

VALIDASI AKURASI DATA CURAH HUJAN PER-JAM GSMAP MENGGUNAKAN ARR TERSEBAR DI SULAWESI SELATAN

Muhammad Rifaldi Mustamin^{1*}, Farouk Maricar²,
Rita Tahir Lopa², Riswal Karamma²

¹Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

*aldirifal09@gmail.com

Pemasukan: 10 September 2023 Perbaikan: 9 Nopember 2023 Diterima: 14 Nopember 2023

Intisari

Data hujan adalah kebutuhan yang sangat penting dalam berbagai kegiatan. Adanya keterbatasan sebaran titik stasiun hujan menyebabkan keterbatasan data hujan di suatu daerah. Salah satu alternatif untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah penggunaan data satelit seperti GSMaP. Untuk mendukung penggunaan data curah hujan satelit di suatu daerah, maka perlu dilakukan pengujian akurasi data untuk mengetahui karakteristik error yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini untuk memvalidasi tingkat akurasi data curah hujan skala jam - jaman GSMaP dalam mengestimasi curah hujan di wilayah Indonesia khususnya di Provinsi Sulawesi Selatan berdasarkan data ARR. Metode validasi akurasi dalam penelitian ini menggunakan koefisien korelasi, *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Relative Bias* (RB) yang dilakukan berdasarkan klasifikasi kelas hujan, yaitu ringan, sedang, lebat, dan sangat lebat. Hasil dari validasi akurasi menunjukkan bahwa data curah hujan satelit GSMaP dan data curah hujan terukur pada skala jam-jaman memiliki hubungan yang kuat dibuktikan dengan nilai koefisien korelasi 0,6–0,9. Jika ditinjau dari nilai RB dan RMSE, maka data hujan GSMaP pada intensitas hujan ringan cenderung *over-estimated* dari data hujan terukur, kemudian cenderung *under-estimated* pada intensitas hujan sedang hingga sangat lebat. Secara umum, data curah hujan satelit GSMaP masih memiliki *error* terhadap data pengamatan meskipun kemampuan mendeteksi curah hujannya sudah baik. Hal ini menunjukkan data curah hujan GSMaP dapat diandalkan untuk estimasi curah hujan di wilayah yang tidak memiliki titik pengamatan, namun pada daerah yang memiliki data terukur tetapi panjang data terbatas sebaiknya data satelit tersebut dilakukan koreksi/kalibrasi terlebih dahulu karena masih terdapat *error*.

Kata Kunci: Akurasi, ARR, Curah hujan, GSMaP, Validasi

Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara tropis yang memiliki intensitas curah hujan yang sangat rendah pada saat musim kemarau yang dapat menyebabkan kekeringan dan intensitas curah hujan yang sangat tinggi pada saat musim hujan yang dapat menyebabkan banjir (Karamma dan Pallu, 2018; Mustamin dkk., 2021).

Ketersediaan data curah hujan yang *real time* dan akurat sangat diperlukan sebagai dasar dalam prediksi cuaca ekstrim, simulasi hidrologi, monitoring banjir, kekeringan, klimatologi, dan agrikultur (Karamma dkk., 2022; Mustamin dkk., 2023; Suleman dkk., 2021).

Data curah hujan dapat diperoleh dari alat penakar curah hujan baik yang manual ataupun otomatis yang terdapat di pos stasiun hujan (Fadlin dkk., 2022). WMO (World Meteorological Organization) telah mengatur terkait ketentuan pendirian lokasi stasiun hujan, tetapi karena biaya pendirian dan operasional yang besar serta topografi yang sulit seperti daerah pegunungan mengakibatkan keterbatasan jumlah stasiun hujan. Hal tersebut terjadi di banyak daerah khususnya di Indonesia yang hingga saat ini masih kurang alat penakar hujan yang tersebar merata dan pada umumnya masih menggunakan pos penakar hujan manual yang rentan terhadap kesalahan pencatatan data (Marta dkk., 2023). Keterbatasan sebaran stasiun hujan menyebabkan analisis dan prediksi curah hujan yang sebenarnya jatuh di bumi sulit dilakukan (Partarini dkk., 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan alternatif lain untuk dapat memperoleh data curah hujan. Saat ini, perkembangan teknologi dalam bidang meteorologi dan klimatologi sangat pesat yang memungkinkan satelit produk sudah dapat dilakukan pengukuran data curah hujan secara temporal dan spasial (Pratama dkk., 2022). Namun penggunaan data satelit masih perlu divalidasi terhadap data yang terukur di lapangan sehingga dapat dievaluasi akurasinya (Natadireja dkk., 2018). Hal tersebut diperlukan karena adanya kondisi ketidakpastian data satelit pada saat menghasilkan data curah hujan disebabkan karena adanya *error* pada saat pengambilan sampel, *error* yang dihasilkan dari instrumen, dan *error* pada algoritma yang digunakan (Liu dkk., 2020).

