

VERIFIKASI PRODUK ESTIMASI CURAH HUJAN GSMAP, GPM-IMERG, DAN HIMAWARI-8 PADA WILAYAH SERANG, PEKANBARU, DAN AMBON

Wahyu Sulistiyono¹, Muhammad Fadli²

¹Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

²Pusat Meteorologi Publik, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

e-mail: wahyu.sulistiyono@stmkg.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan produk satelit GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8 dalam mengestimasi nilai curah hujan dapat mengatasi keterbatasan data curah hujan secara spasial maupun temporal. Namun, hasil estimasi curah hujan perlu dilakukan verifikasi terlebih dahulu untuk mengetahui performa produk satelit dalam mengestimasi curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa produk satelit GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8 pada wilayah Serang, Pekanbaru, dan Ambon. Metode verifikasi yang digunakan terdiri atas metode dikotomi untuk mengetahui kemampuan prakiraan kejadian hujan dan metode verifikasi kontinu untuk mengetahui kemampuan estimasi produk curah hujan satelit. Penelitian dilakukan pada periode Januari-Desember 2019 dengan pembagian waktu berdasarkan periode bulanan. Berdasarkan hasil penelitian secara keseluruhan, produk satelit GPM-IMERG dan GSMaP menunjukkan performa yang lebih unggul daripada Himawari-8. Pada lokasi Serang, ketiga produk satelit cenderung menunjukkan kemampuan prakiraan kejadian hujan paling baik pada periode Januari-April dengan nilai POD diatas 0,6 dan CSI diatas 0,45 tetapi memiliki hasil estimasi curah hujan yang kurang baik pada periode tersebut ditandai dengan nilai RMSE sebesar 10,0-29,0 mm/hari. Pada lokasi Pekanbaru, produk GPM-IMERG dan GSMaP memiliki kemampuan prakiraan kejadian hujan yang lebih unggul diantara kedua produk lainnya. Produk GSMaP dan GPM-IMERG pada wilayah Pekanbaru memiliki nilai POD diatas 0,7 dan nilai CSI diatas 0,4 untuk periode terbaik dari kedua satelit tersebut. Namun, untuk kemampuan estimasi curah hujan produk GSMaP memiliki performa lebih baik, meskipun secara keseluruhan nilai RMSE menunjukkan galat sebesar 5-20 mm/hari. Pada lokasi Ambon, produk GPM-IMERG menunjukkan performa lebih unggul pada prakiraan kejadian hujan daripada kedua produk satelit yang lain. Hasil deteksi produk satelit GPM-IMERG pada wilayah Ambon memiliki nilai POD diatas 0,5 dan CSI diatas 0,4 untuk seluruh periode kecuali bulan Juli. Produk estimasi curah hujan terbaik untuk wilayah Ambon dihasilkan oleh produk GSMaP berdasarkan verifikasi hasil estimasi curah hujan.

Kata Kunci: *Satelit, Curah Hujan, Verifikasi*

ABSTRACT

Utilization of GSMaP, GPM-IMERG, and Himawari-8 satellite products in estimating rainfall values can overcome spatial and temporal limitations of rainfall data. However, the rainfall estimation results need to be verified first to determine the performance of satellite products in estimating rainfall. This study aims to examine the performance of GSMaP, GPM-IMERG, and Himawari-8 satellite products in the Serang, Pekanbaru and Ambon regions. The verification method used consists of a dichotomous method to determine the ability to forecast rain events and a continuous verification method to determine the ability to estimate satellite rainfall products. The research was conducted in the January-December

2019 period with a division of time based on monthly periods. Based on the overall research results, the GPM-IMERG and GSMaP satellite products show superior performance than Himawari-8. At the Serang location, the three satellite products tend to show the best ability to predict rainfall events in the January-April period with POD values above 0.6 and CSI above 0.45 but have poor rainfall estimation results in that period marked by an RMSE value of 10.0-29.0 mm/day. At the Pekanbaru location, the GPM-IMERG and GSMaP products have superior rain forecasting capabilities compared to the other two products. GSMaP and GPM-IMERG products in the Pekanbaru area have POD values above 0.7 and CSI values above 0.4 for the best period of the two satellites. However, for the ability to estimate rainfall GSMaP products have better performance, although overall the RMSE values show an error of 5-20 mm/day. At the Ambon location, the GPM-IMERG product showed superior performance in forecasting rain events than the other two satellite products. The results of the detection of GPM-IMERG satellite products in the Ambon region have POD values above 0.5 and CSI above 0.4 for all periods except July. The best rainfall estimation product for the Ambon region was produced by the GSMaP product based on the verification of the rainfall estimation results.

Keywords: Satellite, Rainfall, Verification

PENDAHULUAN

Pengaruh adanya pergerakan angin monsun Asia dan Australia, keberadaan pegunungan, perbedaan topografi, serta dinamika atmosfer yang dinamis menyebabkan wilayah Indonesia memiliki tipe pola hujan yang berbeda pada setiap wilayahnya (Utomo, 2016). Berdasarkan klasifikasinya, tipe hujan di wilayah Indonesia dibagi menjadi 3 tipe, yaitu tipe musonal, tipe ekuatorial dan tipe lokal (Aldrian dan Susanto, 2003). Wilayah Indonesia yang memiliki tipe hujan bervariasi menyebabkan variabilitas curah hujan pada masing-masing wilayah menjadi beragam (Aldrian dan Susanto, 2003). Lingkup wilayah yang luas disertai variabilitas tipe hujan yang beragam menyebabkan wilayah Indonesia memerlukan stasiun pengamatan hujan yang tersebar merata pada setiap wilayah. Pada saat ini telah tersedia sebanyak 7836 titik pengamatan curah hujan yang terdiri dari stasiun pengamatan dan pos penakar hujan (BMKG, 2021). Namun tidak semua data curah hujan dari pos penakar hujan tersedia secara kontinu, lengkap, serta valid. Data curah hujan dari pos penakar curah hujan dan stasiun pengamatan dinyatakan sebagai data valid jika dalam setahun data pengamatan harian yang tersedia mencapai persentase 80% (WMO, 2018). Terbatasnya data curah hujan yang lengkap berpengaruh terhadap bidang-bidang yang memerlukan data curah hujan seperti pertanian, perkebunan, analisis bencana banjir dan tanah longsor, serta analisis kekeringan (IPCC, 2007). Keterbatasan tersedianya data curah hujan dapat diatasi dengan metode estimasi curah hujan menggunakan produk satelit cuaca (Gebregiorgis & Hossain, 2015). Penggunaan satelit cuaca dalam estimasi curah hujan dapat memberikan gambaran variabilitas curah hujan dalam resolusi waktu yang lebih baik dan mampu mencakup wilayah yang tidak tersedia instrumen pengamatan curah hujan (Andani dan Endarwin, 2016).

