn (2001-2018) | 2 Thn (2019-2020) | $Y = -0.003X^2 + 0.540X + 1.786$ | 0.40 | Sedang | 11.08 | 0.15 | Tidak Memenuhi | -16.57 |
| | Rata-Rata | | | 0.36 | Lemah | 9.44 | 0.12 | Tidak Memenuhi | 3.59 |

Tabel 15. Rekapitulasi hasil validasi data curah hujan dasarian satelit IMERG terkoreksi

| Pos Hujan | Panjang Data | | Faktor Koreksi | Metode Validasi | | | | | |
|------------|---|---------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | Kalibrasi | Validasi | | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
| | | | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 8 Thn (2011-2018) | 2 Thn (2019-2020) | $Y = -0.001X^2 + 0.689X + 4.342$ | 0.59 | Sedang | 28.84 | 0.25 | Tidak Memenuhi | 42.33 |
| Tawali | 10 Thn (2010-2019) | 1 Thn (2020) | $Y = 0.663X - 1.582$ | 0.77 | Kuat | 38.98 | 0.53 | Memenuhi | -23.78 |
| Kadindi | 12 Thn (2006-2017) | 2 Thn (2018 & 2020) | $Y = -0.001X^2 + 0.831X + 7.803$ | 0.74 | Kuat | 49.54 | 0.50 | Memenuhi | -4.87 |
| Godoo | 13 Thn (2001-2007, 2009, 2012-2014 & 2016-2017) | 2 Thn (2018 & 2020) | $Y = -0.001X^2 + 0.567X + 0.441$ | 0.80 | Sangat Kuat | 16.50 | 0.64 | Memenuhi | 11.70 |
| Dompu | 16 Thn (2001-2009 & 2011-2017) | 2 Thn (2018 & 2020) | $Y = -0.002X^2 + 0.894X + 6.629$ | 0.58 | Sedang | 46.62 | 0.33 | Tidak Memenuhi | -7.83 |
| Sumi | 17 Thn (2003-2019) | 1 Thn (2020) | $Y = 0.623X + 3.003$ | 0.71 | Kuat | 36.17 | 0.49 | Memenuhi | -14.00 |
| Paradowane | 18 Thn (2001-2018) | 2 Thn (2019-2020) | $Y = -0.001X^2 + 0.829X + 6.294$ | 0.65 | Kuat | 46.28 | 0.39 | Memenuhi | -19.89 |
| | Rata-Rata | | | 0.69 | Kuat | 37.56 | 0.45 | Memenuhi | -2.33 |

Tabel 16. Rekapitulasi hasil validasi data curah hujan bulanan satelit IMERG terkoreksi

| Pos Hujan | Panjang Data | | Faktor Koreksi | Metode Validasi | | | | | |
|------------|---|---------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|-----------|-------|----------------|--------|
| | Kalibrasi | Validasi | | R | | RMSE (mm) | NSE | | RB (%) |
| | | | | Nilai | Interpretasi | | Nilai | Interpretasi | |
| Kumbe | 8 Thn (2011-2018) | 2 Thn (2019-2020) | $Y = 0.673X + 4.258$ | 0.73 | Kuat | 62.12 | 0.42 | Tidak Memenuhi | 42.55 |
| Tawali | 9 Thn (2010-2018) | 2 Thn (2019-2020) | $Y = 0.001X^2 + 0.408X - 4.968$ | 0.85 | Sangat Kuat | 67.37 | 0.70 | Memenuhi | -9.43 |
| Kadindi | 12 Thn (2006-2017) | 2 Thn (2018 & 2020) | $Y = 0.822X + 8.940$ | 0.82 | Sangat Kuat | 107.19 | 0.64 | Memenuhi | -4.35 |
| Godo | 14 Thn (2001-2007, 2009, 2012-2014 & 2016-2018) | 1 Thn (2020) | $Y = 0.0001X^2 + 0.445X - 5.917$ | 0.95 | Sangat Kuat | 20.01 | 0.83 | Baik | 18.53 |
| Dompu | 17 Thn (2001-2009 & 2011-2018) | 1 Thn (2020) | $Y = 0.653X + 14.704$ | 0.65 | Kuat | 122.96 | 0.31 | Tidak Memenuhi | -30.06 |
| Sumi | 17 Thn (2003-2019) | 1 Thn (2020) | $Y = 0.810X - 12.020$ | 0.91 | Sangat Kuat | 73.40 | 0.73 | Memenuhi | -12.71 |
| Paradowane | 19 Thn (2001-2019) | 1 Thn (2020) | $Y = 0.0003X^2 + 0.716X + 7.712$ | 0.86 | Sangat Kuat | 66.57 | 0.66 | Memenuhi | -22.13 |
| | Rata-Rata | | | 0.82 | Sangat Kuat | 74.23 | 0.61 | Memenuhi | -2.51 |

