

EVALUASI PENYIMPANGAN DATA HUJAN SATELIT TRMM JAXA DALAM ANALISIS CURAH HUJAN RANCANGAN DI WILAYAH SUMBAWA *Evaluation of TRMM JAXA Satellite Rainfall Data on Design Rainfall Analysis in Sumbawa*

Humairo Saidah*, Agustono Setiawan*, Ery Setiawan*, Salehudin*

*Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram
Email : h.saidah@unram.ac.id, agustonos@unram.ac.id, ery.setiawan@unram.ac.id,
saleh.salehudin@unram.ac.id

Manuscript received: 04 Maret 2023

Accepted: 22 Maret 2023

Abstrak

Pemanfaatan data hujan satelit sebagai salah satu alternatif penyedia jasa semakin dirasakan manfaatnya, utamanya bagi daerah yang memiliki stasiun penakar hujan terbatas. Salah satu satelit penyedia data hujan yang cakupan wilayahnya termasuk Indonesia adalah TRMM JAXA. Penelitian ini menguji seberapa jauh kedekatan data hujan dari TRMM JAXA dibandingkan data hujan pengukuran. Tahapan dimulai dengan mengumpulkan data hujan dilanjutkan dengan perhitungan hujan rancangan, dan mengukur penyimpangannya dengan nilai RMSE dan BIAS. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa data hujan dari satelit TRMM JAXA di Wilayah Sumbawa cenderung underestimate dan memiliki tingkat akurasi yang cukup dibandingkan data hujan pengamatan dengan penyimpangan rerata sebesar -0.05. Besaran hujan rancangan yang dihasilkan dari analisis frekuensi menggunakan data hujan satelit TRMM JAXA memiliki penyimpangan yang cukup besar yaitu sebesar 21%.

Kata kunci : TRMM JAXA, Curah hujan rancangan, Akurasi.

PENDAHULUAN

Pulau Sumbawa adalah salah satu pulau yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Barat, yang memiliki tiga kabupaten dan satu kota, yaitu Kabupaten Sumbawa, Kabupaten Sumbawa Barat, Kabupaten Dompu, Kabupaten Bima dan Kota Bima. Wilayah Sumbawa yang terdiri dari Kabupaten Sumbawa Barat dan Sumbawa Besar membentang antara 116,7° BT – 118,6° BT hingga 8,0° LS – 9,25° LS, dengan luas daratan mencapai 6.643,98 km² (Kanwil BPN Provinsi NTB, 2023). Perkembangan wilayah Sumbawa yang sangat pesat membutuhkan dukungan banyak pihak utamanya dalam hal penyediaan data agar berbagai analisis yang dilakukan dapat menghasilkan perkiraan yang lebih tepat demi mendukung perencanaan pembangunan yang lebih baik.

Data hujan pengukuran adalah salah satu data yang masih menjadi permasalahan di Kabupaten Sumbawa. Hal itu karena pos pencatatan hujan yang tidak tersebar merata dan panjang rekaman ketersediaan data yang pendek. Padahal ketersediaan data hujan dalam jangka waktu yang panjang menjadi syarat utama dalam melakukan analisis hujan rancangan, dimana hujan rancangan ini menjadi masukan utama dalam berbagai kegiatan perancangan infrastruktur keairan. Data hujan pengukuran menjadi dokumen yang sangat berharga karena dapat diperoleh gambaran kondisi hujan pada suatu tempat pada setiap pos pengamatan hujan tersebut dapat secara relatif akurat.

Berbagai pendekatan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan data hujan, termasuk di dalamnya pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menggunakan satelit. Teknologi satelit memungkinkan untuk memantau curah hujan di daerah yang tidak terjangkau ataupun tidak tersedia alat pengukur hujan. Salah satu satelit yang khusus memonitor curah hujan di wilayah tropis seperti Indonesia adalah *Tropical Rainfall Measuring Mission Japan Aerospace Exploration Agency (TRMM JAXA)*. Untuk tujuan

pemanfaatan dan penyediaan alternatif sumber data hujan bagi daerah yang tidak memiliki alat ukur, maka evaluasi ini dilakukan. Selain evaluasi pada akurasi data mentahnya, penelitian ini juga mengevaluasi hasil perhitungan hujan rancangan pada berbagai kala ulang di wilayah Sumbawa dan membandingkannya dengan hujan rancangan dari data pengukuran.