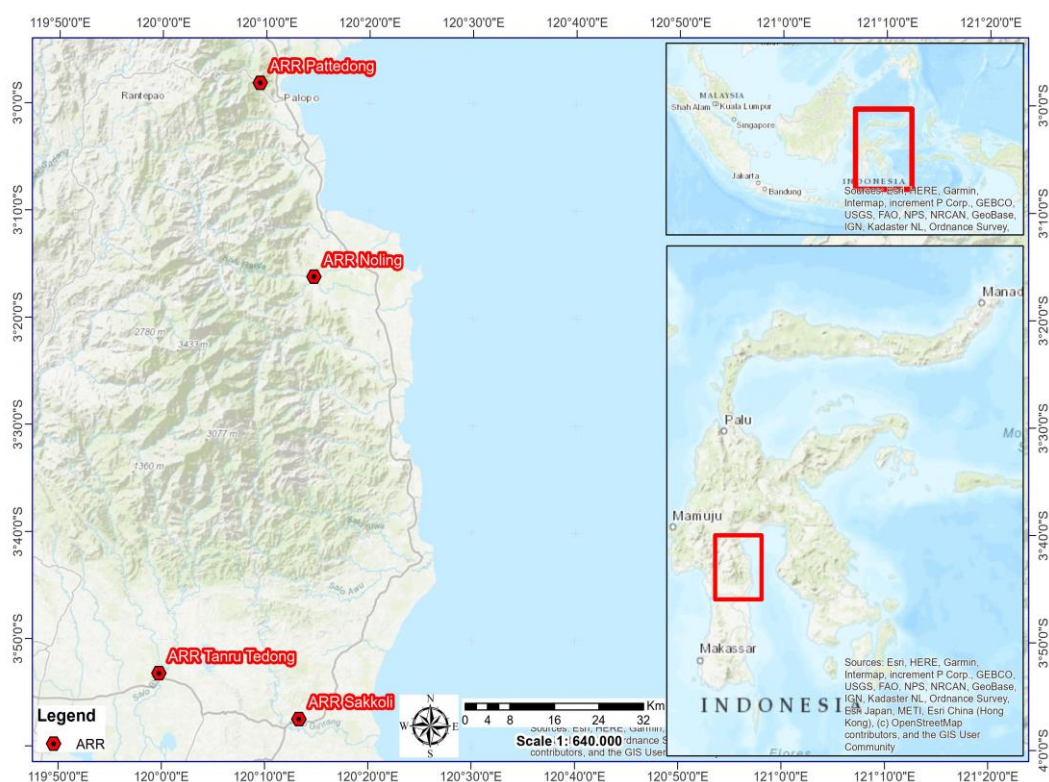
Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) merupakan salah satu satelit yang dapat dijadikan sumber data hujan di Indonesia. GSMaP merupakan sebuah proyek yang saat ini dikelola oleh Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). GSMaP mengkombinasikan beberapa data hasil pengamatan multi satelit (NOAA, DMSP, Aqua, dan TRMM) dan algoritma (McCollum dan Ferraro, 2003; Liu dkk., 2020). Kelebihan lain dari GSMaP adalah memiliki resolusi temporal 1 jam, memiliki resolusi spasial $0,1^\circ$ atau 11,06 km dan data hujan dapat diperoleh di seluruh dunia mulai dari tahun 2000 hingga sekarang (Kubota dkk., 2007). Penggunaan data curah hujan GSMaP di Indonesia adalah suatu hal yang sangat menguntungkan, melihat Indonesia memiliki wilayah yang sangat luas, pola curah hujan yang bervariasi, dan kurangnya alat panakar hujan terukur tersebar di Indonesia. Namun, untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi untuk data satelit tetap memerlukan validasi dalam penggunaannya (Natadireja dkk., 2018).

Saat ini penelitian tentang data hujan satelit GSMaP sudah beberapa kali dilakukan tetapi kebanyakan pada tingkat akurasi data hujan harian dan bulanan (Pratama dkk., 2022). Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian lanjutan dengan resolusi temporal lebih tinggi yaitu data curah hujan per-jam sehingga dapat diketahui tingkat akurasi GSMaP saat hujan ringan hingga ekstrim. Tujuan dari penelitian ini untuk memvalidasi tingkat akurasi data curah hujan skala jam - jaman GSMaP

dalam mengestimasi curah hujan di wilayah Indonesia khususnya di Provinsi Sulawesi Selatan berdasarkan data *Automatic Rainfall Recorder* (ARR). Selanjutnya data curah hujan GSMaP dapat dijadikan alternatif pilihan data curah hujan pada suatu perencanaan dan pengelolaan sumber daya air terutama pada daerah yang minim stasiun hujan atau wilayah terpencil.

Metodologi Studi

Penelitian ini dilakukan di Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia yang mempunyai data pengamatan terukur berupa ARR. Lokasi penelitian terdiri dari 4 titik yaitu ARR Tanru Tedong, ARR Noling, ARR Pattedong, dan ARR Sakkoli yang tersebar di Kabupaten Sidrap, Kabupaten Luwu, dan Kabupaten Wajo. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Data hujan stasiun ARR diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, sedangkan data curah hujan satelit GSMaP dapat diperoleh dengan cara mengakses <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>. Analisis awal yang perlu dilakukan yaitu uji kualitas data terhadap data curah hujan ARR. Uji tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah data layak untuk digunakan untuk analisis selanjutnya. Salah satu pengujian yang digunakan untuk uji kualitas data, yaitu uji kepanggaan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Setelah kualitas data ARR memenuhi, selanjutnya kedua data curah hujan tersebut dibandingkan untuk menentukan tingkat akurasi data hujan per-jam dari GSMaP. Penelitian dilakukan berdasarkan klasifikasi kelas hujan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan

Geofisika yaitu hujan ringan (5 – 20 mm/hari), hujan sedang (20 – 50 mm/hari), hujan lebat (50 – 100 mm/hari), dan hujan sangat lebat (100 - 150 mm/hari) (Rahman dan Indra, 2020). Atas dasar itu dapat diketahui keakuratan dari pengamatan curah hujan GSMaP pada masing – masing kelas hujan.