Berdasarkan hasil validasi Tabel 14, data hujan harian satelit IMERG terkoreksi di luar data yang digunakan pada tahap kalibrasi menunjukkan nilai korelasi yang lemah sampai dengan sedang dan nilai NSE di semua pos hujan masih berinterpretasi tidak memenuhi. Hal tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil akurasi data hujan satelit IMERG terkoreksi yang menggunakan rentang data di luar yang digunakan pada tahap validasi ini.

Tabel 15 menunjukkan bahwa data hujan dasarian satelit IMERG terkoreksi menunjukkan korelasi sedang sampai dengan sangat kuat, namun untuk nilai NSE pada dua pos hujan (Kumbe dan Dompu) masih berinterpretasi tidak memenuhi. Begitu juga hasil yang ditunjukkan pada Tabel 16 untuk data hujan bulanan satelit IMERG terkoreksi yang memiliki korelasi kuat sampai dengan sangat kuat, namun nilai NSE pada pos hujan Kumbe dan Dompu masih tidak memenuhi. Untuk pos hujan Kumbe bisa disebabkan oleh kosongnya data hujan pada bulan Januari-Februari, padahal bulan-bulan tersebut merupakan bulan basah. Adapun untuk pos hujan Dompu bisa disebabkan oleh kualitas data curah hujan satelit ataupun data curah hujan terukur yang kurang bagus.

Berikut ini akan ditampilkan juga grafik perbandingan data curah hujan terukur, data curah hujan satelit IMERG, dan data curah hujan satelit IMERG terkoreksi untuk periode harian, dasarian, dan bulanan di wilayah Bima dan Dompu (Gambar 2, 3, dan 4).

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa data curah hujan harian satelit IMERG cenderung lebih besar daripada data curah hujan terukur. Setelah dikoreksi menggunakan faktor

koreksi terbaik yang diperoleh pada masing-masing pos hujan, data curah hujan satelit IMERG terkoreksi cenderung lebih rendah daripada data curah hujan terukur. Akurasi yang dihasilkan untuk data curah hujan harian berdasarkan grafik terlihat masih cukup jauh untuk menggambarkan pola data curah hujan terukur. Hal tersebut berbanding lurus dengan perhitungan akurasi data curah hujan harian yang memiliki akurasi yang sangat rendah.

Gambar 3 menunjukkan bahwa data curah hujan dasarian satelit IMERG sudah semakin terlihat mengikuti pola data curah hujan terukur. Meskipun di beberapa pos hujan, seperti pada pos hujan Godo yang menunjukkan data curah hujan satelit IMERG terlihat lebih tinggi daripada data curah hujan terukur, namun setelah dilakukan koreksi, data curah hujan satelit IMERG terlihat mulai mendekati pola data curah hujan terukur.

Hal berbeda ditunjukkan pada pos hujan Kumbe dan Dompu, dimana beberapa tahun datanya terlihat data curah hujan terukur yang lebih tinggi nilainya daripada data curah hujan satelit IMERG sebelum maupun sesudah dikoreksi. Sehingga secara umum, data curah hujan dasarian satelit IMERG terkoreksi terlihat akurasinya semakin membaik jika dibandingkan dengan data curah hujan harian. Hal tersebut sejalan dengan hasil perhitungan akurasi sebelumnya meskipun masih terdapat dua pos hujan, yaitu pos hujan Godo dan Dompu yang akurasinya tidak memenuhi kriteria nilai NSE pada perhitungan sebelumnya.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, terlihat data curah hujan bulanan satelit IMERG semakin mendekati pola data curah hujan terukur. Namun pada