TINJAUAN PUSTAKA

Data hujan pengamatan

Data hujan pengamatan merupakan data hujan yang dikumpulkan dari instansi pengumpul data melalui pengukuran. Hujan yang jatuh di permukaan bumi diukur menggunakan ombrometer ataupun menggunakan alat ukur hujan otomatis (*Automatic Rainfall Recorder*). Data hujan yang tercatat merupakan hujan titik (*point rainfall*) yang masih perlu digabungkan dengan data hujan dari stasiun yang ada di sekitarnya untuk mendapatkan besarnya hujan yang dapat dianggap mewakili wilayah tertentu (curah hujan wilayah)(Soemarto, 1987, 1987; Suripin, 2004; Triatmodjo, 2008).

Data hujan Satelit

Data hujan satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk data dari satelit TRMM JAXA atau dikenal sebagai TRMM GMap_NRT. TRMM JAXA merupakan proyek satelit bersama Amerika dan Jepang yang mempunyai misi pengukuran hujan pada wilayah tropis. Satelit ini diluncurkan kembali ke atmosfer pada 16 Juni 2015 (Waktu Standar Jepang) dan melanjutkan misi pengamatannya selama 17 tahun sejak peluncuran pertamanya pada November 1997 (Japan Aerospace Exploration Agency, 2015). Saat ini TRMM JAXA sudah berhenti beroperasi dan misinya dilanjutkan dengan satelit GPM. TRMM JAXA dipilih karena merupakan satelit pertama yang mengkhususkan diri untuk penelitian tentang hujan (As-syakur, 2010; Renggono & Syaifullah, 2011). Data JAXA sangat mudah diakses, dan tersedia dalam banyak pilihan format data dimana salah satunya adalah Microsoft Excel. Hasil penelitian di beberapa wilayah di dunia seperti di Indonesia (Putri Jarwanti, 2021; Syaifullah, 2014) di China (Tang et al., 2017), di Iran (Darand & Siavashi, 2021), juga menunjukkan hasil bahwa data hujan satelit JAXA memiliki performa lebih baik dari satelit yang lain, meski tetap membutuhkan angka penyesuaian.

Uji konsistensi data

Analisis diawali dengan pengujian konsistensi data hujan baik data terukur maupun data satelit, menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Metode RAPS bekerja dengan mengukur pergeseran nilai curah hujan terhadap nilai reratanya sendiri. Perhitungan pengujian ini menggunakan beberapa persamaan berikut:

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y_r) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y_r)^2}{n} \quad \dots \dots \dots (3)$$

dimana: n = Jumlah data; Y_i = data curah hujan ke- I; Y_r = rata –rata curah hujan; Sk^* = simpangan mutlak; Sk^{**} = nilai konsistensi data; D_y = simpangan rata-rata; Q = nilai statistik; dan R = nilai statistik (range)

Nilai statistik Q dan R

$$Q = \max | Sk^{**} | \dots\dots\dots (4)$$

$$R = \max Sk^{**} - \min Sk^{**} \dots\dots\dots (5)$$

dengan melihat nilai statistik di atas maka dapat dihasilkan nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} dan membandingkan hasilnya dengan nilai kritik dari Q dan R Tabel (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai kritik Q dan R

	Q/\sqrt{n}			R/\sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.5	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
>100	1.22	1.36	1.62	1.62	1.72	2.00

Sumber: (Harto, 2009)

Analisis Frekuensi

Perhitungan besaran nilai rancangan dilakukan dengan metode analisis frekuensi, mengikuti jenis agihan data hujannya. Beberapa jenis agihan data yang biasa digunakan dalam mengolah data hidrologi adalah agihan Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson Type III. Dimana keempat jenis agihan memiliki persyaratan masing-masing seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat agihan data

Jenis Agihan	Syarat
Normal	$Cs \approx 0; Ck = 3$
Log Normal	$Cs \approx 3Cv; Cs > 0$
Gumbel	$Cs \approx 1.14; Ck \approx 5.4$
Log Pearson Type III	Tidak ada syarat