Contoh produk satelit yang dapat dimanfaatkan dalam estimasi curah hujan adalah satelit GPM, karena satelit ini dilengkapi perangkat GPM *Microwave Imager* (GMI) dan *Dual Precipitation Radar* (DPR) yang berfungsi untuk menangkap informasi curah hujan lebih optimal (Huffman dkk., 2020). Selain satelit GPM, produk GSMaP juga dapat digunakan dalam menentukan jumlah curah hujan pada suatu wilayah dengan menggunakan radiometer gelombang, *precipitation radar*, dan *microwave imager* yang berfungsi untuk estimasi curah hujan (Kachi, 2012). Selain menggunakan satelit GPM dan GSMaP, satelit Himawari-8 juga dapat dimanfaatkan dalam estimasi curah hujan dengan memanfaatkan data kanal IR. Pada estimasi curah hujan dengan data kanal IR dari Satelit Himawari-8 dapat dilakukan dengan metode *Convective Stratiform*

Technique (CST) dan *Modified Convective Stratiform Technique* (CSTm). Metode CST merupakan metode estimasi curah hujan dengan menggunakan data suhu puncak awan dari kanal *Infrared* satelit dengan memisahkan jenis awan *cumuliform* dan *stratiform* (Adler dan Negri, 1988). Kemudian metode CST dimodifikasi menjadi CSTm oleh Endarwin dkk. (2014) dengan modifikasi pada estimasi intensitas curah hujan serta luasan area yang dilingkupi piksel rata-rata. Berdasarkan penelitian Endarwin dkk. (2014), didapatkan hasil bahwa metode estimasi CSTm menghasilkan performa yang lebih baik dibanding CST.

Berdasarkan penelitian Anisimov dkk. (2021), menyatakan bahwa kondisi musim berpengaruh terhadap kualitas estimasi data curah hujan dari produk satelit GPM-IMERG. Pada periode peningkatan intensitas curah hujan, produk satelit menghasilkan tingkat nilai galat yang lebih tinggi dibandingkan saat penurunan intensitas curah hujan. Pada penelitian Liu dkk. (2020) dan Pratama dkk. (2022) dijelaskan bahwa hasil prakiraan penentuan kejadian hujan dari produk satelit menunjukkan hasil yang lebih baik pada periode bulan Desember-Februari daripada periode Juni-Agustus. Namun, pada hasil estimasi nilai curah hujan, produk satelit cenderung menunjukkan galat yang lebih tinggi pada periode Desember-Februari daripada periode Juni-Agustus. Berdasarkan hasil penelitian Liu dkk. (2020) dan Pratama dkk. (2022), menunjukkan hasil bahwa produk satelit memiliki galat nilai curah hujan yang lebih tinggi saat periode peningkatan curah hujan pada periode Desember-Februari. Hasil ini sesuai dengan penelitian Anisimov dkk. (2021), yang menunjukkan bahwa pengaruh peningkatan curah hujan mempengaruhi hasil estimasi nilai curah hujan berdasarkan besar nilai galat.

Pada penelitian ini penulis mencoba dilakukan verifikasi data curah hujan dari produk GPM-IMERG, GSMaP dan estimasi curah hujan Himawari-8 terhadap data observasi pada wilayah yang memiliki tipe hujan berbeda. Verifikasi terhadap 3 produk curah hujan satelit sekaligus (GPM-IMERG, GSMaP dan Himawari-8) dilakukan sebagai lanjutan dari penelitian Azka dkk. (2018a), Prasetya dkk. (2013) serta Endarwin dkk. (2014). Penggunaan tiga produk satelit pada 3 lokasi dengan tipe hujan berbeda bertujuan untuk menentukan performa produk satelit dalam menghitung estimasi nilai curah hujan pada setiap lokasi penelitian. Kemudian, dapat ditentukan produk curah hujan satelit yang memiliki performa yang paling baik diantara ketiga produk tersebut berdasarkan uji verifikasi pada penelitian ini. Wilayah penelitian yang dipilih adalah perwakilan wilayah yang memiliki tipe hujan monsun, ekuatorial dan lokal sesuai dengan klasifikasi Aldrian dan Susanto (2003). Pembagian lokasi berdasarkan tipe hujan ini juga digunakan untuk menunjukkan performa produk satelit pada saat periode peningkatan nilai curah hujan dan ketika periode penurunan curah hujan sesuai karakteristik tipe hujan pada lokasi yang berbeda.

METODE

Berdasarkan pengolahannya, metode penelitian yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan metode komparatif dan deskriptif. Metode komparatif digunakan untuk membandingkan data observasi dengan data produk curah hujan satelit serta untuk mengetahui hubungan antara kedua data tersebut (Jaya, 2020).