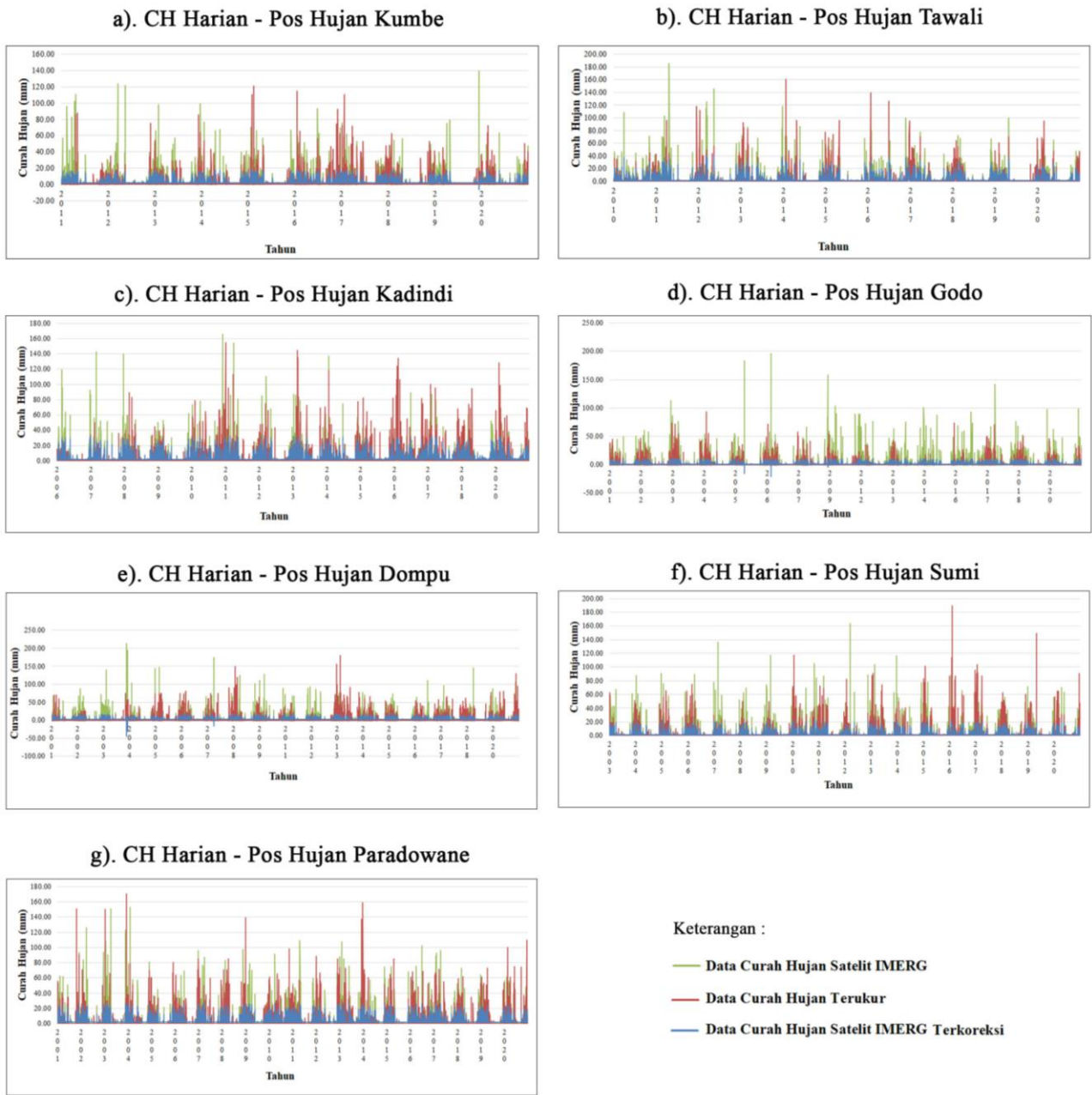
pos hujan Godo terlihat data curah hujan satelit IMERG tidak terlalu mendekati pola data curah hujan terukur, namun setelah dilakukan koreksi menggunakan faktor koreksi terbaik diperoleh hasilnya semakin membaik.

Secara umum, data curah hujan bulanan satelit IMERG terkoreksi memiliki akurasi yang cukup baik dalam menggambarkan data curah hujan terukur. Hal tersebut selaras dengan hasil perhitungan sebelumnya

yang menyatakan semua pos hujan di wilayah Bima dan Dompu untuk periode bulanan sudah memenuhi kriteria nilai NSE.

