

# EVALUASI HUJAN SATELIT GPM-IMERG DI DAS HALMAHERA SELATAN UNTUK PREDIKSI BANJIR DAN KEKERINGAN

Ni Made Candra Partarini<sup>1\*</sup>, Yayang Saputra<sup>2</sup>, Wilhelmina Tjahyadi<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Departemen Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No.44, Janti, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

e-mail: [made.candra@uajy.ac.id](mailto:made.candra@uajy.ac.id)

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No.44, Janti, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

e-mail: [220219089@students.uajy.ac.id](mailto:220219089@students.uajy.ac.id)

<sup>2</sup> Balai Wilayah Sungai Maluku Utara, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jl. Jati Besar No.443, Jati, Kec. Ternate Selatan, Kota Ternate, Maluku Utara

e-mail: [yayangsaputra@pu.go.id](mailto:yayangsaputra@pu.go.id)

## ABSTRAK

Ketersediaan data hidrologi menjadi salah satu tantangan dalam pengelolaan sumber daya air (PSDA). Perkembangan penggunaan data curah hujan satelit telah memberikan solusi dengan keunggulan baik dalam skala spasial maupun temporal. Penggunaan data satelit telah banyak digunakan dalam berbagai kepentingan PSDA di berbagai negara khususnya dalam prediksi banjir dan kekeringan. Pengambilan data hujan satelit masih terus mengalami perkembangan sehingga keakuratannya perlu diuji sebelum digunakan dalam PSDA. Penelitian ini bertujuan untuk mengoreksi dan memvalidasi data curah hujan satelit dari *Global Precipitation Measurement - Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (GPM-IMERG)* terhadap data observasi untuk mengetahui kesesuaian penggunaan data curah hujan satelit. Metode pelaksanaan penelitian ini akan dilaksanakan dengan melakukan evaluasi terhadap data hujan satelit dengan membandingkan data hujan satelit dan hujan pengamatan pada beberapa lokasi stasiun hujan. Perbandingan dilaksanakan pada setiap stasiun hujan yang tersebar pada wilayah sungai (WS) Halmahera Selatan. Metode evaluasi menggunakan metrik penilaian kinerja satelit berupa *Probability of Detection (POD)*, *False Alarm Ratio (FAR)*, *Critical Success Index (CSI)*, dan akurasi (*fraction correct*). Penelitian dilakukan terhadap data harian sepanjang rentang tahun tertentu serta data harian dengan kategori bulan basah dan bulan kering. Hasil analisis evaluasi ini menunjukkan bahwa kinerja data hujan satelit GPM-IMERG memiliki kinerja yang baik ditinjau dari nilai POD dengan rentang 0,8 – 1. Nilai FAR memiliki rentang 0,1 – 0,61, serta nilai CSI dan Akurasi berkisar antara 0,40 – 0,95. Berdasarkan hasil analisis metrik evaluasi ini, dapat disimpulkan bahwa data GPM-IMERG memiliki kinerja yang baik dalam memprediksi data hujan di WS Halmahera Selatan.

Kata kunci: Banjir, kekeringan, PSDA, data hujan, satelit

## 1. PENDAHULUAN

Curah hujan rata-rata mengacu pada jumlah rata-rata curah hujan selama periode tertentu pada suatu daerah tangkapan air, sehingga sangat penting untuk perencanaan di bidang pertanian, kehutanan, hidrologi, dan pembangunan infrastruktur (Gregory, 2023). Pengukur curah hujan konvensional adalah satu-satunya instrumen yang digunakan untuk merekam curah hujan. Data ini dianggap akurat dan dapat diandalkan pada skala regional dan global karena variabilitas temporal curah hujan yang tinggi. Namun, distribusi temporal dan spasial pengukur curah hujan tidak merata, sehingga sulit untuk menentukan berapa banyak curah hujan di bumi, seringkali tidak memadai untuk studi hidrologi, terutama di daerah dengan heterogenitas curah hujan (Nashwan et al., 2019; Shiru et al., 2018). Pendekatan – pendekatan hujan rata-rata wilayah seringkali digunakan sebagai pendekatan yang dianggap dapat mendekati nilai hujan rerata yang jatuh pada daerah tangkapan. Pendekatan ini memiliki potensi ketidakpastian yang dapat berasal dari berbagai sumber yang mempengaruhi akurasi dan keandalan hasil estimasi seperti ketersediaan data hujan di lapangan (Muthusamy et al., 2017; Prakash et al., 2019).