Penelitian dilakukan pada 3 titik lokasi, yaitu Stasiun Meteorologi Maritim Serang, Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru, dan Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon. Informasi titik lokasi penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Informasi daftar titik lokasi penelitian beserta tipe hujan (BMKG, 2021)

No	Stasiun Pengamatan	Lintang	Bujur	Kategori Tipe Hujan
1	Stasiun Meteorologi Maritim Serang	-6.111 LS	106.11 BT	Monsunal
2	Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II-Pekanbaru	0.459 LS	101.447 BT	Ekuatorial
3	Stasiun Meteorologi Pattimura-Ambon	-3.711 LS	128.095 BT	Lokal

Periode penelitian yang dikaji yaitu selama periode Januari hingga Desember 2019. Pemilihan periode waktu selama setahun bertujuan untuk mengetahui gambaran umum performa produk curah hujan satelit dalam mengestimasi curah hujan dalam periode bulanan. Verifikasi bulanan dilakukan dengan membagi data selama 1 tahun menjadi 12 periode bulanan.

1. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan terdiri dari data observasi curah hujan yang telah diakumulasi dalam satuan harian. Data observasi harian yang digunakan terdiri dari data Stasiun Meteorologi Maritim Serang, Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru, dan Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon.

Kemudian, untuk data produk satelit GSMaP yang digunakan merupakan GSMaP_NRT tipe *hourly* data. data ini berisi nilai intensitas curah hujan per jam dalam satuan mm/jam dengan waktu pengamatan yang tersedia yaitu pada jam 00-23 UTC. Produk GSMaP_NRT memiliki resolusi spasial $0.1^0 \times 0.1^0$. Data ini dapat diakses melalui laman *web Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)* dengan melalui tautan berikut, <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/> dalam format data *Comma Separated Values (.csv)*.

Data Satelit GPM-IMERG yang digunakan adalah jenis data GPM-IMERG *Final Precipitation*. Data satelit GPM-IMERG *Final Precipitation* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang sudah dijadikan resolusi harian (*Daily*) dengan resolusi spasial sebesar $0.1^0 \times 0.1^0$. Data produk GPM-IMERG dapat diakses pada laman database *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* melalui tautan <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets> dengan format data *netcdf (.nc)*.

Data Kanal IR dari satelit Himawari-8 digunakan sebagai data inputan untuk menghasilkan data suhu puncak awan pada estimasi curah hujan dengan metode CSTm. Data Kanal IR yang diambil merupakan data dalam satuan tiap jam dengan resolusi spasial sebesar $0.02^0 \times 0.02^0$ selama periode Januari-Desember 2019. Data diperoleh dari Sub Bidang Pengolahan Citra Satelit BMKG. Data Kanal IR yang digunakan memiliki format NetCDF.

2. Metode Verifikasi

Verifikasi data produk curah hujan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Metode tersebut terdiri dari metode verifikasi dengan tabel kontingensi, koefisien korelasi, dan *Root Mean Square Error (RMSE)*.

2.1 Tabel Kontingensi

Metode tabel kontingensi digunakan untuk mengetahui kualitas pada suatu data prakiraan yang bersifat dikotomous (hasil berupa keputusan ya/tidak) (Wilks, 2006). Hasil uji dari metode tabel kontingensi menghasilkan nilai *Probability Of Detection (POD)*, *False Alarms Ratio (FAR)*, dan *Critical Success Index (CSI)* dari data prakiraan terhadap data observasi.

Tabel 2. Tabel Kontingensi 2 x 2 (Wilks, 2006)

FREKUENSI		OBSERVASI		Total Data Estimasi
		YA	TIDAK	
Data Curah Hujan Satelit	YA	a (Hits)	c (False Alarms)	a + b
	TIDAK	b (Misses)	d (Correct Negatives)	c + d
	Total Observasi	a + b	c + d	n = a + b + c + d

Pengolahan serta penghitungan parameter verifikasi dihitung berdasarkan nilai-nilai yang terdapat pada tabel kontingensi. Persamaan yang digunakan dalam menghitung parameter-parameter verifikasi tersebut dijelaskan pada Persamaan 1, 2 dan 3.

$$POD = \frac{Hit}{Hit + Miss} \quad (1)$$

$$FAR = \frac{False Alarm}{Hit + False Alarm} \quad (2)$$

$$CSI = \frac{Hit}{Hit + Miss + False Alarm} \quad (3)$$

Parameter POD digunakan untuk melihat jumlah kejadian “YA” yang dapat diprakirakan secara tepat oleh data satelit sesuai dengan data observasi. Komponen FAR digunakan untuk menghitung frekuensi kesalahan prakiraan produk curah hujan satelit yang tidak sesuai dengan kejadian hujan pada data observasi. CSI digunakan untuk melihat performa secara keseluruhan dari produk curah hujan satelit dalam memprakirakan kejadian hujan sesuai dengan data observasi.

2.2 Koefisien Korelasi

Metode koefisien korelasi merupakan metode penghitungan statistik yang digunakan untuk mengetahui tingkat hubungan pada data observasi terhadap data estimasi curah hujan. Nilai dari hubungan korelasi data observasi dengan data produk satelit dinyatakan dalam suatu bilangan koefisien korelasi (Wilks, 2006). Persamaan untuk menentukan nilai korelasi antara data observasi dengan data produk curah hujan satelit dinyatakan dalam Persamaan 4.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (Fi - Fr)(Oi - Or)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Fi - Fr)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Oi - Or)^2}} \quad (4)$$

Rentang nilai koefisien memiliki nilai antara -1 hingga +1 dengan kriteria seperti pada Tabel 3 sesuai dengan ambang batas menurut (Sugiyono, 2004).

Tabel 3. Nilai koefisien dan tingkat hubungan variabel

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0 – 0,199	Sangat Lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

2.3 Root Mean Square Error (RMSE)

Metode RMSE dapat digunakan untuk menentukan nilai rata-rata kesalahan atau penyimpangan pada produk curah hujan satelit terhadap data observasi (Wilks, 2006). Nilai RMSE yang kecil menandakan bahwa nilai galat pada data produk curah hujan terhadap data observasi memiliki penyimpangan yang rendah. Penghitungan nilai RMSE dapat dihitung sesuai Persamaan 5.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Fi - Oi)^2}{n}} \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses uji verifikasi dilakukan dengan uji dikotomi dengan tabel kontingensi serta uji statistik kontinu, sehingga dihasilkan nilai pada setiap hasil verifikasi. Verifikasi dikotomi dengan tabel kontingensi bertujuan untuk menguji kemampuan produk curah hujan satelit dalam memprakirakan kejadian hujan berdasarkan data observasi. Pada verifikasi berikutnya adalah uji statistik kontinu, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien korelasi (CC), dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE), yang dihasilkan produk curah hujan satelit terhadap data observasi.