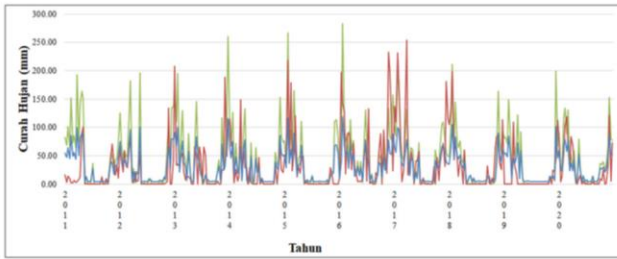
3.6 Pembatasan Cakupan Wilayah

Berikut merupakan faktor-faktor koreksi yang dapat digunakan untuk mengoreksi data curah hujan satelit IMERG di wilayah Bima dan Dompu (Tabel 17).

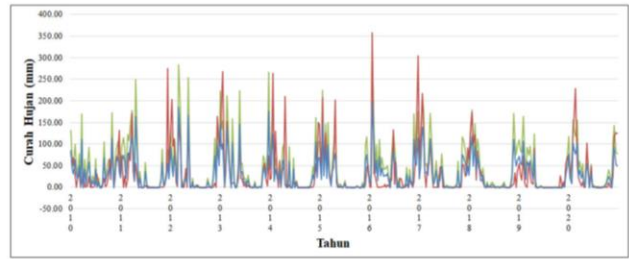


Gambar 2. Grafik perbandingan data curah hujan harian wilayah Bima dan Dompu

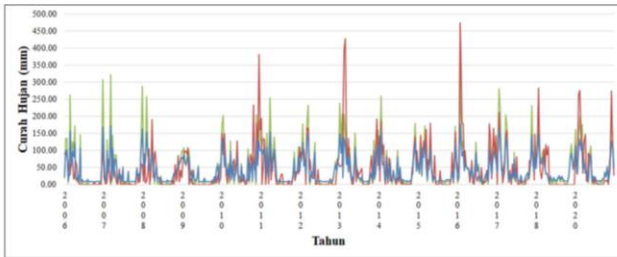
a). CH Dasarian - Pos Hujan Kumbe



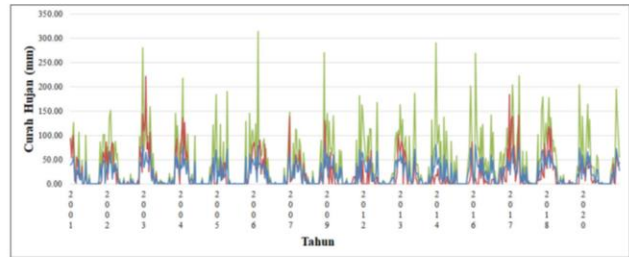
b). CH Dasarian - Pos Hujan Tawali



