

# megasains

buletin meteorologi, klimatologi, kualitas udara, geofisika, dan lingkungan

**VOL 13 | NO.2 | NOVEMBER 2022**

**PEMANFAATAN DATA SATELIT HIMAWARI-8 UNTUK ANALIS KEJADIAN HUJAN LEBAT DI CIREBON, JAWA BARAT (TANGGAL 17 DESEMBER 2020 )**  
RINGGA TRIGUSTI SUKMAPANA, NOVRIA SAGITA

**ANALISIS FAKTOR PENYEBAB BANJIR DI ACEH SELATAN (STUDI KASUS: 17 MEI 2021)**  
KURNIA DEA MEILINDA, AURELIA INTAN SABILA

**ANALISIS KEJADIAN BANJIR MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT HIMAWARI-8 (STUDI KASUS: KOTA BATU, TANGGAL 4 NOVEMBER 2021)**  
LARAS FATIMATUZZAHRO, ADITYA MULYA, LINDA FITROTUL MUZAYANAH

**UJI KEAKURATAN DATA SUHU UDARA, KELEMBAPAN UDARA, TEKANAN UDARA, DAN CURAH HUJAN DARI ALAT AUTOMATIC WEATHER STATION TERHADAP PENGUKURAN MANUALNYA**  
SITI RISNAYAH, LA ODE HASNUDDIN S. SAGALA

**KOREKSI BIAS ESTIMASI CURAH HUJAN PADA SATELIT GPM-IMERG DI PULAU JAWA**  
NI LUH JENITHA ASDIA PUTRI, MISNAWATI, NOVRIA SAGITA

**VALIDASI PRODUK SATELIT GPM-IMERG (IMERG EARLY, IMERG LATE, DAN IMERG FINAL) DI WILAYAH PULAU SUMATERA TAHUN 2019-2020**  
ZULKIFLI RAMADHAN DAN NOVRIA SAGITA

MEGASAINS

VOLUME 13

NOMOR 2

HALAMAN  
1 - 43

BKT  
NOVEMBER 2022

P-ISSN 2086-5589  
E-ISSN 2723-2239



9 772086 558904



9 772723 223905



## Vol. 13, No.2 – November 2022

Diterbitkan oleh  
**Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang**  
**Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika**  
Jl. Raya Bukittinggi-Medan Km.15 Palupuh, Sumatera Barat

### SUSUNAN REDAKSI

#### **PENANGGUNG JAWAB**

Sugeng Nugroho, M.Si

#### **REDAKTUR KEPALA**

Reza Mahdi, ST, MM

#### **REDAKTUR**

Darmadi, ST

#### **EDITOR TAMU**

Dr. Hamdi Rivai

Dr. Fajar Gumbira

Alberth Christian Nahas, MCC., Ph.D

Dr. Ida Pramawardani

#### **REVIEWER**

Dr. Ardhasena Sopaheluwakan

Prof. Vera Bachtiar

Dr. Donaldi Permana

Supari, Ph.D

Dr. Supriadi Rohadi

Dr. Erwin Syah Makmur

Dr. Nofi Yendri Sudiar

Dr. Marzuki

Dr. Didin Agustan Permadi

Dr. Ahmad Faqiq

Dr. Perdinan

Dr. Deni Okta Lestari

Dr. Eng. Indra Chandra

#### **EDITOR**

Andi Sulistiyono, S.Si

Dodi Saputra, S.Si

Tanti Tritama Okaem, M.Si

Ikhsan Buyung Arifin, S.Tr

#### **DESAIN GRAFIS DAN FOTOGRAFER**

Rinaldi, A.Md

Dhiyaul Qalbi Syofyan, S.Tr

Soni Miftah Pratama, S.Tr

#### **SEKRETARIAT**

Diko Revano Umbara, SE

Fajri Zulginno, S.T

Rendi Septa Davi, S.Tr

Dwiky Pujo Pratama, S.Tr

Quartha Rivaldo, S.Tr

Iman Ahmadi Hardiyani, S.Si

Kharir Frestia Deastari, S.Tr.Klim

Kiagus Ardi Zulistyawan, S.Tr.Klim

Ridwan, S.Tr.Inst

Rizka Fayu Fadilla, A.Md

Ibrahim

## MEGASAINS

MEGASAINS merupakan buletin yang diterbitkan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang sebagai media penerbitan Karya Tulis Ilmiah (KTI) yang bersumber dari kegiatan penelitian berbasis ilmu-ilmu Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, dan Geofisika (MKKuG), serta Lingkungan.