1. Verifikasi prakiraan kejadian hujan

Uji verifikasi dengan tabel kontingensi dilakukan untuk menguji kemampuan produk satelit dalam memprakirakan adanya kejadian hujan sesuai dengan data observasi sebenarnya. Verifikasi dengan tabel kontingensi dilakukan dengan menggunakan 3 parameter. Parameter yang digunakan terdiri dari *Probability Of Detection* (POD), *False Alarm Rate* (FAR), dan *Critical Success Index* (CSI). Parameter POD digunakan untuk menentukan banyaknya kejadian hujan yang mampu diidentifikasi secara tepat oleh produk satelit. Kemudian, parameter FAR digunakan untuk menghitung banyaknya kesalahan prakiraan kejadian hujan yang tidak sesuai dengan data observasi. Parameter CSI merupakan parameter yang paling penting, karena parameter ini berfungsi untuk menentukan kemampuan prakiraan produk satelit dalam menentukan kejadian hujan maupun tidak hujan yang sesuai, maupun tidak sesuai terhadap data observasi (WCRP, 2009).

1.1 Verifikasi prakiraan kejadian hujan pada Stasiun Meteorologi Maritim Serang

Informasi hasil uji verifikasi produk curah hujan satelit terhadap data observasi Stasiun Meteorologi Maritim Serang berdasarkan metode tabel kontingensi ditampilkan pada Tabel 4. Informasi hasil verifikasi yang tertera pada Tabel 4 terdiri dari parameter POD, FAR, dan CSI. Hasil verifikasi diklasifikasikan dalam 12 periode bulanan dari Januari-Desember 2019.

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa saat periode bulan Januari-April produk satelit GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8 memiliki performa paling baik daripada periode Mei-November. Nilai POD saat periode Januari-April pada ketiga produk satelit berada di rentang 0,65–0,93 sedangkan pada periode Mei-November menunjukkan nilai POD yang lebih rendah dengan rentang 0,14–0,57. Berdasarkan penghitungan nilai FAR secara keseluruhan, dapat diamati bahwa pada periode Mei-November memiliki nilai FAR paling tinggi khususnya untuk produk GSMaP dan Himawari-8. Nilai FAR pada kedua produk tersebut mencapai 0,50–0,83 selama periode Mei-November. Nilai FAR yang tinggi pada periode bulanan tersebut menandakan banyaknya kesalahan prakiraan kejadian hujan yang dihasilkan oleh produk satelit. Berdasarkan nilai CSI pada Tabel 4.2, dapat dinyatakan bahwa produk GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8 memiliki performa paling baik dalam memprakirakan kejadian hujan pada periode Januari-April dan bulan Desember dengan rentang nilai 0,4–0,67. Pada periode Mei-November, ketiga produk satelit menunjukkan nilai CSI yang rendah, dengan nilai mencapai rentang 0,09–0,33.

Secara keseluruhan pada wilayah serang, ketiga produk satelit menghasilkan performa prakiraan kejadian hujan yang paling baik pada periode Januari-April dan Bulan Desember. Produk satelit GPM-IMERG menunjukkan performa yang lebih baik pada periode penelitian secara keseluruhan. Namun saat periode Mei-November produk satelit menghasilkan performa yang rendah, ditandai dengan besarnya nilai *False Alarm Ratio* pada periode ini.

Tabel 4. Hasil uji verifikasi dengan tabel kontingensi pada Stasiun Meteorologi Maritim Serang

Bulan	Produk	POD	FAR	CSI
Januari	GSMaP	0.71	0.55	0.38
	GPM-IMERG	0.86	0.52	0.44
	Himawari-8	0.93	0.50	0.48
Februari	GSMaP	0.65	0.31	0.50
	GPM-IMERG	0.88	0.29	0.65
	Himawari-8	0.82	0.39	0.54
Maret	GSMaP	0.60	0.37	0.44
	GPM-IMERG	0.80	0.38	0.53
	Himawari-8	0.80	0.38	0.53
April	GSMaP	0.82	0.22	0.67
	GPM-IMERG	0.88	0.35	0.60
	Himawari-8	0.88	0.40	0.56
Mei	GSMaP	0.14	0.80	0.09
	GPM-IMERG	0.57	0.76	0.20
	Himawari-8	0.43	0.75	0.19
Juni	GSMaP	0.33	0.67	0.20
	GPM-IMERG	0.70	0.63	0.33
	Himawari-8	0.67	0.78	0.20
Juli	GSMaP	0.33	0.86	0.11
	GPM-IMERG	0.33	0.88	0.10
	Himawari-8	0.33	0.83	0.13
Agustus	GSMaP	0.20	0.50	0.17
	GPM-IMERG	0.40	0.60	0.25
	Himawari-8	0.20	0.67	0.14
September	GSMaP	0.20	0.50	0.17
	GPM-IMERG	0.40	0.60	0.25
	Himawari-8	0.40	0.78	0.17
Oktober	GSMaP	0.25	0.67	0.17
	GPM-IMERG	0.50	0.67	0.25
	Himawari-8	0.25	0.83	0.11
November	GSMaP	0.50	0.67	0.25
	GPM-IMERG	0.50	0.50	0.33
	Himawari-8	0.50	0.86	0.13
Desember	GSMaP	0.50	0.36	0.39
	GPM-IMERG	0.71	0.52	0.40
	Himawari-8	0.64	0.57	0.35
	Indikator produk satelit dengan nilai performa terbaik			

1.2 Verifikasi prakiraan kejadian hujan pada Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim-II Pekanbaru

Hasil uji verifikasi produk satelit GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8 terhadap data observasi Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru dengan metode Tabel Kontingensi ditampilkan pada Tabel 5. Parameter yang disajikan dari metode ini meliputi

parameter POD, FAR, dan CSI. Hasil verifikasi pada Tabel 5 ditampilkan dalam 12 periode bulanan.