Secara singkat penelitian ini dilaksanakan dengan 3 tahapan, yaitu tahap pengumpulan data, pengklasifikasian kelas hujan, dan validasi akurasi menggunakan koefisien korelasi (*R*), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Relative Bias* (RB).

Koefisien Korelasi

Analisis korelasi adalah salah satu metode statistik yang bertujuan untuk mencari kekuatan hubungan antara 2 variabel dengan nilai berkisar 0 – 1 (Nomleni dkk., 2021). Interpretasi nilai koefisien korelasi 0 – 0,19 yaitu sangat rendah, 0,2 – 0,39 yaitu rendah, 0,4 – 0,59 yaitu sedang, 0,6 – 0,79 yaitu kuat, dan 0,8 – 1,0 yaitu sangat kuat.

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

Keterangan:

- Pi = data terukur (data stasiun ARR),
- Qi = data perkiraan (data satelit),
- N = banyaknya data.

Root Mean Square Error (RMSE)

Analisis RMSE bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan korelasi/kesalahan antara dua variabel yaitu data terukur dan data perkiraan. Apabila nilai RMSE semakain kecil (mendekati nol), maka nilai perkiraan semakin mendekati nilai terukur yang artinya tingkat kesalahan semakin kecil atau semakin akurat (Fadholi, 2013).

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

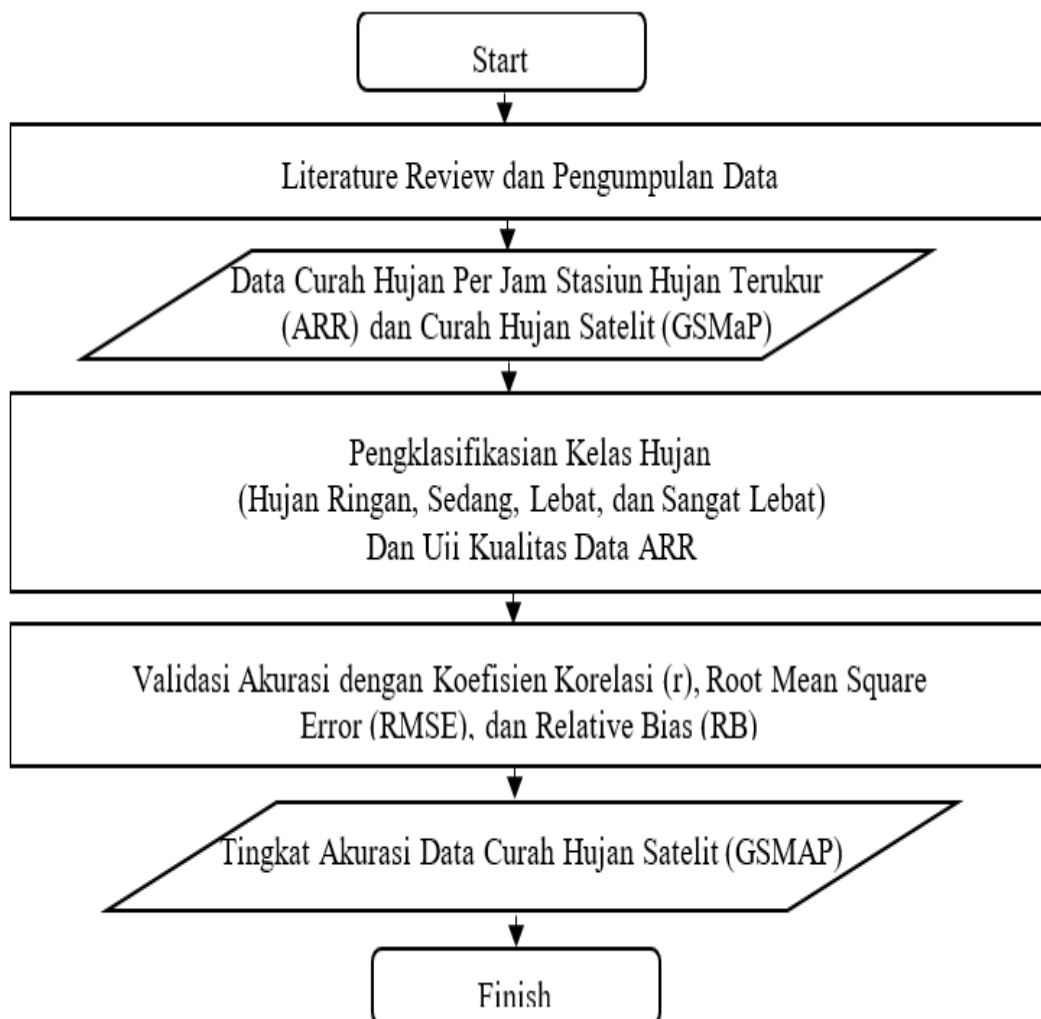
Relative Bias (RB)

RB merupakan nilai bias yang bertujuan untuk mengetahui perbandinga antara besarnya nilai dari variabel yang satu dengan variabel lainnya yang dianggap sebagai patokan variabel sebenarnya. Apabila RB bernilai positif maka data terukur memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan data perkiraan, begitupun sebaliknya apabila nilai RB bernilai negatif (Fadholi, 2013).

$$RB = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)}{\sum_{i=1}^N P_i} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Alur Penelitian