Dewan Redaksi membuka kesempatan bagi para pakar ataupun praktisi untuk dapat mengirimkan naskah KTI, terutama yang berkaitan dengan fokus utama dari Buletin MEGASAINS.

Naskah KTI yang dikirimkan hendaknya asli dan belum pernah dipublikasikan. Naskah diketik dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Word* dengan ketentuan panjang naskah maksimal 8 halaman pada kertas ukuran A4; dengan margin atas, bawah, kiri, dan kanan 2.5 cm; dua kolom; font Arial. Judul ditulis menggunakan font 14 pts, rata kiri, spasi tunggal, huruf kapital dan cetak tebal, isi ditulis menggunakan font 10 pts, rata kiri-kanan dan spasi tunggal, tulisan disertai dengan abstrak sepanjang satu alinea, dicetak dengan font 10 pts, spasi tunggal dan disertai dengan 2-5 kata kunci.

Dewan redaksi berhak mengubah isi naskah sepanjang tidak mengubah substansinya. Isi naskah adalah sepenuhnya tanggung jawab penulis. Pemilihan naskah yang layak cetak adalah sepenuhnya hak dewan redaksi.

Informasi lebih lanjut dan pengiriman naskah tulisan dapat mengunjungi portal <https://megasains.gawbkt.id>.

*-halaman ini sengaja dikosongkan-*

## Pengantar Redaksi

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kami ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan izin-Nya lah Jurnal Megasains Volume 13 No. 2 tahun 2022 ini dapat terbit sebagaimana yang diharapkan.

Jurnal Megasains didedikasikan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang sebagai sarana penerbitan karya ilmiah yang bersumber dari kegiatan penelitian berbasis ilmu-ilmu Meteorologi, Klimatologi, Kualitas udara dan Geofisika (MKKuG), serta Lingkungan. Jurnal ini diterbitkan setahun dua kali guna memberikan kesempatan bagi penulis-penulis berbakat untuk berkontribusi.

Dimulai dari terbitan Volume 10 No 2 tahun 2019 kami sudah menerapkan sistem jurnal online yang memudahkan para penulis untuk mengirim naskahnya, kemudian memantau progress review hingga kemudian mendapat notifikasi diterima atau harus diperbaiki. Dari sisi Redaksi dan Mitra Bestari selaku tim *review* dapat memberi notifikasi semua proses penerimaan naskah hingga kemudian terbit.

Akhir kata, semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat kepada khalayak ramai dalam bagian usaha bersama untuk mencerdaskan bangsa. Kami ucapkan terima kasih kepada para penulis. Tim reviewer dan Tim Redaksi yang telah bekerja keras demi terbitnya Volume 13 No.2 tahun 2022 ini.

Sekian, wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bukit Kototabang, November 2022

Redaktur

## Daftar KTI

	Halaman
<b>PEMANFAATAN DATA SATELIT HIMAWARI-8 UNTUK ANALIS KEJADIAN HUJAN LEBAT DI CIREBON, JAWA BARAT (TANGGAL 17 DESEMBER 2020 )</b> Ringga Trigusti Sukmadana, Novvria Sagita	1-5
<b>ANALISIS FAKTOR PENYEBAB BANJIR DI ACEH SELATAN (STUDI KASUS: 17 MEI 2021)</b> Kurnia Dea Meilinda, Aurelia Intan Sabila	6-11
<b>ANALISIS KEJADIAN BANJIR MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT HIMAWARI-8 (STUDI KASUS: KOTA BATU, TANGGAL 4 NOVEMBER 2021)</b> Laras Fatimatuzzahro, Aditya Mulya, Linda Fitrotul Muzayanah	12-17
<b>UJI KEAKURATAN DATA SUHU UDARA, KELEMBAPAN UDARA, TEKANAN UDARA, DAN CURAH HUJAN DARI ALAT AUTOMATIC WEATHER STATION TERHADAP PENGUKURAN MANUALNYA</b> Siti Risnayah, La Ode Hasnuddin S. Sagala	18-25
<b>KOREKSI BIAS ESTIMASI CURAH HUJAN PADA SATELIT GPM-IMERG DI PULAU JAWA</b> Ni Luh Jenitha Asdia Putri, Misnawati, Novvria Sagita	26-33
<b>VALIDASI PRODUK SATELIT GPM-IMERG (IMERG EARLY, IMERG LATE, DAN IMERG FINAL) DI WILAYAH PULAU SUMATERA TAHUN 2019-2020</b> Zulkifli Ramadhan dan Novvria Sagita	34-43