(Seluruh nilai diluar agihan 1, 2, dan 3)

Sumber: (Triatmodjo, 2008)

Sedangkan nilai rancangan dari masing-masing agihan disajikan dalam persamaan umum berikut (Suripin, 2004):

$$X_T = \bar{X} + S \cdot K_T \dots\dots\dots (6)$$

K_T dirumuskan sebagai K dalam agihan Gumbel dan ditambahkan nilai *reduce variate* (Y_T) dengan formula:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \text{ dan } \dots\dots\dots (7)$$

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \dots\dots\dots (8)$$

Distribusi yang menggunakan nilai log seperti Log Normal dan Log Pearson type III mengikuti persamaan yang sama dan dapat dituliskan sebagai:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \cdot S_{\text{Log } X} \dots\dots\dots (9)$$

dengan: X_T = hujan rencana dengan kala ulang T tahun (mm); \bar{X} = nilai rata-rata data hujan (X) (mm); S = standar deviasi data hujan (X) (mm); K_T = faktor frekuensi, yang nilainya bergantung dari T variable reduksi dari Gauss untuk distribusi normal dan log normal, untuk distribusi log pearson menggunakan tabel frekuensi dari Log Pearson dan untuk Gumbel menggunakan persamaan (7); K = faktor frekuensi Gumbel; Y_T = *reduced variate*; S_n = *reduced standar*; Y_n = *reduced mean*.

Evaluasi Penyimpangan

Evaluasi akurasi hujan rancangan dari data satelit jika dibandingkan dengan data pengukuran dilakukan menggunakan pengukuran nilai *Root Mean Square Errors* dan nilai BIAS. Jika nilai RMSE dan BIAS mendekati nol, maka dapat dikatakan data hujan satelit makin baik akurasinya (nilai yang dihasilkan dari data hujan satelit dapat mendekati nilai dari observasi/pengukuran). Persamaan yang digunakan untuk menghitung RMSE adalah sebagai berikut (Pratiwi, Sujono, & Rahardjo, 2017; Su, Hong, & Lettenmaier, 2008):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - BIAS - G_i)^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{si} - P_{gi})}{\sum_{i=1}^n P_{gi}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

dimana: P_s = data hujan satelit (mm); P_g = data hujan observasi (mm); S_i = data hujan satelit data ke i (mm); G_i = data hujan satelit data ke i (mm); dan n = jumlah data.

Faktor Koreksi

Faktor koreksi adalah suatu bilangan yang menghubungkan antara nilai perkiraan dan nilai acuan. Keberadaan faktor koreksi dapat menurunkan tingkat kesalahan yang mungkin dibawa dalam analisis. Perhitungan nilai faktor koreksi dilakukan dengan menggunakan metode rasio rata-rata mengikuti persamaan berikut (Lenderink, Buishand, & Van Deursen, 2007):

$$\hat{Y} = Xn \frac{\mu_m Y}{\mu_m X} \quad \dots\dots\dots (11)$$

dengan: \hat{Y} = data satelit terkoreksi; X = data hujan satelit; n = urutan data yang akan dikoreksi; $\mu_m Y$ = jumlah data pengamatan; $\mu_m X$ = jumlah data satelit.

Metode ini menghasilkan angka koreksi dan pemakaian angka koreksi tersebut adalah dengan cara mengalikan data hujan satelit dengan angka koreksi yang dihasilkan dari perbandingan nilai rerata hujan pengamatan dan satelit.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan terlebih dahulu data hujan baik dari stasiun pengamatan maupun dari satelit. Tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan perhitungan curah hujan rancangan menggunakan data hujan TRMM JAXA dan menguji kedekatannya dengan curah hujan rancangan yang dihitung menggunakan data hujan pengamatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif, yang terbagi ke dalam tiga tahap utama, yaitu pengumpulan data, analisis dan simpulan.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di Kabupaten Sumbawa dengan nama yang baru setelah pemekaran menjadi Kabupaten Sumbawa Besar. Penelitian ini menggunakan data hujan sepanjang 17 tahun dari stasiun hujan Utan, Semongkat, Rea Atas dan stasiun Pungkit Atas, dan Gapit dari tahun 2001-2017. Peta wilayah studi beserta penyebaran stasiun hujan pengamatan disajikan pada Gambar 1.