Secara umum alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur penelitian

Hasil Studi dan Pembahasan

Tahap pertama yang dilakukan adalah pengklasifikasian data curah hujan yang tersedia dari ARR berdasarkan kelas hujan. Rekapitulasi ketersediaan data curah hujan dari ke 4 titik ARR di Sulawesi Selatan yang telah diklasifikasikan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi data hujan ARR tersebar di Sulawesi Selatan

| Stasiun | Tanggal | Jam (WITA) | Kelas Hujan |
|----------------------|------------------|---------------|--------------|
| Stasiun Tanru Tedong | 15 April 2018 | 21.00 - 23.00 | Ringan |
| | 16 April 2018 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 23 April 2018 | 19.00 - 23.00 | Ringan |
| | 24 April 2018 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 17 Mei 2018 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 26 Mei 2018 | 00.00 - 23.00 | Sedang |
| | 29 Juni 2018 | 20.00 - 23.00 | Ringan |
| | 30 Juni 2018 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 1 Juli 2018 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 3 Mei 2021 | 00.00 - 23.00 | Sedang |
| | 13 Juni 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 29 Juni 2021 | 00.00 - 23.00 | Sedang |
| | 7 Juli 2021 | 22.00 - 23.00 | Sangat Lebat |
| | 8 Juli 2021 | 00.00 - 23.00 | Sangat Lebat |
| 17 Juli 2021 | 00.00 - 23.00 | Lebat | |
| Stasiun Sakkoli | 16 April 2018 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 12 Juni 2018 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| Stasiun Noling | 22 Januari 2021 | 00.00 - 23.00 | Sedang |
| | 13 Februari 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 16 Maret 2021 | 23.00 | Sedang |
| | 17 Maret 2021 | 00.00 - 23.00 | Sedang |
| | 18 Maret 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 25 Juni 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 26 Juni 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 7 Juli 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 14 Juli 2021 | 00.00 - 23.00 | Sedang |
| Stasiun Pattedong | 22 Februari 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 4 Maret 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |
| | 18 Maret 2021 | 00.00 - 23.00 | Ringan |

Tabel 1 menunjukkan bahwa dari keempat stasiun ARR terdapat 19 hari data hujan kelas ringan, 7 hari data hujan kelas sedang, 1 hari data hujan kelas lebat dan 2 hari data hujan kelas sangat lebat. Data yang telah diklasifikasikan selanjutnya dilakukan uji kepanggaan dengan metode RAPS dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

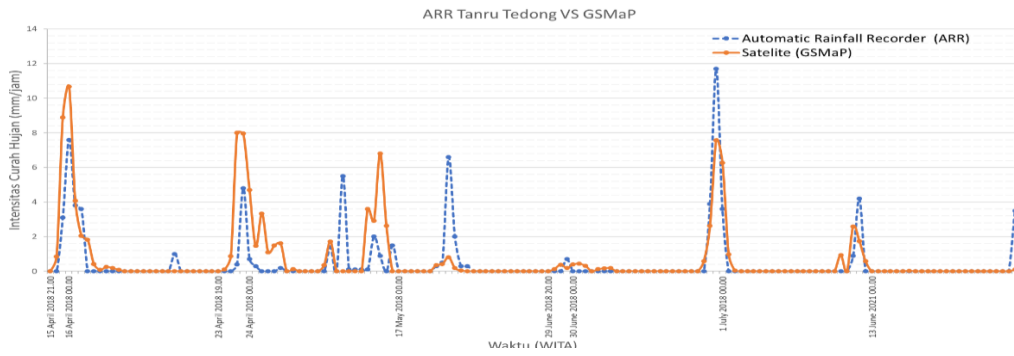
Tabel 2. Uji Kepanggaan Metode RAPS

| Nilai hitung | Nilai kritis | Keterangan |
|-------------------|-------------------|------------|
| $Q/(n0,5) = 4,19$ | $Q/(n0,5) = 6,67$ | Memenuhi |
| $R/(n0,5) = 6,73$ | $R/(n0,5) = 7,73$ | Memenuhi |

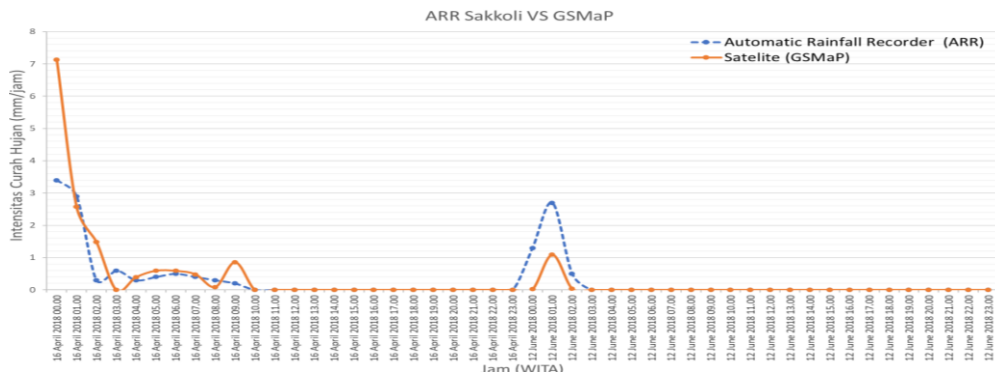
Tabel 2 menunjukkan hasil analisis kepanggaan yang diperoleh bahwa nilai $Q/(n0,5)$ hitung dan $R/(n0,5)$ hitung lebih kecil dari nilai $Q/(n0,5)$ kritis dan $R/(n0,5)$ kritis dengan derajat kepercayaan 95%, berarti data memenuhi syarat dan dapat digunakan.