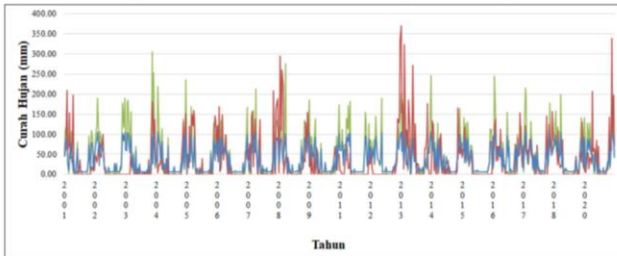
c). CH Dasarian - Pos Hujan Kadindi



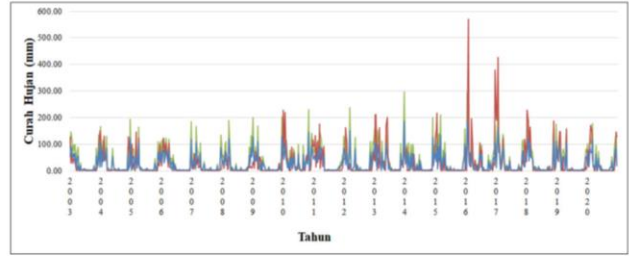
d). CH Dasarian - Pos Hujan Godo



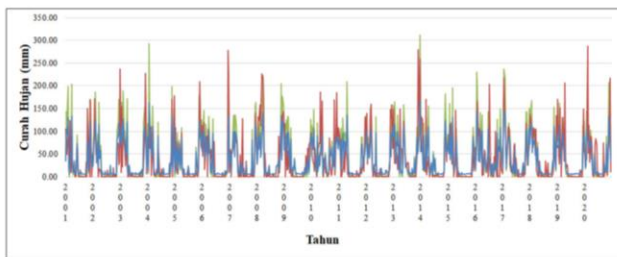
e). CH Dasarian - Pos Hujan Dompu



f). CH Dasarian- Pos Hujan Sumi



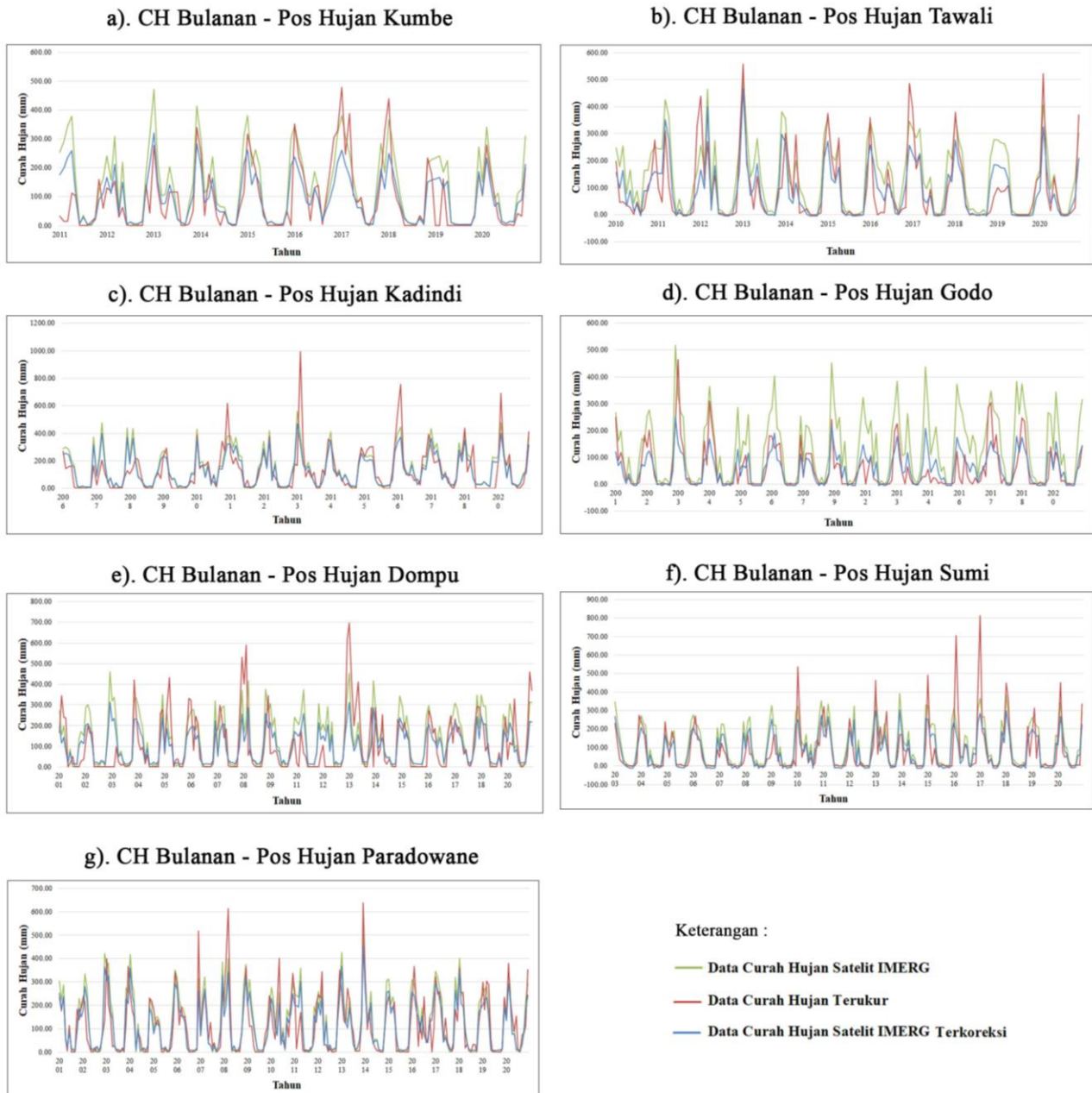
g). CH Dasarian- Pos Hujan Paradowane



Keterangan :

- Data Curah Hujan Satelit IMERG
- Data Curah Hujan Terukur
- Data Curah Hujan Satelit IMERG Terkoreksi