## PEMANFAATAN DATA SATELIT HIMAWARI-8 UNTUK ANALIS KEJADIAN HUJAN LEBAT DI CIREBON, JAWA BARAT (TANGGAL 17 DESEMBER 2020)

### UTILIZATION OF HIMAWARI -8 SATELITE DATA FOR ANALYSIS OF HEAVY RAIN IN CIREBON, WEST JAVA (DECEMBER 17<sup>th</sup> 2020)

Ringga Trigusti Sukmadana<sup>1\*</sup>, Novvria Sagita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>2</sup> Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

\*E-mail: [ringga.trigusti.sukmadana@stmkg.ac.id](mailto:ringga.trigusti.sukmadana@stmkg.ac.id)

Naskah masuk: 9 Januari 2021 Naskah diperbaiki: 11 Oktober 2022 Naskah diterima: 4 November 2022

---

#### ABSTRAK

Hujan sangat lebat merupakan salah satu fenomena cuaca ekstrem yang ditandai dengan intensitas curah hujan lebih dari 100 mm/hari. Pada tanggal 17 Desember 2020 telah terjadi kejadian hujan lebat dengan intensitas curah hujan sebesar 162.4 mm/hari. Kejadian tersebut menyebabkan ratusan rumah di 3 kecamatan wilayah Cirebon dan sejumlah ruas jalan di jalur Japura menuju pantura terendam banjir dengan ketinggian mencapai 60 cm. Penelitian ini dilakukan guna untuk mengetahui kondisi atmosfer baik skala lokal maupun sinoptik untuk menganalisis penyebab kejadian hujan sangat lebat yang terjadi di Cirebon. Berdasarkan analisis yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa pada saat kejadian hujan sangat lebat yang terjadi pada tanggal 17 Desember 2020 disebabkan oleh adanya *shearline* sehingga terbentuk awan cumulonimbus dengan suhu puncak awan yang tercatat mencapai -82 °C.

**Kata kunci:** Curah hujan, Himawari-8, GsMap

#### ABSTRACT

*Very heavy rain is an extreme weather phenomenon characterized by rainfall intensity of more than 100 mm/day. On December 17, 2020, heavy rains occurred with rainfall intensity of 162.4 mm/day. The incident caused hundreds of houses in 3 sub-districts of Cirebon and a number of roads along the Japura route to the north coast to be flooded with a height of up to 60 cm. This study was conducted in order to determine the atmospheric conditions both on a local and synoptic scale to analyze the causes of the very heavy rain that occurred in Cirebon. Based on the analysis carried out, it was concluded that at the time of the very heavy rain that occurred on December 17, 2020, it was caused by the presence of shearline so that cumulonimbus clouds were formed with cloud top temperatures recorded reaching -82 °C.*

**Keywords:** Rainfall, Himawari-8, GsMap

## 1. Pendahuluan

Bencana hidrometeorologi merupakan bencana yang diakibatkan oleh fenomena meteorologi seperti curah hujan, angin, dan temperatur. Bencana yang ditimbulkan dapat berupa banjir, tanah longsor, angin puting beliung. Pada tanggal 17 Desember 2020 telah terjadi kejadian hujan lebat di wilayah Cirebon, Jawa barat sehingga menyebabkan terjadinya banjir yang melanda 2 dusun di Desa Karang Mekar, Kecamatan Karangsambung, masing-masing di Dusun 3 (Blok Keramat) dan Dusun 4. Sebanyak 250 rumah

Unsur	Jam Pengamatan (UTC)		
	06	10	15
CH (mm)	161.4	162.2	162.4

yang dihuni 1.020 jiwa di ke-3 dusun itu terdampak banjir [1].

Banjir merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan dan kurangnya daerah resapan air. Dengan mengetahui penyebab dan faktor – faktor yang memicu terjadinya hujan lebat, maka dapat diketahui karakteristik yang dapat dijadikan dasar suatu prakiraan kapan dan dimana akan terjadi hujan lebat [2].