Validasi Akurasi Data Curah Hujan

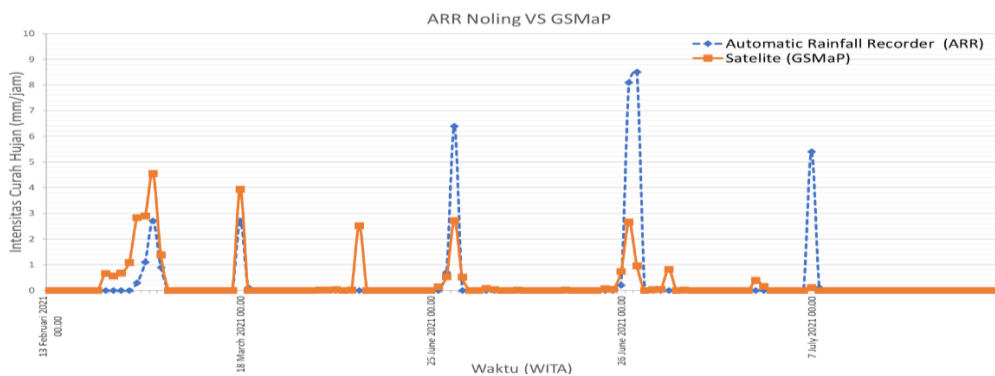
Data curah hujan terukur (ARR) dan data curah hujan satelit GSMaP divisualisasi dalam grafik dan dihitung tingkat akurasinya dengan uji statistik. Grafik data curah hujan ARR dan hujan satelit GSMaP dapat dilihat pada Gambar 3, 4, 5, dan 6.