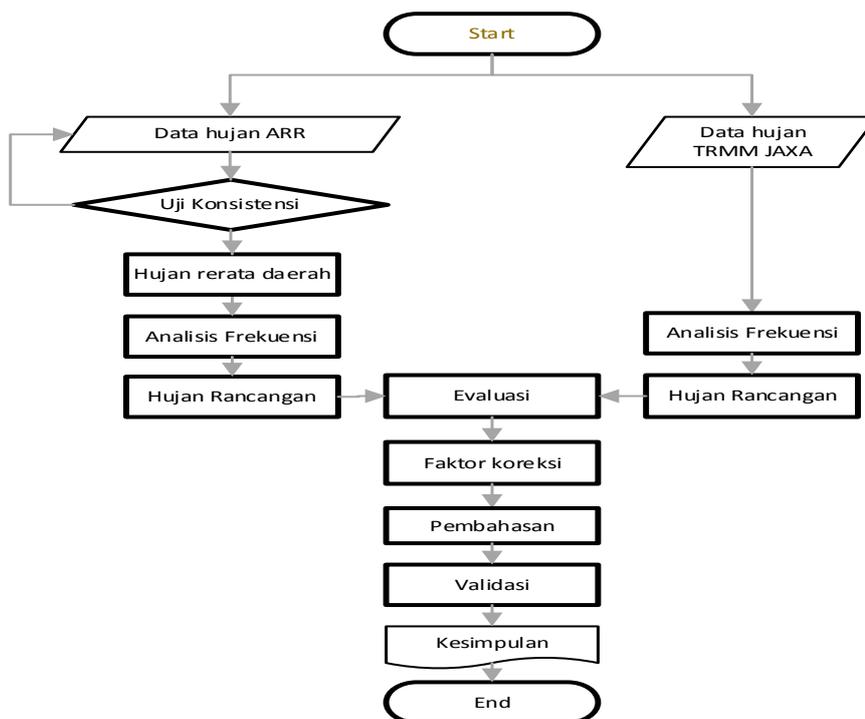
Gambar 1. Lokasi Studi

Pengumpulan data

Data hujan pengukuran dikumpulkan dari instansi Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I pada 4 stasiun yang ada sedangkan data hujan satelit dikumpulkan dengan cara mengunduh langsung dari laman resmi satelit TRMM *Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)* pada url <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>.

Langkah penelitian

Sedangkan langkah penelitian disajikan dalam bentuk bagan alir, sebagaimana disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap analisis diawali dengan mengumpulkan data hujan baik dari hasil pengukuran maupun dari satelit. Data tersebut lalu direkap untuk dipersiapkan melalui serangkaian pengujian. Perbandingan data hujan yang telah terkumpul dari kedua kelompok data disajikan pada Gambar 3.

Data hujan yang telah terkumpul diuji terlebih dahulu sebelum digunakan dalam analisis. Pengujian kepanggahan data dilakukan pada data dari stasiun pengukuran di bumi mengingat pada stasiun tersebut dimungkinkan terjadi perubahan sifat statistik data yang diakibatkan oleh berbagai hal, misal alat tidak lagi berfungsi dengan baik (mulai rusak), alat diganti dengan spek yang berbeda, lokasi alat dipindahkan ataupun perubahan lingkungan yang mempengaruhi ketelitian hasil pencatatan alat. Hasil pengujian konsistensi data disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji konsistensi data hujan pengamatan