Kajian ini difokuskan pada analisa mengenai kondisi atmosfer yang terjadi pada saat kejadian hujan lebat 17 Desember 2020 menggunakan data satelit himawari-8 yang diolah menggunakan aplikasi SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*). SATAID digunakan untuk menampilkan citra *enhanced* dengan kanal IR1 dan grafik suhu puncak awan, dan juga diolah menggunakan *software Grid Analysis and Display System (GrADS)* untuk menampilkan kontur suhu puncak awan [3]. Curah hujan diestimasi menggunakan GSMaP. GSMaP merupakan perpaduan dari beberapa data hasil pengamatan multi satelit (TRMM, Aqua, DMSP, dan NOAA) dan algoritma. Kelebihan lainnya yang dimiliki oleh GSMaP terletak pada resolusi spasialnya yang mencapai 11,06 x 11,06 km sehingga dapat diperoleh data hujan untuk semua wilayah Indonesia yang memiliki variasi hujan yang tinggi [4].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi atmosfer saat terjadi hujan lebat yang menyebabkan banjir serta mengantisipasi dampak yang disebabkan dari hujan lebat tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini difokuskan pada wilayah Cirebon, Jawa Barat, dengan koordinat 6°30'00" LS - 108°40'00" BT. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit Himawari-8 kanal IR pada tanggal 17 Desember 2020 jam 06, 10,

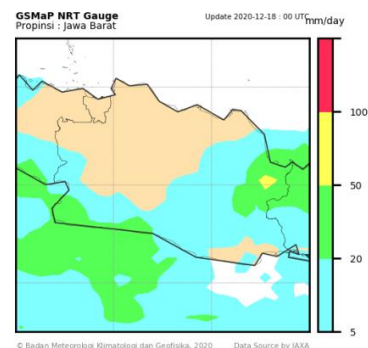
15 UTC yang diolah menggunakan *software* SATAID yang digunakan untuk menganalisis kondisi atmosfer berupa suhu puncak awan, *time series* suhu puncak awan, kontur puncak awan yang kemudian diolah menggunakan GrADS pada saat kejadian hujan lebat, data curah hujan AAWS (*Automatic Agroclimate Weather Station*) Lemah Abang, data GSMaP BMKG, data analisis *streamline*, indeks SOI, fase MJO yang diunduh melalui website [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Analisis data curah hujan

**Tabel 1.** CH AAWS Lemah Abang Cirebon Tanggal 17 Desember 2020.

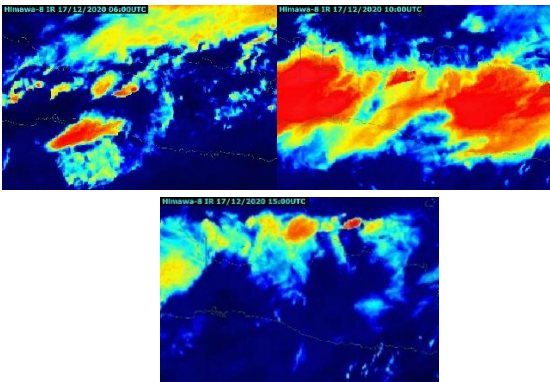
Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa pada tanggal 17 Desember 2020 kondisi curah hujan cukup tinggi yaitu berkisar antara 0 – 162.4 mm. Jumlah curah hujan pada jam 15 UTC menunjukkan intensitas curah hujan sebesar 162.4mm/hari di Kecamatan Lemah Abang, Curah hujan diklasifikasikan menjadi 5 kategori ; curah hujan sangat ringan dengan intensitas < 5mm/24 jam, ringan 5-20 mm/24jam, sedang 21-50 mm/24 jam, lebat 51-100 mm/24 jam, sangat lebat >100mm/24 jam [5]. Berdasarkan kategori tersebut curah hujan di Cirebon pada tanggal 17 Desember 2020 berada pada kategori sangat lebat.



**Gambar 1.** Curah hujan GSMaP Jawa barat

Berdasarkan pengamatan curah hujan dari *Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP)* pada Gambar 1, terlihat bahwa intensitas curah hujan pada tanggal 17 Desember 2020 di beberapa wilayah Cirebon berada pada interval 20 hingga 50 mm dan beberapa berada pada interval 50 hingga 100 mm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa benar terjadi hujan yang deras pada saat kejadian banjir.