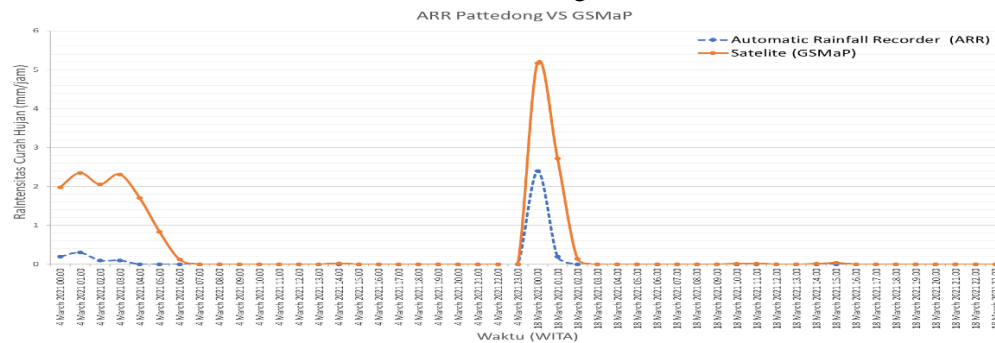
(a) ARR Tanru Tedong VS GSMaP



(b) ARR Sakkoli VS GSMaP

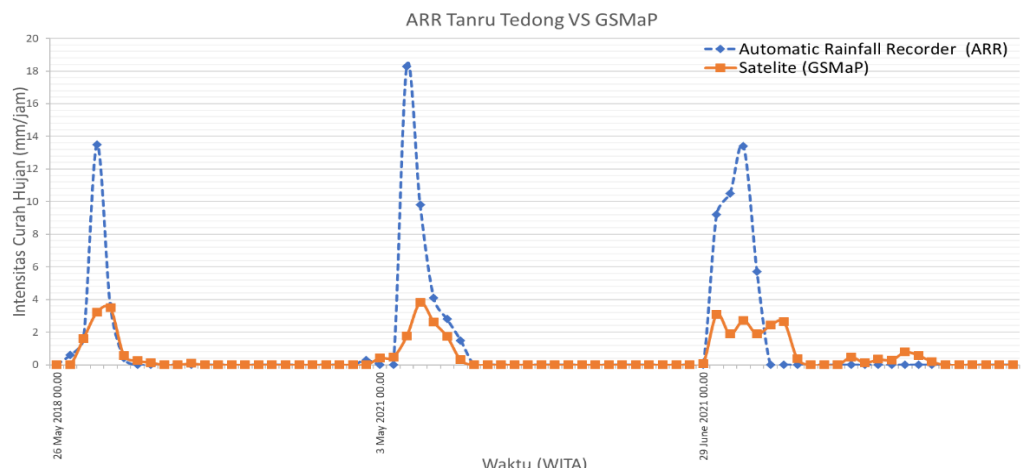


(c) ARR Noling VS GSMaP

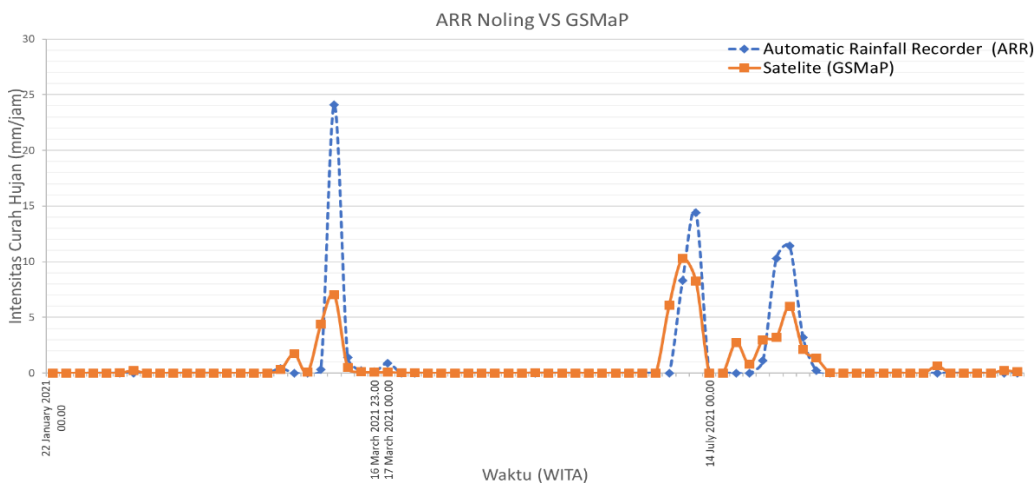


(d) ARR Pattedong VS GSMaP

Gambar 3. Grafik curah hujan jam-jaman pada intensitas hujan kelas ringan

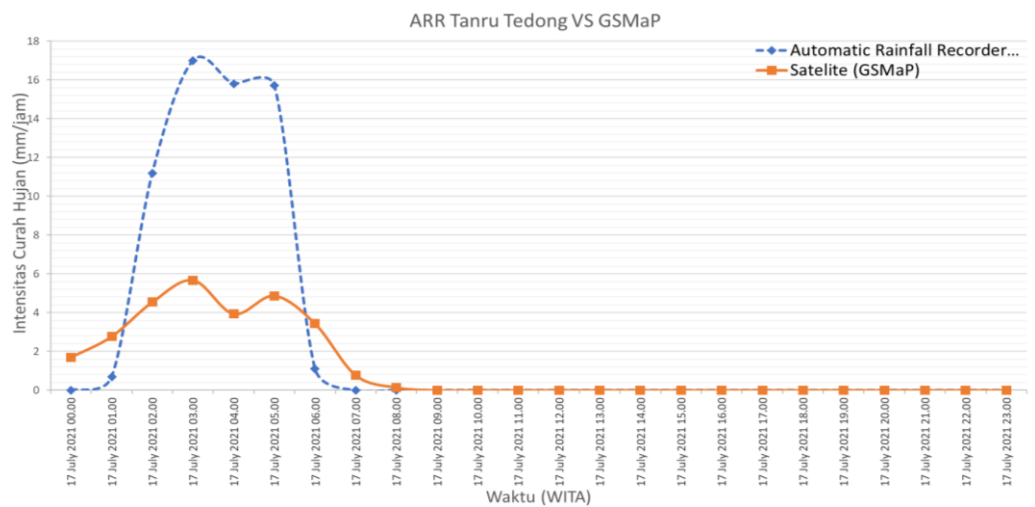


(a) ARR Tanru Tedong VS GSMaP

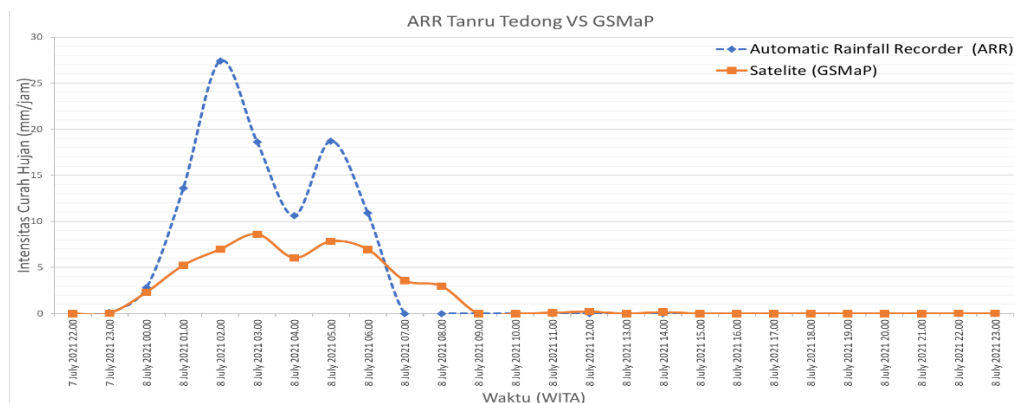


(b) ARR Noling VS GSMaP

Gambar 4. Grafik curah hujan jam-jaman pada intensitas hujan kelas sedang

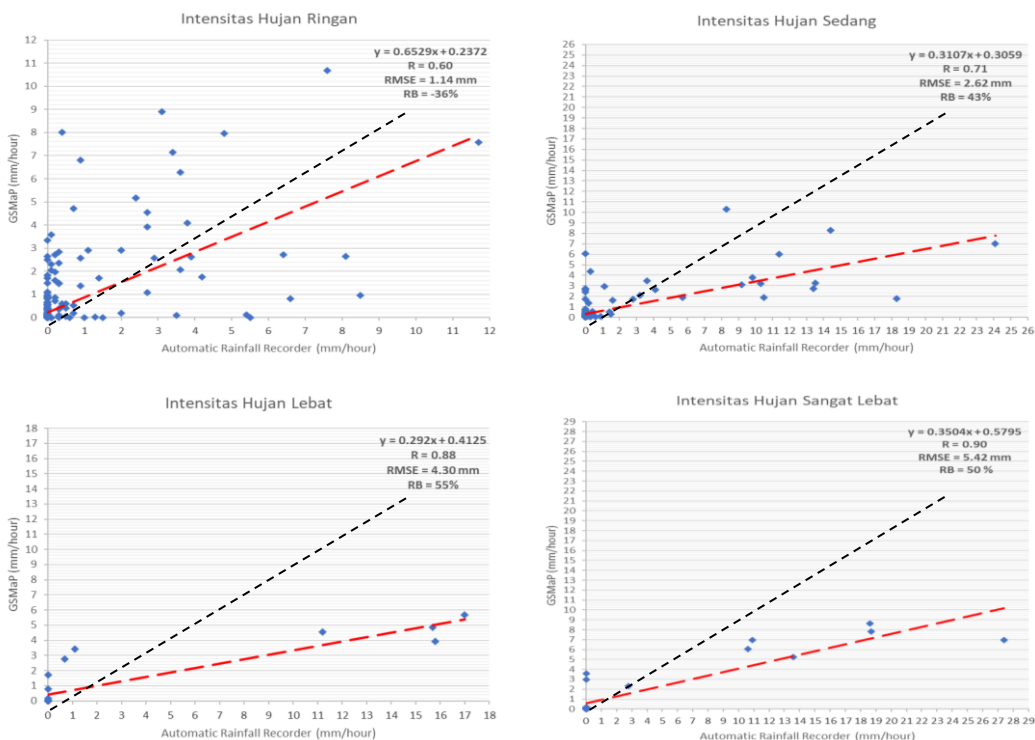


Gambar 5. Grafik curah hujan jam-jaman pada intensitas hujan kelas lebat



Gambar 6. Grafik curah hujan jam-jaman pada intensitas hujan kelas sangat lebat

Gambar 3,4,5 dan 6 menunjukkan bahwa adanya perbedaan data curah hujan terukur dan satelit. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa perbedaan ini terjadi karena adanya kesalahan sensor dan algoritma pengambilan dari satelit (Sadeghi dkk., 2019; Tang dkk., 2015). Data curah hujan jam-jaman satelit GSMaP cenderung *under-estimated* terhadap curah hujan terukur (ARR) pada intensitas sedang, lebat dan sangat lebat, serta memiliki pola naik turun yang relatif sama. Selanjutnya untuk melihat tingkat akurasi maka dilakukan pengujian koefisien korelasi (r), RMSE, dan (RB). Hasil uji akurasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Uji statistik akurasi data curah hujan gsmap berdasarkan intensitas hujan

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas hujan maka semakin tinggi nilai korelasi data GSMaP terhadap data terukur. Nilai korelasi pada

intensitas hujan ringan sebesar 0,60 (kuat), intensitas hujan sedang sebesar 0,71 (kuat), intensitas hujan lebat sebesar 0,88 (sangat kuat), dan intensitas hujan sangat lebat 0,90 (sangat kuat).

Jika ditinjau dari nilai RB dan RMSE maka data hujan GSMaP pada intensitas hujan ringan cenderung *over-estimated* dari data hujan terukur sebesar 36 % dengan *error* tertinggi sebesar 1,14 mm/jam, kemudian cenderung *under-estimated* pada intensitas hujan sedang hingga sangat lebat sebesar 43% - 55% dengan *error* berkisar 2,62 mm/jam – 5,42 mm/jam.