Teknologi penginderaan jauh mulai dilirik untuk pengamatan curah hujan rerata wilayah sehingga dapat membantu mengatasi kesulitan estimasi data hujan rata-rata untuk sumber daya air. Keunggulan dari estimasi curah hujan berbasis satelit berupa data yang bersifat spasial, peningkatan pemahaman tentang sistem curah hujan, dan kemampuan untuk mencakup area di mana stasiun pengamatan hujan konvensional tidak tersedia (Li et al., 2022). Hal ini dapat meningkatkan estimasi curah hujan rerata wilayah, terutama di daerah dengan pengamatan lapangan yang terbatas (Kidd & Levizzani, 2022).

Perkembangan teknologi satelit untuk pemantauan curah hujan telah secara signifikan memajukan pemahaman tentang pola curah hujan dan meningkatkan akurasi pengukuran curah hujan (Milani & Kidd, 2023). Akurasi, ketidakpastian, dan resolusi spasial tetap ada untuk data hujan satelit sehingga diperlukan penelitian berkelanjutan dan peningkatan estimasi curah hujan berbasis satelit (Masood et al., 2021). Berbagai penelitian telah dikembangkan untuk menguji akurasi data satelit. Penelitian terhadap data satelit *The Climate Prediction Center MORPHing Technique (CMORPH)*

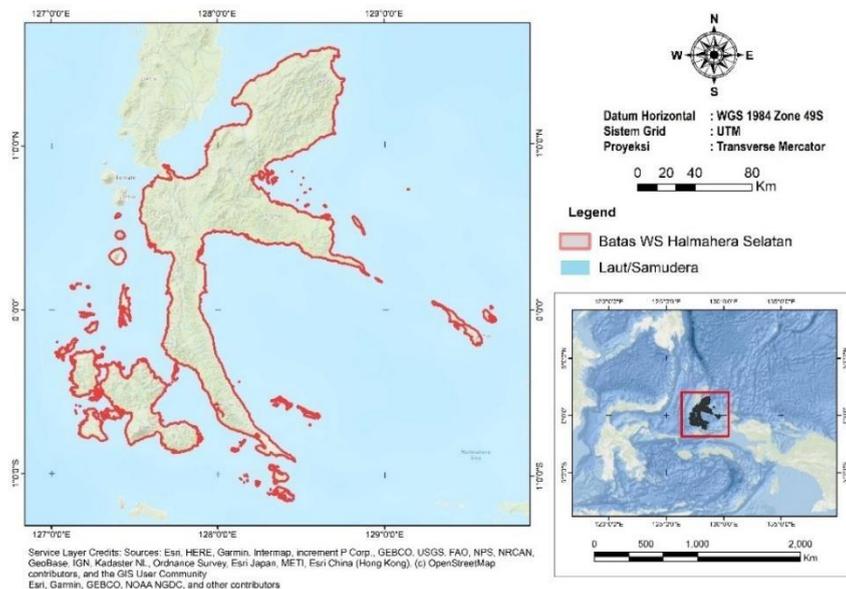
dan *Integrated Multi-Satellite Retrievals for the Global Precipitation Mission* (GPM) algoritma (IMERG) melihat kinerja data curah hujan berbasis satelit di Uni Emirat Arab. Hasil penelitian ini menemukan bahwa kedua satelit memiliki potensi besar untuk mengisi kesenjangan spasial dalam pengamatan curah hujan dan meningkatkan resolusi temporal. Peningkatan kinerja diperlukan terkait perkiraan yang berlebihan dan meremehkan jumlah curah hujan yang kecil dan besar, masing-masing (Alsumaiti et al., 2020). Gulakhmadov et al., (2023) menguji produk curah hujan IMERG dan PERSIANN untuk Domain Pegunungan Tajikistan, Asia Tengah. Penelitian menunjukkan bahwa data IMERG direkomendasikan untuk aplikasi hidro-iklim di atas domain pegunungan Asia Tengah. Analisis evaluasi kinerja satelit diteliti pada produk curah hujan satelit seperti CHIRPSv2, CMORPH, dan IMERG-06 untuk estimasi curah hujan. Penelitian ini berfokus pada kinerja deteksi dan estimasi curah hujan setiap satelit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semua data menunjukkan perkiraan curah hujan yang terlalu rendah. Berdasarkan keempat data tersebut, data IMERG-06 menunjukkan kinerja unggul dalam berbagai metrik dan dapat diandalkan untuk analisis iklim dan hidrologi (Muthusamy et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan dalam penggunaan data satelit di wilayah sungai (WS) Halmahera Selatan. Penelitian ini akan menjadi pendekatan pertama untuk membandingkan deteksi dan memperkirakan kinerja satelit khususnya satelit GPM-IMERG. Evaluasi kinerja satelit ini diharapkan dapat menjadi acuan bahwa sumber data ini dapat digunakan di wilayah studi untuk berbagai kepentingan terutama dalam upaya pengelolaan sumber daya air. Penelitian ini akan melibatkan beberapa stasiun berbasis lapangan yang telah ada disekitar WS Halmahera Selatan dengan menggunakan berbagai metode penilaian kinerja satelit.