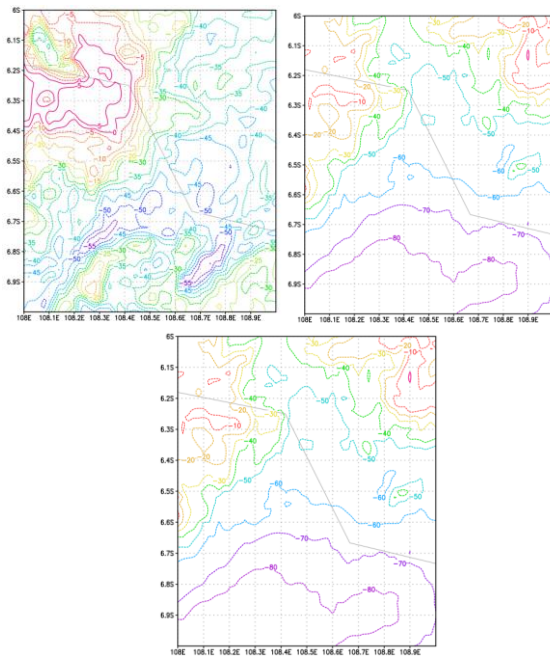
**Analisis Citra Satelit IR**



**Gambar 2.** Citra Satelit pada Tanggal 17 Desember 2020 (Dari kiri ke kanan : jam 06.00 UTC, 10.00 UTC, 15.00 ).

Berdasarkan data citra satelit Himawari-8 yang ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada jam 06 UTC sudah mulai terlihat adanya pertumbuhan awan *Cumulonimbus* yang bergerak ke arah timur laut. Selanjutnya pada jam 10 UTC terlihat bahwa awan sudah mencapai fase matang yang ditampilkan warna merah pada citra satelit, semakin merah warna yang ditampilkan maka suhu puncak awan akan semakin dingin. Sementara pada jam 15 UTC awan telah mencapai fase penuh.

**Analisis Kontur Suhu Puncak Awan**



**Gambar 3.** Kontur Suhu Puncak Awan Tanggal 17 Desember 2020 (Dari kiri ke kanan : jam 06.00 UTC, 10.00 UTC, 15.00 UTC, koordinat 06° 00' 00" LS dan 108° 00' 00" BT)

Analisis kontur suhu puncak awan dapat menggambarkan suhu di dalam awan, suhu awan yang sangat dingin menyatakan adanya partikel es terbentuk yang berada pada awan konvektif tersebut [6]. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pada jam 06 UTC suhu puncak awan mencapai -55°C dan mengalami perubahan pada jam 10 UTC saat awan mencapai fase matang dengan suhu puncak awan sebesar -80°C. Pada jam 15 UTC suhu puncak awan turun menjadi -55°C.

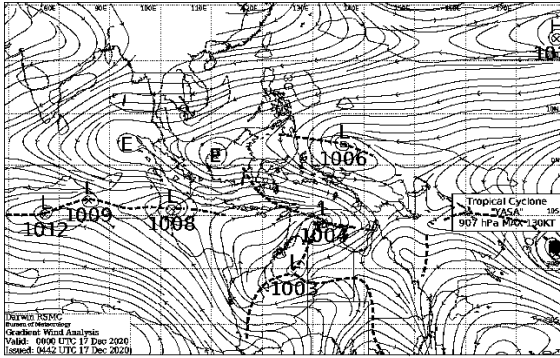
**Analisis Time Series Suhu Puncak Awan**



**Gambar 4.** Grafik Time Series Suhu Puncak Awan Tanggal 17 Desember 2020

Berdasarkan grafik *time series* suhu puncak awan yang ditunjukkan pada Gambar 4 pada jam 03 UTC sampai jam 16 UTC mengalami penurunan. Pada jam 07 UTC suhu puncak awan berkisar -30 °C kemudian pada pukul 08 UTC suhu puncak awan mengalami penurunan menjadi -60°C dimana pada suhu tersebut awan *cumulonimbus* sudah terbentuk. Suhu puncak awan terus mengalami penurunan hingga mencapai suhu terendah pada jam 10 UTC dengan suhu sebesar -82°C. Pada pukul 11 UTC suhu puncak awan mulai kembali mengalami kenaikan suhu.

**Analisis Streamline**

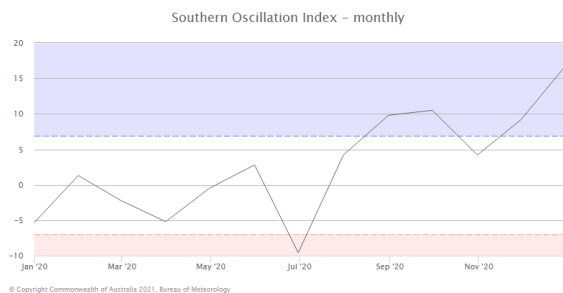


**Gambar 5.** Peta Streamline Angin Pukul 00.00 UTC pada tanggal 17 Desember 2020

Peta streamline pada Gambar 5 menunjukkan adanya *shearline* di sekitar wilayah pulau Jawa yang mengakibatkan adanya potensi pertumbuhan awan konvektif di wilayah Cirebon. *Shearline* merupakan daerah dimana terjadi perubahan arah dan kecepatan angin secara tiba-tiba dimana kecepatan angin cenderung menurun sehingga menyebabkan penumpukan massa udara penyebab cuaca ekstrim [7]. Selain itu teramati pola tekanan angin rendah di perairan Samudera Hindia sehingga menarik aliran massa udara ke wilayah tersebut, hal tersebut semakin menguatkan potensi terjadinya cuaca ekstrim berupa hujan lebat di Cirebon dengan keberadaan gugusan awan cumulonimbus.