Hasil penelitian ini menyerupai penelitian sebelumnya yang menguji akurasi data curah hujan GSMaP skala harian (Natadireja dkk., 2018; Pratama dkk., 2022; Rahman dan Indra, 2020). Hasil penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa data curah hujan GSMaP memiliki korelasi yang kuat hingga sangat kuat dengan data curah hujan terukur, sehingga data curah hujan GSMaP dapat diandalkan untuk estimasi curah hujan di wilayah yang tidak memiliki titik pengamatan, tetapi alangkah lebih baiknya data tersebut dilakukan koreksi terlebih dahulu karena terdapat *error* dalam keadaan tertentu akibat adanya kesalahan sensor dan algoritma pengambilan satelit.

Selain itu, data curah hujan GSMaP dapat digunakan untuk mengetahui distribusi hujan jam-jaman yang turun karena memiliki pola naik turun yang relatif sama dengan data hujan terukur, sehingga apabila data curah hujan harian terukur tersedia maka dapat dilakukan koreksi bias untuk memperoleh data hujan jam-jaman terkoreksi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil dari validasi akurasi menunjukkan bahwa data curah hujan satelit GSMaP dan data curah hujan terukur pada skala jam-jaman memiliki hubungan yang kuat dibuktikan dengan nilai koefisien korelasi 0,6 – 0,9, semakin tinggi intensitas hujan maka semakin tinggi nilai korelasi data GSMaP terhadap data terukur. Jika ditinjau dari nilai RB dan RMSE, maka data hujan GSMaP pada intensitas hujan ringan cenderung *over-estimated* dari data hujan terukur sebesar 36 % dengan *error* tertinggi sebesar 1,14 mm/jam, kemudian cenderung *under-estimated* pada intensitas hujan sedang hingga sangat lebat sebesar 43% - 55% dengan *error* berkisar 2,62 mm/jam – 5,42 mm/jam. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa perbedaan ini terjadi karena adanya kesalahan sensor dan algoritma pengambilan dari satelit.