Gambar 3. Grafik perbandingan data curah hujan dasarian wilayah Bima dan Dompu



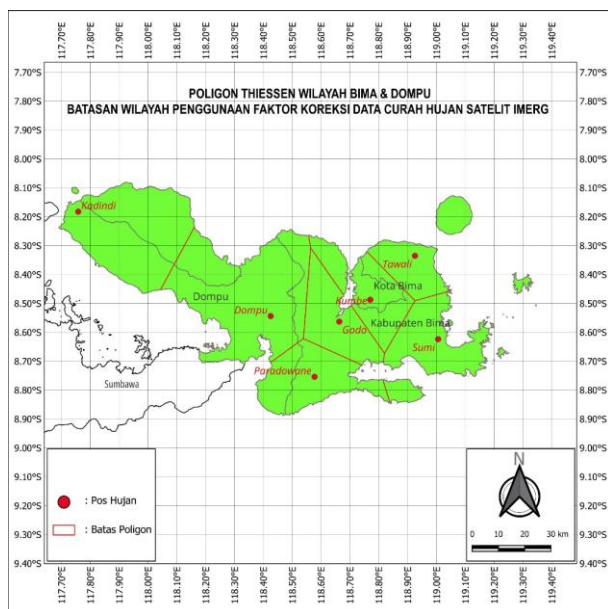
Gambar 4. Grafik perbandingan data curah hujan bulanan wilayah Bima dan Dompur

Faktor koreksi terbaik yang dihasilkan pada studi ini (Tabel 17) selaras dengan studi/penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Arrokhman et al. (2021) dan Partarini et al. (2021) yang menghasilkan faktor koreksi terbaik menggunakan metode regresi linier sederhana dan polinomial orde 2.

Adapun untuk gambar batasan wilayah penggunaan faktor koreksi pada Tabel 17 dibuat menggunakan metode Poligon Thiessen yang disajikan pada Gambar 5.

Tabel 17. Pembagian wilayah beserta faktor koreksi terbaik data curah hujan harian, dasarian, dan bulanan

| Pos Hujan | Periode | Faktor Koreksi |
|------------|----------|----------------------------------|
| Kumbe | Harian | $Y = -0.004X^2 + 0.507X + 1.467$ |
| | Dasarian | $Y = -0.001X^2 + 0.689X + 4.342$ |
| | Bulanan | $Y = 0.673X + 4.258$ |
| Tawali | Harian | $Y = -0.002X^2 + 0.558X + 0.818$ |
| | Dasarian | $Y = 0.663X - 1.582$ |
| | Bulanan | $Y = 0.001X^2 + 0.408X - 4.968$ |
| Kadindi | Harian | $Y = -0.004X^2 + 0.691X + 1.629$ |
| | Dasarian | $Y = -0.001X^2 + 0.831X + 7.803$ |
| | Bulanan | $Y = 0.822X + 8.940$ |
| Godo | Harian | $Y = -0.002X^2 + 0.281X + 0.928$ |
| | Dasarian | $Y = -0.001X^2 + 0.567X + 0.441$ |
| | Bulanan | $Y = 0.0001X^2 + 0.445X - 5.917$ |
| Dompu | Harian | $Y = -0.003X^2 + 0.422X + 1.902$ |
| | Dasarian | $Y = -0.002X^2 + 0.894X + 6.629$ |
| | Bulanan | $Y = 0.653X + 14.704$ |
| Sumi | Harian | $Y = -0.002X^2 + 0.409X + 1.295$ |
| | Dasarian | $Y = 0.623X + 3.003$ |
| | Bulanan | $Y = 0.810X - 12.020$ |
| Paradowane | Harian | $Y = -0.003X^2 + 0.540X + 1.786$ |
| | Dasarian | $Y = -0.001X^2 + 0.829X + 6.294$ |
| | Bulanan | $Y = 0.0003X^2 + 0.716X + 7.712$ |



Gambar 5. Batasan wilayah penggunaan faktor koreksi di wilayah Bima dan Dompu menggunakan Poligon Thiessen

4 KESIMPULAN

Akurasi data curah hujan harian satelit IMERG terhadap data curah hujan terukur di wilayah Bima dan Dompu masih sangat rendah, namun semakin membaik pada periode dasarian dan bulanan. Hal tersebut selaras dengan studi/penelitian terdahulu di Surabaya (Azka, et al., 2018), Nusa Tenggara Timur (Bees et al., 2021), Iran (Sharifi et al., 2016), dan Singapura (Tan & Duan,

2017). Faktor koreksi yang dihasilkan secara umum oleh metode regresi linier sederhana dan polinomial orde 2 serta metode rasio-rata dapat meningkatkan akurasi data curah hujan satelit IMERG. Namun, model faktor koreksi terbaik dihasilkan oleh metode regresi linier sederhana dan polinomial orde 2.