**Analisis Southern oscillation index**

SOI adalah nilai index yang merupakan nilai perbedaan antara tekanan atmosfer di atas permukaan laut di Tahiti dengan tekanan atmosfer di Darwin akibat dari perbedaan temperatur permukaan laut di kedua wilayah tersebut [11]. Hasil dari pemantauan data SOI yang ditunjukkan oleh Gambar 6 dan Tabel 2 menunjukkan pada bulan Desember 2020 SOI berada pada rentang yang tidak normal sehingga menyebabkan potensi konvektif yang kuat sehingga memicu adanya pertumbuhan awan cumulonimbus di wilayah Cirebon Rentang normal SOI yakni -7 sampai +7 sedangkan untuk wilayah Cirebon nilai SOI +16,9.



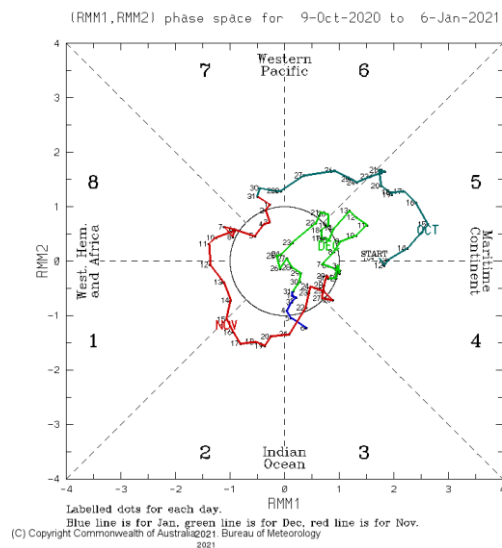
**Gambar 6.** Grafik SOI – Bulanan tahun 2020.

**Tabel 2.** Data indeks SOI bulan tahun 2020. **Southern Oscillation Index monthly data**

Januari	+ 1.3
Februari	- 2.2
Maret	- 5.2
April	- 0.5
Mei	+ 2.8
Juni	- 9.6
Juli	+ 4.2
Agustus	+ 9.8
September	+ 10.5
Oktober	+ 4.2
November	+ 9.2
Desember	+ 16.9

Hal ini menandakan bahwa ada peristiwa La Nina yang aktif sehingga menyebabkan pertumbuhan awan-awan konvektif di wilayah Indonesia.

**Analisis MJO**



**Gambar 7.** Fase MJO

Hasil Pemantauan MJO pada 17 Desember 2020 yang ditunjukkan oleh grafik OLR pada Gambar 7, terlihat bahwa MJO dalam fase tidak aktif. Hal ini menunjukkan bahwa pada tanggal 17 Desember 2020 MJO kurang berpengaruh kuat pada proses pembentukan awan, sehingga keberadaan awan cumulonimbus diakibatkan oleh adanya gangguan atmosfer skala lokal seperti adanya *shearline* yang terjadi di wilayah Cirebon.

#### 4. Kesimpulan

1. Terjadi curah hujan dengan intensitas lebat sebesar 162.4 mm/hari di wilayah Cirebon, Jawa barat
2. Berdasarkan analisis GMap curah hujan wilayah Cirebon berada pada interval 20 hingga 100 mm.
3. Terlihat adanya pertumbuhan awan *cumulonimbus* di wilayah Cirebon.
4. Kontur suhu puncak awan mengalami fase matang dengan suhu puncak awan mencapai  $-80^{\circ}\text{C}$  pada jam 10 UTC
5. *Time series* suhu puncak awan mengalami penurunan suhu secara signifikan pada jam 07 UTC dan mencapai puncak pada jam 10 UTC sebesar  $82^{\circ}\text{C}$ .
6. Terdapat adanya pola tekanan angin rendah di wilayah samudera hindia dan adanya *shearline* di sekitar wilayah Cirebon sehingga menyebabkan terjadinya Hujan lebat di wilayah Cirebon, Jawa barat.
7. Nilai Indeks SOI Cirebon sebesar +16,9, hal itu menunjukkan bahwa terjadi fenomena La Nina yang mempengaruhi potensi awan konvektif di wilayah Indonesia.
8. Pada tanggal 17 Desember MJO berada pada fase tidak aktif sehingga kurang berpengaruh kuat pada proses pembentukan awan.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, orang tua, dosen program studi D-IV Meteorologi STMKG, rekan-rekan taruna/i STMKG, dan semua pihak yang telah membantu melancarkan penelitian dan pembuatan tulisan ini