Hal ini menunjukkan data curah hujan GSMaP dapat diandalkan untuk estimasi curah hujan di wilayah yang tidak memiliki titik pengamatan, namun pada daerah yang memiliki data terukur tetapi panjang data terbatas sebaiknya data satelit tersebut dilakukan koreksi/kalibrasi terlebih dahulu karena masih terdapat *error*. Selain itu GSMaP juga dapat digunakan untuk mengetahui distribusi hujan jam-jaman yang turun karena memiliki pola naik turun yang relatif sama dengan data hujan terukur.

Saran

Saat ini penelitian hanya menyandingkan data curah hujan ARR dan satelit (GSMAP), sehingga harapan kedepannya ada penelitian lanjutan dengan membuat persamaan kalibrasi terkhusus untuk data hujan GSMAP di wilayah Sulawesi Selatan agar data hujan tersebut dapat langsung digunakan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Laboratorium Riset Sungai Universitas Hasanuddin, Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang (BBWS-PJ), Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) yang telah memberikan dukungan berupa masukan data penelitian dan para reviewer atas saran yang membangun.

Daftar Referensi

- Fadholi, A. (2013). Persamaan Regresi Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Data Suhu dan Kelembapan Udara di Ternate. *Statistika*, 13(1): 7–16. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.29313/jstat.v13i1.1068>
- Fadlin, F., Thaha, M.A., Maricar, F., Hatta, M.P. (2022). Spatial Modelling for the Calculation of River Capacity: Case Study Downstream Area of Wanggu River Kendari. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1117(1): 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1117/1/012072>
- Karamma, R., Badaruddin, S., Mustamin, M.R., Saing, Z. (2022). Flood Modelling due to Dam Failure Using HEC-RAS 2D with GIS Overlay: Case Study of Karalloe Dam in South Sulawesi Province Indonesia. *Civil Engineering and Architecture*, 10(7): 2833–2846. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100704>
- Karamma, R., dan Pallu, M.S. (2018). Comparison of Model Hidrograf Synthetic Unit (HSS) With the Model of Hidrograf Observation on DAS Jeneberang Gowa Regency, Indonesia. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 3(2): 617–623.
- Kubota, T., Shige, S., Hashizume, H., Aonashi, K., Takahashi, N., Seto, S., Hirose, M., Takayabu, Y.N., Ushio, T., Nakagawa, K., Iwanami, K., Kachi, M., Okamoto, K. (2007). Global Precipitation Map Using Satellite-Borne Microwave Radiometers by the GSMaP Project: Production and Validation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(7): 2259–2275. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.895337>
- Liu, C.-Y., Aryastana, P., Liu, G.-R., Huang, W.-R. (2020). Assessment of Satellite Precipitation Product Estimates Over Bali Island. *Atmospheric Research*, 244: 105032. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105032>
- Marta, S.D., Suhartanto, E., Fidari, J.S. (2023). Validasi Data Curah Hujan Satelit dengan Data Stasiun Hujan di DAS Ngasinan Hulu, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(1): 35–45. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2023.003.01.04>
- McCollum, J.R., dan Ferraro, R.R. (2003). Next Generation of NOAA/NESDIS TMI, SSM/I, and AMSR-E Microwave Land Rainfall Algorithms. *Journal of*

- Geophysical Research*, 108(D8): 8382.
<https://doi.org/10.1029/2001JD001512>
- Mustamin, M.R., Maricar, F., Kamma, R. (2021). Hydrological Analysis In Selecting Flood Discharge Method In Watershed Of Kelara River. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 8(2): 141–150. <https://doi.org/10.31963/intek.v8i2.2874>
- Mustamin, M.R., Maricar, F., Kamma, R. (2023). Modeling of Flood Prone Areas In The Kelara Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1134(1): 012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1134/1/012006>
- Natadireja, S., Sukarasa, I.K., Sutapa, G.N. (2018). Validation of Daily Rainfall Based on Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMAP) Data of Bali and Nusa Tenggara Region. *Buletin Fisika FMIPA UNAUD*, 19(1): 12–15.
- Nomleni, A., Suhartanto, E., Harisuseno, D. (2021). Estimation of Flow Discharge Model at Temef Watershed - East Nusa Tenggara Using TRMM Satellite Data. *Civil and Environmental Science*, 004(02): 115–126. <https://doi.org/10.21776/ub.civense.2021.00402.2>
- Partarini, N.M.C., Sujono, J., Pratiwi, E.P.A. (2021). Koreksi dan Validasi Data Curah Hujan Satelit GPM-IMERG Dan Chrips di DAS Selorejo, Kabupaten Malang. *Inovasi Teknologi Dan Material Terbaru Menuju Infrastruktur Yang Aman Terhadap Bencana Dan Ramah Lingkungan*, 149–156.
- Pratama, A., Agiel, H. M., Oktaviana, A.A. (2022). Evaluasi Satellite Precipitation Product (GSMaP, CHIRPS, dan IMERG) di Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of Science and Applicative Technology*, 6(1), 32–40. <https://doi.org/10.35472/jsat.v6i1.702>
- Rahman, R.N., & Indra. (2020). Validasi Performa Satelit Presipitasi GSMaP Dalam Mengestimasi Curah Hujan di Jabodetabek. *Jurnal Widya Climago*, 2(2): 77–85.
- 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*, 20(12): 2273–2289. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-19-0110.1>
- Suleman, A.R., Djufri, H., Mustamin, M.R., Palembang, M.L. (2021). Structural Mitigation of Bila River, Sidrap Regency. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(6): 3573–3577.
- Tang, L., Tian, Y., Yan, F., Habib, E. (2015). An improved Procedure for the Validation of Satellite-Based Precipitation Estimates. *Atmospheric Research*, 163: 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.12.016>