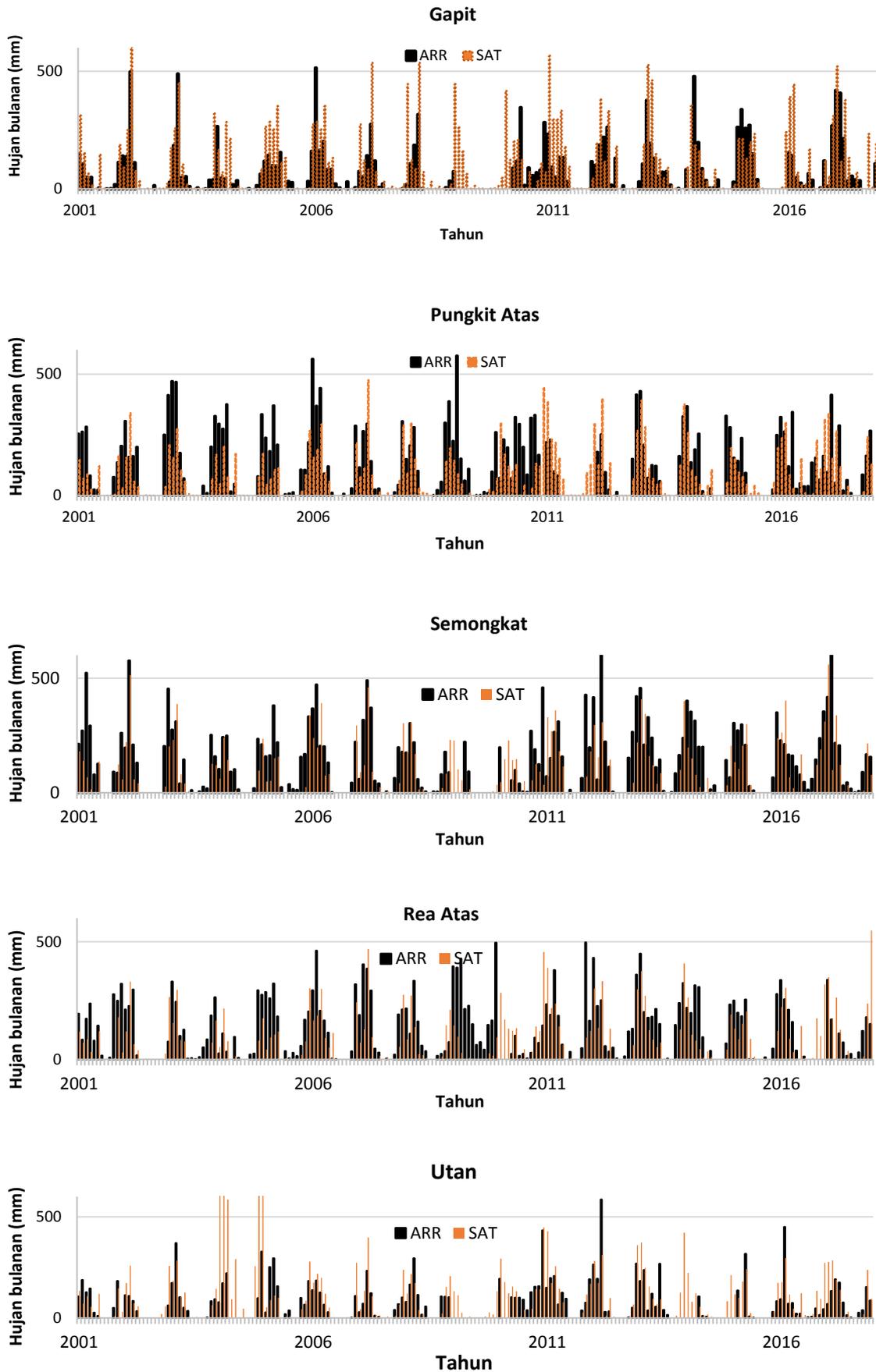
Stasiun	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$		$\frac{R}{\sqrt{n}}$		Keterangan
	Hitung	Tabel	Hitung	Tabel	
Utan	0.567	1.394	1.071	1.56	Konsisten
Rea Atas	1.03	1.394	1.451	1.56	Konsisten
Semongkat	1.006	1.394	1.291	1.56	Konsisten
Pungkit Atas	0.869	1.394	1.035	1.56	Konsisten
Gapit	1.100	1.394	1.031	1.56	Konsisten

Tahap analisis berikutnya adalah analisis akurasi data hujan satelit terhadap data hujan pengukuran. Pengukuran akurasi data dilakukan pada data awal (data satelit asli). Hasil evaluasi akurasi data TRMM JAXA (asli) terhadap curah hujan pengukuran disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut maka dapat diketahui keakuratan data hujan TRMM asli cukup baik namun belum memuaskan (Tabel 4).