#### Daftar Pustaka

- [1] Lia,E.(2020,Desember 18). *Ayo Cirebon: Digempur Hujan, Ratusan Rumah di Kabupaten Cirebon Terendam Banjir*. Retrieved Desember 20, 2020, from <https://www.ayocirebon.com/read/2020/12/18/7523/digempur-hujan-ratusan-rumah-di-kabupaten-cirebon-terendam-banjir>.
- [2] Aiqiu, L. F., Mahendera, I. G. A., & Mulsandi, A. (2017). Analisis Kondisi Atmosfer pada Kejadian Hujan Lebat Daerah Poso dan Sekitarnya (Studi Kasus : Kabupaten Poso Tanggal 17 Juli 2017 ) Analysis of Atmospheric Conditions at Heavy Rainfall Event Over Poso and Surrounding Area (Case Study : Poso Area Juli 17 , 2017). 383–393.
- [3] Putri, R. J. A. (2016). *Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 Untuk Analisis Kejadian Hujan Sangat Lebat di Kabupaten Nabie, Papua Tengah (Tanggal 12, 21, dan 22 Maret 2016)*. Prosiding SNSA 2016.
- [4] Natadiredja,Sanjaya. (2018). Validasi Curah Hujan Harian Berdasarkan Data Global Satellite Mapping of precipitation (GSMAP) di Wilayah Bali Dan NusaTenggara. *Buletin Fisika* ,19(1), 12 –15.

- [5] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.(2008). Curah hujan dan potensi gerakan tanah.
- [6] Nugroho, Anendha Destyanto, Fadlan, A. (2018). Analisis Kejadian Hujan Es Berdasarkan Kondisi Atmosfer dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi kasus : Magelang, 24 Januari 2018). *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)* 2 (2), 80 – 87.
- [7] Ariwibowo, F.S. Nur, A.K., & Indra. (2018). Identifikasi Fenomena Hujan Es Berbasis Analisis Faktor Cuaca Menggunakan Citra Satelit Himawari-8 dan Peta Upper Air Sounding (Studi Kasus: Kejadian Hujan Es Tanggal 20 Maret 2018 di Depok). *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 2 (2), 145 – 154.
- [8] Meteorological Satellite Center (MSC).(2006). SATAID Operational Manual. Japan Meteorology Agency
- [9] Al kazim, T.S.(2017).Diklat Online Karakteristik Cuaca Skala Lokal
- [10] As-Syakur, Abd Rahman. (2007). Identifikasi Hubungan Fluktuasi Nilai SOI Terhadap Curah Hujan Bulanan di Kawasan Batukaru-Bedugul, Bali. *Jurnal Bumi Lestari*, 7(2), 123-12

## ANALISIS FAKTOR PENYEBAB BANJIR DI ACEH SELATAN (STUDI KASUS : 17 MEI 2021)

### FLOOD CAUSE FACTORS ANALYSIS IN SOUTH ACEH (CASE STUDY : 17 MAY 2021)

Kurnia Dea Meilinda<sup>1\*</sup>, Aurelia Intan Sabila<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5, Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten, 15221