Data curah hujan satelit IMERG setelah dikoreksi menunjukkan adanya peningkatan akurasi dilihat dari nilai rata-rata NSE, R, RMSE, dan RB. Nilai-nilai tersebut untuk data hujan harian berturut-turut sebesar 0.14 (tidak memenuhi), 0.37 (lemah), 9.18 mm, dan -0.12%; untuk data curah hujan dasarian berturut-turut sebesar 0.40 (memenuhi), 0.63 (kuat), 39.42 mm, dan 1.47%; serta untuk data curah hujan bulanan berturut-turut sebesar 0.55 (memenuhi), 0.74 (kuat), 80.19 mm, dan -0.07%. Oleh karena itu, data hujan dasarian dan bulanan satelit IMERG dapat digunakan sebagai alternatif data di wilayah Bima dan Dompu.

Beberapa saran yang penulis dapat tuliskan dalam tulisan ini untuk perbaikan studi/penelitian berikutnya adalah : 1). metode dalam menilai kualitas data hujan satelit pada studi ini yang hanya terbatas pada analisis statistik kontinu, sehingga dapat dikembangkan menggunakan metode lainnya seperti metode kategorikal matrik dan lain sebagainya, 2). data hujan satelit yang diuji juga dapat dicoba menggunakan data dari satelit lainnya yang sudah banyak tersedia dan dapat diakses secara gratis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I dan pengelola serta pengembang website <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni> yang telah berkenan memberikan akses dan dukungan data untuk studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Andani, A. J. P., & Eandarwin. (2016). Kajian Penerapan Estimasi Curah Hujan Per Jam Memanfaatkan Metode Convective Stratiform Technique (CST) dan Modified Convective Stratiform Technique (mCST) di Pontianak. *Urnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 3(3), 9–20. <https://jurnal.stmkg.ac.id/index.php/jmkg/article/view/11>

Arrokhman, N. A., Wahyuni, S., & Suhartanto, E. (2021). Evaluasi Kesesuaian Data Satelit untuk Curah Hujan dan Evaporasi Terhadap Data Pengukuran di Kawasan Waduk Sutami. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 904–916. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.46>

Aryastana, P., Liu, C. Y., Jong-Dao Jou, B., Cayan, E., Punay, J. P., & Chen, Y. N. (2022). Assessment of Satellite Precipitation Data Sets for High Variability and Rapid Evolution of Typhoon Precipitation Events in the Philippines. *Earth and Space Science*, 9(9). <https://doi.org/10.1029/2022EA002382>

Azka, M. A., Dzikiro, T. K., Wardani, U. K., & Fadlan, A. (2018). Uji Akurasi Data Model Estimasi Curah Hujan Satelit TRMM, GSMAP, Dan GPM Selama Periode Siklon Tropis Cempaka dan Dahlia Di Wilayah Jawa.