Tabel 4. Evaluasi penyimpangan data satelit TRMM JAXA dan angka korelasi

	Gapit	Pukit Atas	Rea Atas	Semongkat	Utan	Rerata
BIAS (*100 %)	-0.51	0.31	0.28	0.32	-0.66	-0.05
RMSE (mm)	113.26	119.77	121.08	119.91	178.02	130.41
Koefisien Korelasi	0.67	0.58	0.53	0.65	0.50	0.59

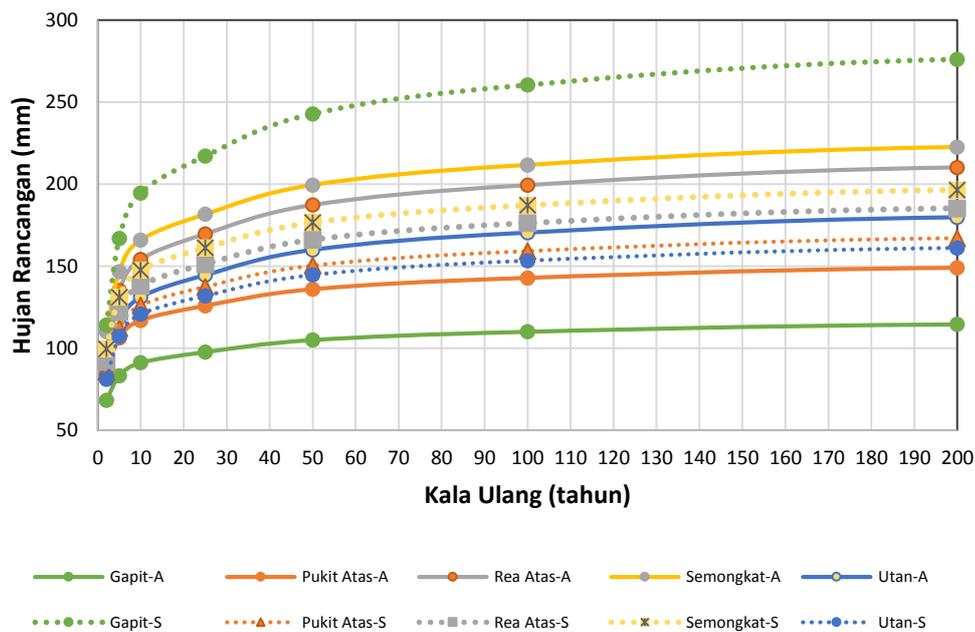
Studi ini menggunakan data TRMM JAXA asli yang belum dikoreksi untuk memperoleh nilai hujan rancangan. Setelah data diukur kedekatannya dengan data pengukuran menggunakan nilai BIAS dan RMSE, langkah berikutnya adalah perhitungan hujan rancangan dengan analisis frekuensi yang diawali dengan penentuan jenis agihan data. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai parameter statistik yaitu Cs, Cv dan Ck hampir seluruh data yang tersedia baik data hujan pengukuran maupun data satelit di seluruh stasiun memiliki nilai Cs mendekati 0 dan Cv mendekati 3. Sehingga sebaran data hujan dari seluruh stasiun tersebut masuk di dalam kriteria berdistribusi normal. Maka tahap perhitungan besaran rancangan dilakukan dengan analisis frekuensi untuk data berdistribusi normal menggunakan tabel reduksi frekuensi Gauss hingga diperoleh besaran hujan rancangan dalam berbagai kala ulang yang disajikan dalam Tabel 5 dan Gambar 4.