Tabel 5. Hasil uji verifikasi dengan tabel kontingensi pada Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru

Bulan	Produk	POD	FAR	CSI
Januari	GSMaP	0.38	0.50	0.27
	GPM-IMERG	0.88	0.39	0.56
	Himawari-8	0.56	0.55	0.33
Februari	GSMaP	0.30	0.57	0.21
	GPM-IMERG	0.70	0.50	0.41
	Himawari-8	0.50	0.44	0.36
Maret	GSMaP	0.44	0.67	0.24
	GPM-IMERG	0.56	0.76	0.20
	Himawari-8	0.44	0.71	0.21
April	GSMaP	0.43	0.63	0.25
	GPM-IMERG	0.64	0.57	0.35
	Himawari-8	0.64	0.55	0.36
Mei	GSMaP	0.73	0.43	0.47
	GPM-IMERG	0.64	0.53	0.37
	Himawari-8	0.82	0.55	0.41
Juni	GSMaP	0.57	0.38	0.42
	GPM-IMERG	0.79	0.31	0.58
	Himawari-8	0.79	0.31	0.58
Juli	GSMaP	0.33	0.67	0.20
	GPM-IMERG	0.33	0.80	0.14
	Himawari-8	0.67	0.67	0.29
Agustus	GSMaP	0.25	0.75	0.14
	GPM-IMERG	0.25	0.75	0.14
	Himawari-8	0.50	0.75	0.20
September	GSMaP	0.67	0.43	0.44
	GPM-IMERG	0.50	0.73	0.21
	Himawari-8	0.67	0.75	0.22
Oktober	GSMaP	0.88	0.40	0.56
	GPM-IMERG	0.82	0.36	0.56
	Himawari-8	0.94	0.41	0.57
November	GSMaP	0.80	0.43	0.50
	GPM-IMERG	0.40	0.71	0.20
	Himawari-8	0.40	0.71	0.20
Desember	GSMaP	0.73	0.48	0.44
	GPM-IMERG	0.93	0.46	0.52
	Himawari-8	0.87	0.48	0.48
	Indikator produk satelit dengan nilai pembobotan terbaik			

Berdasarkan hasil verifikasi yang tertera pada Tabel 5, dapat diamati bahwa nilai POD tertinggi mencapai rentang 0,5-0,94 pada periode September-Oktober dan Desember. Secara keseluruhan, rentang nilai POD dari ketiga produk satelit pada masing-masing periode menunjukkan rentang nilai bervariasi. Pada analisis nilai FAR, dapat diamati bahwa data produk satelit pada bulan Maret-April dan Agustus memiliki nilai FAR paling tinggi diantara

keseluruhan data yang diuji dengan nilai FAR sebesar 0,55-0,76. Berdasarkan nilai FAR secara keseluruhan, dapat diamati bahwa rentang nilai FAR paling rendah ditunjukkan pada periode Mei-Juni dengan nilai 0,31-0,55. Berdasarkan analisis nilai *Critical Success Index* (CSI), dapat dilihat bahwa nilai CSI pada setiap data yang ditampilkan bervariasi untuk periode keseluruhan. Nilai CSI yang menunjukkan performa paling baik terdapat pada periode Oktober dengan nilai CSI sebesar 0,56-0,57. Besar nilai POD dan CSI yang dihasilkan dari uji verifikasi sangat bergantung pada banyaknya jumlah data *Hits*, *Miss*, dan *False Alarm*. Data *Hits* yang tinggi disertai nilai *Miss* dan *False Alarm* yang rendah dapat meningkatkan nilai CSI (WCRP, 2009). Nilai CSI sebesar 0,56-0,57 pada data satelit periode Oktober dihasilkan dari perbandingan nilai *Hits* yang lebih tinggi dibanding nilai *Miss* dan *False Alarm*.

Wilayah Pekanbaru merupakan wilayah dengan tipe hujan ekuatorial berdasarkan klasifikasi Aldrian dan Susanto (2003). Akibatnya, wilayah Pekanbaru memiliki pola curah hujan yang tidak terpaut jauh secara signifikan, dengan peningkatan curah hujan terjadi pada periode Desember hingga Mei, serta bulan September-November dan penurunan curah hujan ditunjukkan pada periode Juni-Agustus. Persebaran pola curah hujan yang tidak terpaut jauh pada setiap bulannya menyebabkan rentang nilai deteksi kejadian hujan (POD) yang dihasilkan oleh produk satelit juga tidak berbeda secara signifikan pada masing-masing periode penelitian.

Berdasarkan hasil verifikasi, produk satelit yang mampu menghasilkan kemampuan prakiraan kejadian hujan paling baik adalah produk GPM-IMERG pada periode bulan Januari-Februari, Juni, dan Desember. Kemudian, untuk produk GSMaP menunjukkan kemampuan identifikasi kejadian hujan yang paling baik pada periode Maret, Mei, September, dan November. Selanjutnya, untuk produk Himawari-8 menunjukkan kemampuan prakiraan kejadian hujan yang akurat pada bulan Oktober. Berdasarkan hasil penilaian tersebut, produk GPM-IMERG menunjukkan kemampuan yang lebih dominan dibanding produk GSMaP dan Himawari-8.

1.3 Verifikasi prakiraan kejadian hujan pada Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon

Informasi hasil uji verifikasi produk curah hujan satelit terhadap data observasi Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon berdasarkan metode Tabel Kontingensi ditampilkan pada Tabel 6. Parameter verifikasi yang ditampilkan terdiri dari POD, FAR, dan CSI.