## 2. METODOLOGI

### Lokasi Penelitian

WS Halmahera Selatan memiliki luas sebesar 15.695,79 km<sup>2</sup> yang terletak di wilayah Provinsi Maluku Utara yang mencakup Kabupaten Halmahera Timur, Tidore Kepulauan, Halmahera Tengah dan Halmahera Selatan. Pengelolaan bidang sumber daya air (SDA) dilakukan oleh Balai Wilayah Sungai Maluku Utara dengan melaksanakan berbagai upaya pengelolaan, seperti perencanaan, pelaksanaan, operasi, dan pemeliharaan infrastruktur sumber daya air. Batas WS Halmahera Selatan dapat diperhatikan pada Gambar 1.

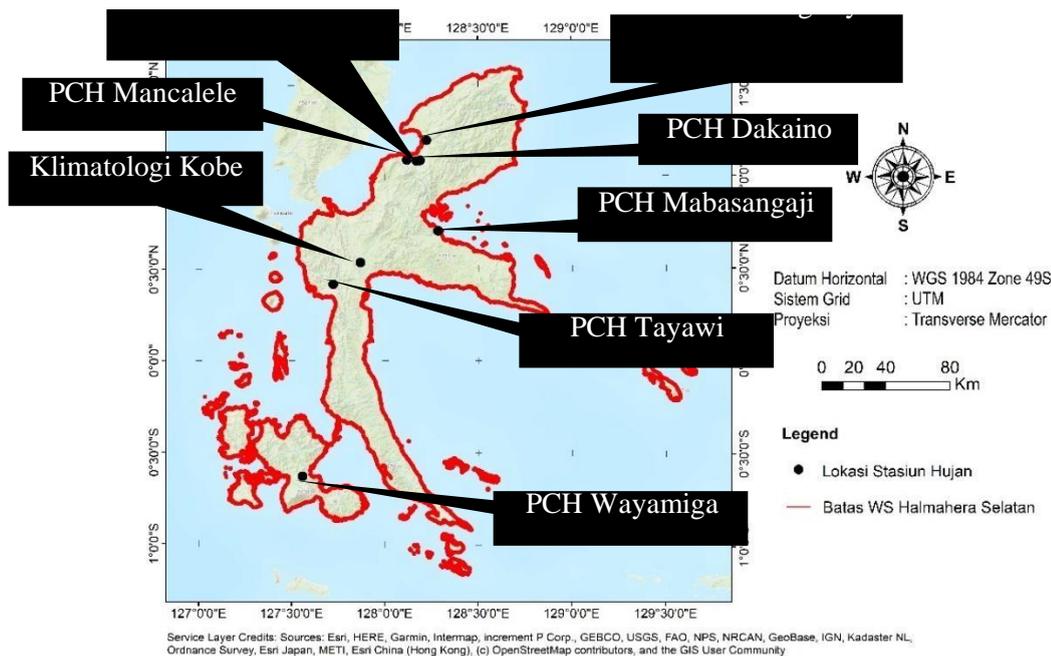


Gambar 1. Batas WS Halmahera Selatan

### Kebutuhan Data

Evaluasi data hujan dalam penelitian ini menggunakan dua jenis data hujan seperti, data hujan pengamatan lapangan yang berasal dari stasiun hujan dan data hujan satelit dengan skala harian. Data hujan pengamatan diwakilkan dengan 8 stasiun yang tersebar diseluruh WS seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Data hujan satelit yang digunakan berupa data hujan satelit GPM-IMERG (*Global Precipitation Measurement Mission - The Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM*). Data GPM-IMERG dapat diunduh pada website <https://gpm.nasa.gov/data/imerg> dan <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> dengan resolusi spasial berupa grid berukuran 0,1°×0,1°, tersedia dalam periode data 3-jam, harian, 5 hari, dan bulanan. Lokasi pemilihan grid data hujan satelit menyesuaikan lokasi tiap stasiun hujan. Panjang periode waktu tiap stasiun berbeda-beda sesuai dengan ketersediaan data seperti yang dapat

diperhatikan pada



**Gambar 2.** Batas WS Halmahera Selatan

**Tabel 1.** Panjang Data Tiap Stasiun Hujan

Nama Stasiun	Jenis Data	Panjang Data
Klimatologi Kobe	Data harian	2009 - 2023