Gambar 3. Perbandingan data hujan bulanan dari ARR dan satelit TRMM JAXA (asli)

Tabel 5. Hujan Rancangan di masing-masing stasiun dalam berbagai kala ulang

Kala Ulang (tahun)	Hujan Pengamatan (ARR)					Hujan Satelit TRMM JAXA (Asli)				
	Gapit	Pukit Atas	Rea Atas	Semongkat	Utan	Gapit	Pukit Atas	Rea Atas	Semongkat	Utan
2	68.29	85.59	98.94	110.24	83.18	114.29	85.82	91.88	99.65	81.18
5	83.35	106.22	135.16	146.81	114.65	166.97	112.26	122.29	131.20	107.22
10	91.24	117.03	154.13	165.97	131.13	194.56	126.11	138.21	147.72	120.85
25	97.70	125.88	169.65	181.64	144.62	217.14	137.45	151.25	161.25	132.01
50	105.05	135.95	187.33	199.49	159.98	242.85	150.35	166.09	176.64	144.72
100	110.07	142.83	199.40	211.68	170.47	260.41	159.16	176.22	187.16	153.40
200	462.84	368.26	425.77	430.94	264.68	276.09	167.03	185.27	196.55	161.15

**Gambar 4.** Besaran Hujan Rancangan di masing-masing stasiun dalam berbagai kala ulang

Untuk mengukur seberapa baik hasil perhitungan hujan rancangan yang dihasilkan dari data hujan TRMM JAXA terhadap hujan rancangan menggunakan data pengukuran, maka dilakukan evaluasi menggunakan nilai BIAS dan RMSE. Nilai BIAS dan RMSE keduanya mengukur besarnya penyimpangan nilai hujan rancangan yang diperoleh dari pengolahan data hujan satelit terhadap hujan rancangan dari data pengukuran, disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Evaluasi keakuratan hujan rancangan

	Gapit	Pungkit Atas	Rea Atas	Semongkat	Utan	Rerata
BIAS (*100%)	1.24	0.10	-0.11	-0.11	-0.09	0.21
RMSE (mm)	130.25	13.78	20.08	21.65	14.50	40.05
Koefisien Korelasi	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabel 6 memperlihatkan besarnya angka evaluasi keakuratan curah hujan rancangan dengan nilai yang bervariasi. Nilai BIAS dan RMSE terbesar diperlihatkan dari data stasiun Gapit, dimana nilai RMSE curah hujan rancangan pada stasiun Gapit mencapai 130,25mm. Secara rata-rata, nilai penyimpangan besaran hujan rancangan di wilayah Sumbawa adalah 40,05 mm lebih tinggi dari hujan rancangan yang diolah dari data hujan pengukuran. Namun angka 40,05mm ini adalah angka rerata yang sebenarnya tidak menggambarkan kondisi di masing-masing stasiun. Angka yang besar ini disumbangkan oleh

stasiun hujan Gapit sehingga seolah seluruh wilayah di Sumbawa memperoleh hujan rancangan data satelit yang terlalu besar.

Sedangkan dari nilai BIAS dapat dilihat bahwa besaran hujan rancangan yang dihasilkan dari stasiun Gapit juga memberikan nilai yang terlalu besar sejauh 124% dibandingkan pada stasiun lain. Nilai hujan rancangan dari data satelit pada koordinat Stasiun Pungkin Atas memiliki bias 10% *overestimated*, sedangkan pada stasiun Rea Atas, Semongkat dan Utan ketiganya memiliki hujan rancangan dari data satelit yang *underestimated* masing-masing sebesar 11%, 11% dan 9%. Sedangkan nilai penyimpangan reratanya adalah 21%.

Hal ini menunjukkan bahwa analisis hujan rancangan dari data satelit masih memerlukan penyesuaian. Dilihat dari perbedaan nilai BIAS yang tidak seragam dari satu lokasi ke lokasi lainnya, maka pemakaian data satelit masih membutuhkan faktor koreksi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dihasilkan oleh peneliti sebelumnya yang melakukan penyesuaian data hujan satelit untuk membantu peningkatan akurasi terhadap data hujan pengukuran (*Müller & Thompson, 2013; Mulyandari & Susila, 2020; Tobin & Bennett, 2010*).