Berdasarkan hasil verifikasi yang tertera pada Tabel 6, dapat diamati bahwa nilai POD tertinggi dari masing-masing produk satelit teramati pada periode April-Mei, Oktober dan Desember. Nilai POD yang tercatat pada periode-periode tersebut ini berada di kisaran 0,59 hingga 0,94. Berdasarkan nilai CSI, produk satelit pada periode April-Mei menunjukkan nilai yang lebih besar daripada periode Februari-Maret dan Agustus-September. Pada periode April-Mei, Oktober dan Desember dinyatakan sebagai periode dengan nilai CSI tertinggi dengan kisaran nilai 0,48-0,70. Faktor yang mempengaruhi menurunnya nilai CSI pada periode Februari-Maret dan Agustus-September disebabkan tingginya nilai *False Alarm* sebesar 3-10 kejadian dibandingkan dengan periode April-Mei dan Desember.

Peningkatan nilai POD pada periode April-Mei, Oktober, dan Desember disebabkan lebih tingginya data *Hits* dibanding nilai *Miss* yang teramati. Peningkatan nilai POD terjadi pada bulan-bulan yang memiliki jumlah hari kejadian hujan yang tinggi. Banyaknya kejadian hujan pada suatu periode, menyebabkan meningkatnya nilai POD yang dihasilkan oleh produk satelit, akibat peningkatan nilai *Hits* (Liu dkk., 2020).

Tabel 6. Hasil uji verifikasi dengan tabel kontingensi pada Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon

Bulan	Produk	POD	FAR	CSI
Januari	GSMaP	0.44	0.30	0.37
	GPM-IMERG	0.81	0.38	0.54
	Himawari-8	0.56	0.31	0.45
Februari	GSMaP	0.38	0.40	0.30
	GPM-IMERG	0.50	0.60	0.29
	Himawari-8	0.25	0.50	0.20
Maret	GSMaP	0.42	0.55	0.28
	GPM-IMERG	0.67	0.60	0.33
	Himawari-8	0.50	0.40	0.38
April	GSMaP	0.59	0.29	0.48
	GPM-IMERG	0.94	0.41	0.57
	Himawari-8	0.82	0.18	0.70
Mei	GSMaP	0.65	0.19	0.57
	GPM-IMERG	0.85	0.32	0.61
	Himawari-8	0.55	0.31	0.44
Juni	GSMaP	0.35	0.00	0.35
	GPM-IMERG	0.85	0.00	0.85
	Himawari-8	0.55	0.00	0.55
Juli	GSMaP	0.08	0.00	0.08
	GPM-IMERG	0.33	0.43	0.27
	Himawari-8	0.17	0.00	0.17
Agustus	GSMaP	0.07	0.50	0.07
	GPM-IMERG	0.50	0.59	0.29
	Himawari-8	0.07	0.00	0.07
September	GSMaP	0.67	0.43	0.44
	GPM-IMERG	0.33	0.80	0.14
	Himawari-8	0.67	0.75	0.22
Oktober	GSMaP	0.88	0.40	0.56
	GPM-IMERG	0.82	0.36	0.56
	Himawari-8	0.94	0.41	0.57
November	GSMaP	0.80	0.43	0.50
	GPM-IMERG	0.40	0.71	0.20
	Himawari-8	0.40	0.71	0.20
Desember	GSMaP	0.58	0.36	0.44
	GPM-IMERG	0.92	0.42	0.55
	Himawari-8	0.75	0.36	0.53
	Indikator produk satelit dengan nilai pembobotan terbaik			

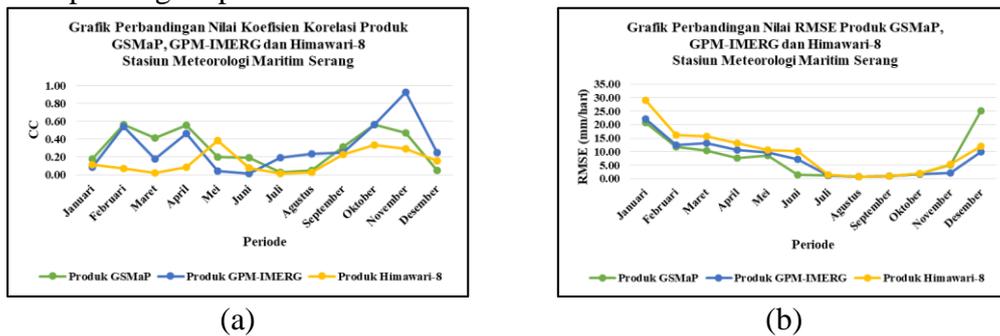
Hasil verifikasi April-Mei menunjukkan nilai yang lebih baik jika dibandingkan periode Januari-Februari. Berdasarkan verifikasi keseluruhan, produk GPM-IMERG lebih dominan daripada produk GSMaP dan Himawari-8 berdasarkan nilai POD, FAR, dan CSI yang dihasilkan. Produk GPM-IMERG menunjukkan keunggulan pada 8 bulan periode penelitian dibandingkan dengan produk satelit yang lain.

2. Verifikasi nilai curah hujan berdasarkan metode statistik kontinu

Uji verifikasi dengan metode statistik kontinu digunakan untuk mengetahui nilai *error* yang dihasilkan data produk satelit terhadap data observasi, serta nilai hubungan antar kedua data tersebut, dan sifat data produk satelit terhadap data observasi. Metode statistik kontinu yang digunakan terdiri dari penghitungan nilai Koefisien Korelasi, dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

2.1 Verifikasi nilai curah hujan di Stasiun Meteorologi Maritim Serang

Hasil penghitungan nilai koefisien korelasi (CC), dan RMSE pada titik lokasi Stasiun Meteorologi Maritim Serang ditampilkan dalam Gambar 1 (a) dan (b). Informasi hasil verifikasi produk curah hujan satelit GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8 ditampilkan berdasarkan pembagian periode 12 bulan.