PCH Wayamiga	Data harian	2009 - 2023
PCH Tutuiling Jaya	Data harian	2011 - 2023
PCH Maba Sangaji	Data harian	2017 - 2023
PCH Tayawi	Data harian	2017 - 2023
PCH Mekarsari	Data harian	2017 - 2023
PCH Dakaino	Data harian	2018 - 2023
PCH Mancalele	Data harian	2018 - 2023

### Metode Analisis

Analisis evaluasi kinerja data satelit diawali dengan penilaian atau analisis kategoris (*categorical analysis*). Pada tahap ini, data hujan satelit melibatkan evaluasi kinerja estimasi curah hujan berbasis satelit menggunakan berbagai metrik statistik untuk mengklasifikasikan dan mendeteksi kejadian curah hujan. Adapun analisis yang digunakan berupa *Probability of Detection (POD)*, *False Alarm Ratio (FAR)*, *Critical Success Index (CSI)*, dan akurasi (*fraction correct*). Metode statistik ini banyak diterapkan dalam penilaian kategori statistik kinerja data satelit (Baig et al., 2022; Goudarzi et al., 2020). Metode statistik yang digunakan untuk evaluasi keakuratan data satelit curah hujan, merupakan tantangan utama dalam menilai akurasi data satelit curah hujan, dan implikasi metrik ini terhadap pengambilan keputusan. Analisis dan prakiraan data satelit curah hujan merupakan pertimbangan penting dalam pemanfaatan pengambilan curah hujan berbasis satelit (Anjum et al., 2018; Mahmoud et al., 2018). Penilaian tiap metrik menggunakan pendekatan seperti pada Tabel 2. Nilai a menyatakan terdapat besaran hujan yang terekam pada kedua jenis pengukur hujan (stasiun dan satelit), b adalah jumlah kejadian curah hujan palsu terdeteksi oleh satelit namun tidak terekam pada stasiun pengamatan lapangan, sedangkan c adalah jumlah curah hujan tidak terekam oleh satelit namun terekam oleh stasiun di lapangan, dan d peristiwa tanpa curah hujan benar terdeteksi (Taye et al., 2023).