Namun dilihat dari angka korelasi yang cukup baik dan nilai BIAS yang relatif kecil di beberapa lokasi, maka diyakini data hujan dari satelit sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai pengganti data hujan pengukuran utamanya di daerah yang tidak memiliki alat ukur hujan. Hal ini karena selain data satelit memiliki jangkauan pengamatan yang sangat luas, mampu menjangkau lokasi yang jauh dan terpencil, data satelit juga cenderung tersedia lengkap dan durasi pencatatan yang panjang. Selain itu data satelit juga dapat diperoleh dengan cepat, akses mudah, serta dapat diunduh tanpa biaya dan hanya membutuhkan koneksi internet.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Data satelit TRMM JAXA di Wilayah Sumbawa cenderung underestimate dan memiliki tingkat akurasi yang cukup dibandingkan data hujan pengamatan dimana nilai penyimpangan reratanya sebesar -0.05. Besaran hujan rancangan yang dihasilkan dari analisis frekuensi menggunakan data satelit memiliki penyimpangan yang cukup besar yaitu sebesar 21%.

Saran

Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut untuk mendapatkan angka koreksi untuk memperbaiki kedekatan data hujan satelit terhadap data hujan pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

As-syakur, A. R. (2010). Data Hujan dari TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission); Basic Information. Retrieved 11 February 2022, from A.R. As-syakur website: <https://mbojo.wordpress.com/2010/09/14/data-hujan-dari-trmm-tropical-rainfall-measuring-mission-basic-information/>

Darand, M., & Siavashi, Z. (2021). An evaluation of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) datasets over Iran. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 133(3), 911–923. <https://doi.org/10.1007/s00703-021-00789-y>

- Harto, S., BR. (2009). *Hidrologi: Teori, Masalah dan Penyelesaian* (Vols 1–1). Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Japan Aerospace Exploration Agency. (2015). JAXA | Tropical Rainfall Measuring Mission "TRMM: 'TRMM ends its 17 years of observations'. Retrieved 2 March 2023, from JAXA | Japan Aerospace Exploration Agency website: <https://global.jaxa.jp/projects/sat/trmm/topics.html>
- Kanwil BPN Provinsi NTB. (2023). Profil Daerah NTB. Retrieved 2 March 2023, from Profil Daerah website: <https://www.ntbprov.go.id/profil-daerah>
- Lenderink, G., Buishand, A., & Van Deursen, W. (2007). Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: Direct versus delta approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3), 1145–1159.
- Müller, M. F., & Thompson, S. E. (2013). Bias adjustment of satellite rainfall data through stochastic modeling: Methods development and application to Nepal. *Advances in Water Resources*, 60, 121–134.
- 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.
- Pratiwi, D. W., Sujono, J., & Rahardjo, A. P. (2017). Evaluasi Data Hujan Satelit Untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation. *Prosiding Semnastek*, (0). Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/1829>
- Putri Jarwanti, D. (2021). *Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) Dengan Data Pos Penakar Hujan Di Das Grindulu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur* (Sarjana, Universitas Brawijaya). Universitas Brawijaya. Retrieved from <http://repository.ub.ac.id/184291/>
- Renggono, F., & Syaifullah, M. D. (2011). Kajian Meteorologis Bencana Banjir Bandang Di Wasior, Papua Barat. *JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA*, 12(1). Retrieved from <http://puslitbang.bmkg.go.id/jmg/index.php/jmg/article/view/81/75>
- Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Su, F., Hong, Y., & Lettenmaier, D. P. (2008). Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and its utility in hydrologic prediction in the La Plata Basin. *Journal of Hydrometeorology*, 9(4), 622–640.
- Suripin, Dr. Ir., M. Eng. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* (1st ed.). Yogyakarta: Andi Offset.
- Syaifullah, M. D. (2014). Validasi Data Trmm Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga Das Di Indonesia. *JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA*, 15(2), 109–118.
- Tang, G., Zeng, Z., Ma, M., Liu, R., Wen, Y., & Hong, Y. (2017). Can Near-Real-Time Satellite Precipitation Products Capture Rainstorms and Guide Flood Warning for the 2016 Summer in South China? *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(8), 1208–1212. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2017.2702137>
- Tobin, K. J., & Bennett, M. E. (2010). Adjusting satellite precipitation data to facilitate hydrologic modeling. *Journal of Hydrometeorology*, 11(4), 966–978.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan* (1st ed.). Yogyakarta: Beta Offset.