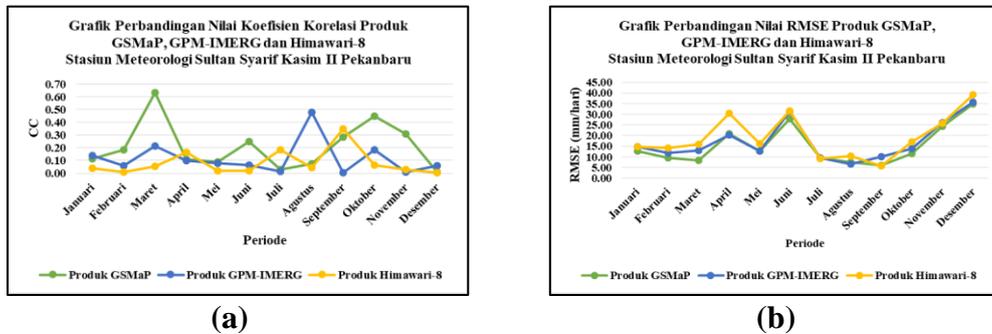
Gambar 1. Grafik perbandingan nilai koefisien korelasi (a) dan RMSE (b) produk satelit pada Stasiun Meteorologi Maritim Serang

Berdasarkan hasil verifikasi koefisien korelasi yang ditampilkan dalam grafik pada Gambar 1 (a), ditunjukkan bahwa ketiga produk satelit memiliki nilai korelasi yang rendah pada bulan Juni-Agustus. Nilai koefisien korelasi pada periode tersebut berada dibawah nilai 0.2. Hal berbeda ditunjukkan pada nilai koefisien pada periode Februari-April dan Oktober-November, pada periode ini produk GSMaP dan GPM-IMERG memiliki nilai korelasi sebesar 0,20-0,5 (lemah-sedang). Secara umum, produk GSMaP menunjukkan pola nilai koefisien korelasi paling tinggi dibanding produk GPM-IMERG dan Himawari-8. Berdasarkan informasi nilai RMSE pada Gambar 1 (b), dapat diamati bahwa nilai RMSE menunjukkan peningkatan pada periode Januari-Februari dengan rentang nilai sebesar 10,00-29,00 mm/hari untuk produk GSMaP, dan berangsur-angsur menurun hingga pada bulan Mei-Agustus. Nilai RMSE pada periode Januari-April cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi daripada periode bulan Mei-Agustus.

Menurut klasifikasi tipe hujan Aldrian dan Susanto (2003), wilayah Serang dikategorikan sebagai wilayah dengan tipe hujan monsun. Pola tipe hujan monsun memiliki pola peningkatan curah hujan pada bulan Desember-Februari hingga Maret-Mei, kemudian diikuti penurunan curah hujan pada bulan Juni-Agustus (Hermawan, 2010). Berdasarkan nilai RMSE secara keseluruhan produk satelit cenderung menghasilkan nilai RMSE lebih besar pada fase peningkatan curah hujan di bulan Januari-April dan bulan Desember. Berdasarkan penelitian Anisimov dkk. (2021), besarnya nilai galat produk satelit pada periode peningkatan curah hujan diakibatkan meningkatnya frekuensi curah hujan.

2.2 Verifikasi nilai curah hujan di Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru

Informasi hasil verifikasi nilai curah hujan berdasarkan metode koefisien korelasi, dan RMSE, pada lokasi Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru ditampilkan pada Gambar 2. Informasi hasil verifikasi ditampilkan dalam periode 12 bulan, berdasarkan hasil verifikasi terhadap produk Satelit GSMaP, GPM-IMERG, dan Himawari-8.

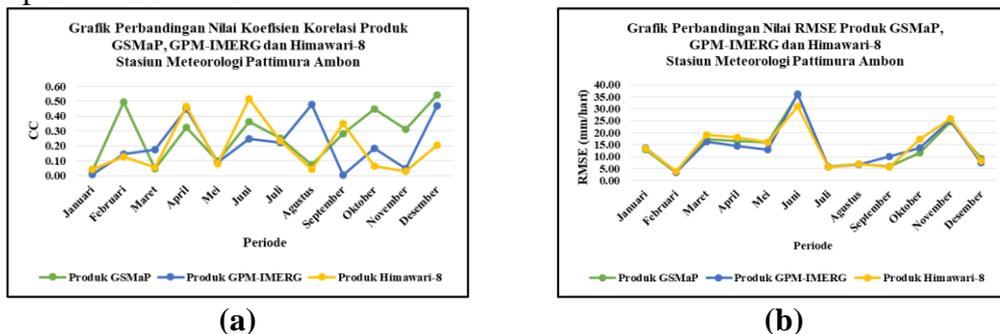


Gambar 2. Grafik perbandingan nilai koefisien korelasi (a) dan RMSE (b) produk satelit pada Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru

Berdasarkan pola nilai koefisien korelasi yang tertera pada Gambar 2 (a), pola nilai korelasi menunjukkan nilai yang bervariasi dan cenderung memiliki nilai dibawah 0,3. Pola nilai korelasi dari produk GSMaP memiliki nilai yang lebih tinggi daripada produk satelit yang lain, terutama pada bulan Maret dengan nilai korelasi 0,6. Berdasarkan pola nilai RMSE pada Gambar 2 (b), dapat diamati bahwa nilai galat terbesar teramati pada bulan April, Juni, dan November-Desember dengan rentang 5-20 mm/hari untuk produk GSMaP. Pola nilai RMSE terendah dapat diamati pada bulan Juli-September. Tingginya nilai RMSE para bulan April, Juni dan November-desember berkaitan dengan meningkatnya jumlah total curah hujan bulanan pada kedua bulan tersebut.

2.3 Verifikasi nilai curah hujan di Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon

Hasil verifikasi nilai curah hujan produk satelit pada titik lokasi Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon ditampilkan pada Gambar 3. Informasi hasil verifikasi yang ditampilkan terdiri dari nilai koefisien korelasi, RMSE, dan *Mean Error* (ME) serta telah diklasifikasikan kedalam periode 12 bulan.