- Seminar Nasional Penginderaan Jauh, July 2018*, 983–991.
- Azka, M. A., Sugianto, P. A., Silitonga, A. K., & Nugraheni, I. R. (2018). Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit Gpm Imerg Di Surabaya, Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(2), 83. <https://doi.org/10.29122/jstmc.v19i2.3153>
- Bees, A., Karlina, & Sujono, J. (2021). Perbandingan Curah Hujan Satelit pada DAS Tilong Nusa Tenggara Timur Terkait Perubahan Iklim. *Proceding CEEDRiMS*, 25–32.
- Faisol, A., Budiyo, B., Indarto, I., & Novita, E. (2019). Evaluasi Data Hujan Harian Global Precipitation Measurement (GPM) versi ke-6 di Provinsi Papua Barat. *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIPA IV, January 2020*, 147–154. <https://prosiding.fmipa.unipa.ac.id/index.php/SNMIPAUNIPA/article/view/40>
- Farhan, A., Saidah, K., & Supriyadi, A. (2021). Analisis Perbandingan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) Kota Bima Menggunakan Data Hujan Terukur dan Data Hujan dari Satelit Japan Aerospace Exploration Agency. *Spektrum Sipil*, 8(2), 105–116. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i2.213>
- Firdausi, F. (2020). Simulasi Curah Hujan Bulanan Kota Palembang dengan Jaringan Syaraf Tiruan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 143–150. <https://doi.org/10.22225/pd.9.2.1858.143-150>
- Harto, S. (2021). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jarwanti, D. P., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2021). Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Data Pos Penakar Hujan di DAS Grindulu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 772–785. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.36>
- Krisnayanti, D. S., Welkis, D. F. B., Hepy, F. M., & Legono, D. (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. <https://doi.org/10.32679/jsda.v16i1.646>
- Liu, C. Y., Aryastana, P., Liu, G. R., & Huang, W. R. (2020). Assessment of satellite precipitation product estimates over Bali Island. *Atmospheric Research*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105032>
- Mulyandari, E., & Susila, H. (2020). Validasi Data Curah Hujan Satelit Trmm Dan Persiann Dalam Analisis Debit Banjir Rencana Di Das Telaga Lebur. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 25(2), 16–22. <https://doi.org/10.36728/jtsa.v25i2.1070>
- Ning, S., Wang, J., Jin, J., & Ishidaira, H. (2016). Assessment of the Latest GPM-Era High-Resolution Satellite Precipitation Products by Comparison with Observation Gauge Data over the Chinese Mainland. *Water (Switzerland)*, 8(11), 1–17. <https://doi.org/10.3390/w8110481>
- Ningsih, A. P. (2021). *Validasi Data Curah Hujan dari Satelit GPM dengan Rain Gauge di Inonesia* [Masters thesis, Universitas Andalas]. <http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/95286>
- Partarini, N. M. C., Sujono, J., & Prima Ari Pratiwi, E. (2021). Koreksi dan Validasi Data Curah Hujan Satelit GPM-IMERG dan CHIRPS di DAS Selorejo, Kabupaten Malang. *Proceding CEEDRiMS*, 149–156.
- Pratiwi, D. W., Sujono, J., & Rahardjo, A. P. (2017). Evaluasi Data Hujan Satelit Untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November*, 1–2.
- Sahlu, D., Nikolopoulos, E. I., Moges, S. A., Anagnostou, E. N., & Hailu, D. (2016). First evaluation of the day-1 IMERG over the upper blue Nile basin. *Journal of Hydrometeorology*, 17(11), 2875–2882. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0230.1>
- Saidah, H., Setiawan, A., Hanifah, L., Pradjoko, E., & Suroso, A. (2021). Koreksi Bias Data Hujan Luaran GCM ECHAM5 Untuk Prediksi Curah Hujan Bulanan dan Musiman Pulau Lombok. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 7(2), 209–219. <https://doi.org/10.29303/jstl.v7i2.289>
- Samosir, D. Y., Yuliara, I. M., & Prasetya, R. (2020). Perbandingan dan Analisis Pola Spasial Curah Hujan Data IMERG (Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM) dan Data Observasi di Provinsi Bali. *Buletin Fisika*, 22(2), 67. <https://doi.org/10.24843/bf.2021.v22.i02.p03>
- Sanjaya, S., Yudianto, D., Adidarma, W., & Fitriana, F. (2022). Studi Pemanfaatan Curah Hujan Bulanan Satelit GPM di Kawasan Bandung Raya dengan Validasi Silang Monte-Carlo. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 05(01), 31–40. <http://ejournal.ust.ac.id/index.php/JRKMS/article/view/1804>
- Sharifi, E., Steinacker, R., & Saghaffian, B. (2016). Assessment of GPM-IMERG and other precipitation products against gauge data under different topographic and climatic conditions in Iran: Preliminary results. *Remote Sensing*, 8(2), 1–24. <https://doi.org/10.3390/rs8020135>
- Suryaningtyas, L. (2019). *Analisis Hidrologi Data TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) di Sub DAS Lesti* [Magister thesis, Universitas Brawijaya]. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/177856>
- Syaifulallah, M. D. (2014). Validasi Data Trmm Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga Das Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(2), 109–118. <https://doi.org/10.31172/jmg.v15i2.180>
- Tan, M. L., & Duan, Z. (2017). Assessment of GPM and TRMM precipitation products over Singapore. *Remote Sensing*, 9(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs9070720>
- Triatmodjo, B. (2009). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Vaze, J., Jordan, P., Beecham, R., Frost, A., Summerell, G., & Vaze, J., Jordan, P., Beecham, R., Frost, A., Summerell, G. (2012). Guidelines for rainfall-runoff modelling Towards best practice model application. In *eWater Cooperative Research Center* (Issue December).