**Tabel 2.** Tabel Persamaan Metrik

Persamaan	Rentang hasil	Nilai maksimal
$\frac{a}{a+b+c+d}$	(1) 0 sampai 1	1



Kategori FAR mengukur frekuensi alarm palsu relatif terhadap jumlah total kejadian yang terdeteksi. Frekuensi palsu memiliki arti, data satelit merekam kejadian hujan sedangkan stasiun hujan di lapangan tidak mencatat adanya hujan. Hal ini sangat mungkin terjadi, mengingat satelit memiliki kemampuan mendeteksi potensi hujan di atmosfer. Nilai FAR yang diperoleh ialah sekitar rentang rerata 0,4 – 0,50 yang mengindikasikan bahwa data satelit masih sangat rentan terhadap perekaman palsu. GPM-IMERG dan produk satelit lainnya sering kali menunjukkan FAR yang lebih tinggi dalam kondisi tertentu, seperti konsentrasi aerosol di atmosfer yang tinggi (Lu, 2022).

Metrik CSI menggabungkan POD dan FAR untuk memberikan gambaran kinerja deteksi yang seimbang. Proporsi perekaman palsu dibandingkan dengan semua pendeteksian positif. Evaluasi kinerja satelit melalui metrik CSI menunjukkan rentang nilai sebesar 0,4 – 0,50. Nilai ini relatif kecil dengan nilai maksimum sebesar 1. Misalnya, di Etiopia, beberapa produk satelit mencapai skor CSI di atas 0,5, yang menunjukkan keberhasilan moderat dalam menangkap peristiwa curah hujan (Taye et al., 2023). Selain itu, penelitian lain menunjukkan nilai CSI sebesar 0,70 untuk data hujan harian di wilayah Sumatera (Ramadhan et al., 2024). Nilai CSI paling tinggi ditunjukkan oleh Stasiun Wayamiga dengan nilai 0,90 pada data harian biasa dan data harian bulan basah serta pada bulan kering walaupun memiliki nilai lebih rendah.

Penilaian kinerja berdasarkan metrik akurasi yang mengevaluasi kebenaran data satelit secara keseluruhan. Penilaian ini dapat menyatakan kemampuan satelit, misalnya dalam menangkap pola curah hujan secara umum, namun sering kali kesulitan menghadapi kejadian ekstrem dan kondisi regional tertentu. Penelitian ini menunjukkan bahwa nilai akurasi berkisar 0,45 paling rendah pada perbandingan data harian stasiun Klimatologi Kobe dan pada bulan kering stasiun Tayawi. Nilai tertinggi pada stasiun Wayamiga yang menunjukkan nilai 0,9 pada semua kategori. Akurasi yang relative baik memang sering kali diperoleh dalam menguji kinerja data GPM-IMERG dengan rentang nilai diatas dari 0,7 (Taye et al., 2023).

Kinerja satelit dengan 4 metrik statistik diatas dengan melihat performa perekaman harian secara umum serta data harian pada kondisi bulan basah dan kering. Berdasarkan hasil analisis tersebut diatas, diperoleh bahwa performa satelit GPM-IMERG memiliki performa yang sama dalam merekam berbagai kondisi hujan. Hasil yang signifikan sangat baik ditunjukkan oleh Stasiun Wayamiga sedangkan stasiun lainnya memiliki nilai yg relative lebih rendah namun masih tergolong menunjukkan justifikasi yang baik terhadap kinerja data satelit. Penelitian ini dapat digunakan sebagai justifikasi awal dalam menyatakan data satelit GPM-IMERG dapat memberikan gambaran yang baik dalam memprediksi kondisi hujan baik dalam kondisi normal, basah, dan kering. Data-data ini sangat penting dalam berbagai kepentingan pengelolaan SDA khususnya pada prediksi banjir dan kekeringan.