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai koefisien korelasi (a) dan RMSE (b) produk satelit pada Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat perbedaan pada nilai galat RMSE yang dihasilkan pada periode Januari-Februari dan Juni-Agustus. Nilai galat RMSE yang signifikan pada periode Juni-Agustus disebabkan kenaikan curah hujan pada periode ini. Berdasarkan klasifikasi Aldrian dan Susanto (2003), wilayah Ambon memiliki tipe hujan lokal dengan peningkatan curah hujan pada Bulan Juni dan Juli. Pola ini berlawanan dengan

tipe hujan monsun, karena pada bulan Juni dan Juli merupakan periode penurunan curah hujan pada wilayah monsun (Hermawan, 2010). Pembentukan tipe hujan lokal ini dipengaruhi oleh keberadaan *Indonesian Throughflow* yang melintas di perairan dekat wilayah Maluku (Aldrian dan Susanto, 2003). Keberadaan sistem aliran tersebut mempengaruhi suplai aliran air laut hangat yang membentuk zona konvektif pada wilayah Maluku saat bulan Mei hingga September (Godfrey, 1996 dalam Aldrian dan Susanto, 2003).

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan produk satelit mampu menunjukkan prakiraan kejadian hujan yang baik pada periode peningkatan curah hujan. Namun, produk satelit memiliki nilai galat RMSE lebih besar pada periode peningkatan curah hujan dibandingkan periode penurunan curah hujan pada masing masing lokasi.

Pada titik lokasi Serang, produk satelit GPM-IMERG menunjukkan kemampuan prakiraan kejadian hujan yang lebih unggul pada periode Januari-April dibandingkan bulan lainnya. Performa produk satelit GPM-IMERG pada periode Januari-April memiliki nilai POD diatas 0,6 dengan nilai CSI diatas 0,45. Pada kemampuan estimasi curah hujan, produk GSMaP menunjukkan kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan produk lainnya, ditandai dengan nilai korelasi yang lebih tinggi dan galat RMSE yang lebih kecil. Namun, untuk kemampuan estimasi curah hujan, produk satelit GSMaP cenderung menunjukkan performa yang rendah pada periode peningkatan curah hujan ditandai dengan nilai galat RMSE berkisar 10,00-29,00 mm/hari.

Pada titik lokasi Pekanbaru, produk satelit GSMaP dan GPM-IMERG memiliki kemampuan prakiraan kejadian hujan yang lebih baik untuk keseluruhan bulan daripada Himawari-8. Produk GSMaP dan GPM-IMERG memiliki nilai CSI diatas 0,4 dan nilai POD diatas 0,7 untuk periode terbaik dari masing-masing produk satelit. Kemudian, untuk kemampuan estimasi nilai curah hujan yang memiliki performa paling baik adalah produk GSMaP meskipun secara keseluruhan memiliki nilai RMSE sebesar 5-20 mm/hari, serta nilai koefisien dominan kategori lemah.

Pada titik lokasi Ambon, produk yang menunjukkan kemampuan prakiraan kejadian hujan paling baik adalah produk GPM-IMERG berdasarkan verifikasi yang dilakukan. Produk GPM-IMERG memiliki performa terbaik pada dan lebih dominan dibanding kedua produk satelit yang lain. Produk GPM-IMERG memiliki nilai POD diatas 0,5 dan CSI diatas 0,4 pada keseluruhan periode, kecuali pada bulan Juli. Kemudian, pada verifikasi kemampuan estimasi nilai curah hujan menunjukkan produk GSMaP memiliki performa yang lebih unggul pada setiap periodenya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah membantu memudahkan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga turut saya sampaikan kepada Bapak Muhammad Fadli selaku dosen pembimbing saya yang telah menyalurkan ilmu, serta membimbing dalam penyusunan penelitian ini. Serta ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kami dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, R. F., & Negri, A. J. (1988). A Satellite Infrared Technique to Estimate Tropical Convection and Stratiform Rainfall. *Journal Of Applied Meteorology*, 4(1), 88–100.
- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Anisimov, A. E., Efimov, V. V., & Lvova, M. V. (2021). Evaluation of gpm imerg products and estimation of warm-season precipitation in crimea. *Physical Oceanography*, 28(4), 454–467. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2021-4-454-467>
- 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>
- BMKG. (2021). Peta Rata-Rata Curah Hujan Dan Hari Hujan Periode 1991-2020. In *Pusat Informasi Perubahan Iklim Kedeputan Bidang Klimatologi BMKG* (Vol. 4, Issue 1). Pusat Informasi Perubahan Iklim BMKG.
- Gebregiorgis, A. S., & Hossain, F. (2015). How well can we estimate error variance of satellite precipitation data around the world? *Atmospheric Research*, 154, 39–59. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.11.005>
- Hermawan, E. (2010). Pengelompokan Pola Curah Hujan Yang Terjadi di Beberapa Kawasan P. Sumatera Berbasis Hasil Analisis Teknik Spektral. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 11(2), 12. <https://doi.org/10.31172/jmg.v11i2.67>
- Jaya, I. M. L. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif (Teori, Penerapan, dan Riset Nyata)* (F. Husaini (ed.); Second Edi). QUADRANT.
- Kachi, M. (2012). Overview of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP). *The 6th World Water Forum, March*.
- Liu, C. Y., Aryastana, P., Liu, G. R., & Huang, W. R. (2020). Assessment of satellite precipitation product estimates over Bali Island. *Atmospheric Research*, 244(May), 105032. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105032>
- 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. <https://doi.org/10.35472/jsat.v6i1.702>
- Sugiyono. (2004). *Statistik Untuk Penelitian*. Alfa Beta.
- Tukidi. (2010). Karakter Curah Hujan Di Indonesia. *Jurnal Geografi*, 7(2), 136–145. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JG/article/view/84>
- WCRP. (2009). *Forecast Verification - Issues, Methods and FAQ*. WWRP/WGNE Joint Working Group on Forecast Verification Research. https://www.cawcr.gov.au/projects/verification/verif_web_page.html
- Wilks, D. S. (2006). *Statistical Method in the Atmospheric Sciences* (Second Edi). Elsevier Academic Press Publications.