#### 4. KESIMPULAN

Evaluasi kinerja data satelit GPM-IMERG terhadap data hujan di wilayah studi menunjukkan hasil yang cukup baik, terutama untuk stasiun Wayamiga. Metrik POD, FAR, CSI, dan akurasi yang digunakan menunjukkan bahwa satelit mampu mendeteksi kejadian hujan dengan akurasi yang memadai, terutama dalam kondisi normal dan basah bahkan kondisi kering. Kemampuan deteksi satelit GPM-IMERG diwakilkan oleh nilai POD yang tinggi menunjukkan kemampuan satelit dalam mendeteksi kejadian hujan yang sebenarnya terutama di stasiun Wayamiga dengan nilai 1. Tingkat kesalahan deteksi berdasarkan nilai FAR yang relatif rendah mengindikasikan bahwa satelit tidak terlalu sering mendeteksi hujan palsu. Namun, masih ada potensi terjadinya *false alarm*, terutama dalam kondisi tertentu seperti konsentrasi aerosol yang tinggi pada atmosfer. Kinerja menyeluruh satelit dinyatakan oleh metrik CSI yang menggabungkan POD dan FAR menunjukkan kinerja deteksi yang seimbang. Meskipun nilai CSI masih bisa ditingkatkan, namun secara umum kinerja satelit sudah cukup baik. Nilai akurasi yang tinggi menunjukkan bahwa data satelit dapat memberikan gambaran yang baik mengenai pola curah hujan secara umum.

Analisis lebih lanjut masih diperlukan untuk mengetahui ketepatan nilai yang terekam oleh data satelit. Penelitian di masa depan diharapkan dapat mengakomodir kebutuhan ini guna mendapat gambaran yang lebih komprehensif terkait perekaman data satelit khususnya oleh satelit GPM-IMERG. Selain itu, penilaian kinerja data satelit dapat menambah sumber data satelit yang lebih beragam. Penilaian pada berbagai sumber data satelit memungkinkan adanya perbandingan guna memperoleh kinerja satelit paling baik dalam memprediksi curah hujan khususnya pada WS Halmahera Selatan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alsumaiti, T. S., Hussein, K., Ghebreyesus, D. T., & Sharif, H. O. (2020). Performance of the CMORPH and GPM IMERG products over the United Arab Emirates. *Remote Sensing*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/RS12091426>
- Anjum, M. N., Ding, Y., Shangguan, D., Ahmad, I., Ijaz, M. W., Farid, H. U., Yagoub, Y. E., Zaman, M., & Adnan, M. (2018). Performance evaluation of latest integrated multi-satellite retrievals for Global Precipitation Measurement (IMERG) over the northern highlands of Pakistan. *Atmospheric Research*, 205, 134–146. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.02.010>
- Bafdal, N. (2016). *Rainfall Harvesting as Resources of Self Watering Fertigation System with Various*

*Growing Medias*. 6(5).

- Baig, F., Abrar, M., Chen, H., & Sherif, M. (2022). Rainfall Consistency, Variability, and Concentration over the UAE: Satellite Precipitation Products vs. Rain Gauge Observations. *Remote Sensing*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/rs14225827>
- Goudarzi, F. M., Sarraf, A., & Ahmadi, H. (2020). Assessment of SM2RAIN-ASCAT and CMORPH satellite precipitation products over Maharlu Lake basin in Iran. *Water Science and Technology: Water Supply*, 20(5), 1799–1806. <https://doi.org/10.2166/ws.2020.088>
- Gregory, S. (2023). Rainfall reliability. In *Environment and Land Use in Africa* (pp. 57–82).
- Gulakhmadov, M., Chen, X., Gulakhmadov, A., Nadeem, M. U., Gulahmadov, N., & Liu, T. (2023). Performance Analysis of Precipitation Datasets at Multiple Spatio-Temporal Scales over Dense Gauge Network in Mountainous Domain of Tajikistan, Central Asia. *Remote Sensing*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/rs15051420>
- Jiang, Q., Li, W., Wen, J., Qiu, C., Sun, W., Fang, Q., Xu, M., & Tan, J. (2018). Accuracy evaluation of two high-resolution satellite-based rainfall products: TRMM 3B42V7 and CMORPH in Shanghai. *Water (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/w10010040>
- Junnaedhi, I. D. G. A., Inagaki, A., Ferdiansyah, M. R., & Kanda, M. (2023). Seasonal sea breeze variation analysis based on multi-year near-surface observations in Jakarta, Indonesia. *International Journal of Climatology*, 43(11), 5177–5195. <https://doi.org/10.1002/joc.8139>
- Kidd, C., & Levizzani, V. (2022). Satellite rainfall estimation. In *Rainfall: Modeling, Measurement and Applications* (pp. 135–170).
- Li, R., Qi, D., Zhang, Y., & Wang, K. (2022). A new pixel-to-object method for evaluating the capability of the GPM IMERG product to quantify precipitation systems. *Journal of Hydrology*, 613. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128476>
- Lu, N. (2022). Evaluation of IMERG Precipitation Products in the Southeast Coastal Urban Region of China. *Remote Sensing*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/rs14194947>
- Mahmoud, M. T., Al-Zahrani, M. A., & Sharif, H. O. (2018). Assessment of global precipitation measurement satellite products over Saudi Arabia. *Journal of Hydrology*, 559, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.02.015>
- Masood, M., Nabi, G., Babur, M., Azhar, A. H., & Ullah, M. K. (2021). Disintegration of uncertainties associated with real-time multi-satellite precipitation products in diverse topographic and climatic area in Pakistan. *Journal of Mountain Science*, 18(March 2021), 716–734.
- Milani, L., & Kidd, C. (2023). The State of Precipitation Measurements at Mid-to-High Latitudes. In *Atmosphere* (Vol. 14, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/atmos14111677>
- Muthusamy, M., Schellart, A., Tait, S., & Heuvelink, G. B. M. (2017). Geostatistical upscaling of rain gauge data to support uncertainty analysis of lumped urban hydrological models. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(2), 1077–1091. <https://doi.org/10.5194/hess-21-1077-2017>
- Nashwan, M. S., Shahid, S., & Wang, X. (2019). Assessment of satellite-based precipitation measurement products over the hot desert climate of Egypt. *Remote Sensing*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/rs11050555>
- Prakash, S., Seshadri, A., Srinivasan, J., & Pai, D. S. (2019). A new parameter to assess impact of rain gauge density on uncertainty in the estimate of monthly rainfall over India. *Journal of Hydrometeorology*, 20(5), 821–832. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0161.1>
- Ramadhan, R., Marzuki, M., Suryanto, W., Sholihun, S., Yunsaini, H., Hashiguchi, H., & Shimomai, T. (2024). Bias Correction of IMERG Data in the Mountainous Areas of Sumatra Based on A Single Gauge Observation. *Trends in Sciences*, 21(4). <https://doi.org/10.48048/tis.2024.7592>
- Shiru, M. S., Shahid, S., Alias, N., & Chung, E. S. (2018). Trend analysis of droughts during crop growing seasons of Nigeria. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/su10030871>
- Taye, M., Mengistu, D., & Sahlu, D. (2023). Performance evaluation of multiple satellite rainfall data sets in central highlands of Abbay Basin, Ethiopia. *European Journal of Remote Sensing*, 56(1). <https://doi.org/10.1080/22797254.2023.2233686>