\*E-mail: kurniadea2@gmail.com

Naskah masuk:13 Juli 2021

Naskah diperbaiki: 11 Oktober 2022

Naskah diterima:4 November 2022

#### ABSTRAK

Banjir bandang yang melanda lima kecamatan Aceh Selatan terjadi pada tanggal 17 Mei 2021 sejak pukul 15.11 WIB akibat meluapnya sungai Lae Ordi. Terukur akumulasi curah hujan selama 24 jam sebesar 158,8 mm/hari pada ARG Cut Ali yang termasuk kategori hujan lebat. Analisis dinamika atmosfer seperti skala global, regional, dan lokal diperlukan untuk mengetahui kondisi atmosfer saat kejadian banjir. Data satelit Himawari-8 juga diperlukan dalam melihat pertumbuhan awan penghasil hujan lebat ini. Hasil analisis menunjukkan tidak adanya pengaruh MJO terhadap pembentukan awan konvektif. Umumnya, angin bertiup dari barat daya hingga barat dengan membawa kandungan uap air yang tinggi dengan keadaan suhu muka laut yang cukup hangat serta ditemukan polakonvergensi di sekitar perairan Utara Pulau Jawa dan divergensi negatif di lapisan 1000 - 200 mb yang mendukung pola pembentukan awan konvektif. Berdasarkan citra Satelit Himawari-8 juga memperlihatkan adanya pertumbuhan awan konvektif mulai pukul 02.00 UTC hingga 17.30 UTC. Terlihat suhu puncak awan mencapai -55 °C dan kontur suhu awan mencapai -72.5 °.

**Kata kunci:** banjir, hujan lebat, awan konvektif, himawari-8

#### ABSTRACT

*Flash floods that hit five sub-districts of South Aceh occurred on May 17, 2021 since 15.11 WIB due to the overflow of the Lae Ordi river. The accumulated rainfall for 24 hours was 158.8 mm/day at the Cut Ali ARG which was included in the heavy rain category. Atmospheric dynamics analysis such as global, regional, and local scales is needed to determine the atmospheric conditions during a flood event. Himawari-8 satellite data is also needed to see the growth of this heavy rain-producing cloud. The results of the analysis show that there is no influence of the MJO on the formation of convective clouds. Generally, the wind blows from the southwest until west with a high water vapor content with a fairly warm sea surface temperature and a convergence pattern is found around the northern waters of Java Island and a negative divergence in the 1000-200 mb layer which supports the pattern of convective cloud formation. Based on the Himawari-8 satellite image, it also shows the growth of convective clouds from 02.00 UTC to 17.30 UTC. It can be seen that the cloud top temperature reaches -55 °C and the cloud temperature contour reaches -72.5 °C.*

**Keywords:** flood, heavy rain, convective cloud, himawari-8

## 1. Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu fenomena hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia. Hal tersebut terlihat dari data BNPB (2021) yang menunjukkan bahwa bencana banjir berada pada posisi pertama sebanyak 501 kejadian. Ditambah lagi wilayah Indonesia yang berada di ekuator menyebabkan intensitas curah hujan yang terjadi cukup tinggi. Curah hujan yang tinggi hingga durasi yang lama dapat menyebabkan banjir.

Salah satu parameter cuaca yang sering terkait dengan banjir ialah curah hujan. Curah hujan yang tinggi dipicu oleh adanya cuaca signifikan. Pembentukan cuaca signifikan tersebut terjadi karena adanya gangguan cuaca pada skala global, skala regional, dan skala lokal. Selain itu, dapat dilihat dari pantauan citra satelit Himawari-8 yang dapat menunjukkan pola awan yang terbentuk [1].

Menurut laporan BNPB, pada tanggal 17 Mei 2021 di Kabupaten Aceh Selatan telah terjadi banjir sejak pukul 15.11 WIB akibat meluapnya sungai Lae Ord. Banjir tersebut melanda lima Kecamatan diantaranya Kecamatan Kluet Tengah, Kecamatan Pasie Raja, Kecamatan Tapaktuan, dan Kecamatan Kota Bahagia. Air menggenangi permukiman warga setinggi 10cm hingga 60 cm yang menyebabkan adanya korban terdampak sebanyak 4.124 kepala keluarga (KK) dengan 5.620 jiwa.

Penelitian terdahulu terkait analisis banjir di Indonesia telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya di wilayah Manado yang memanfaatkan citra satelit MTSAT dan TRMM [2]. Kemudian Aiqiu dkk (2017) juga melakukan penelitian terkait hujan lebat di wilayah Poso pada 17 Juli 2017. Analisis terkait banjir juga telah dilakukan di wilayah Jakarta dengan memanfaatkan data model dan satelit Himawari-8 [3].

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi atmosfer saat terjadinya banjir dengan menggunakan data observasi, Copernicus ECMWF, dan Satelit Himawari-8 pada kejadian banjir di Aceh Selatan pada 17 Mei 2021. Hasil analisis dapat dijadikan referensi bagi masyarakat untuk meminimalisir dampak buruk dari kejadian serupa di kemudian hari.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Aceh Selatan yang secara astronomis terletak pada koordinat  $02^{\circ} 23'$  -  $03^{\circ} 36'$  LU dan  $96^{\circ} 54'$  -  $97^{\circ} 51'$  BT seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

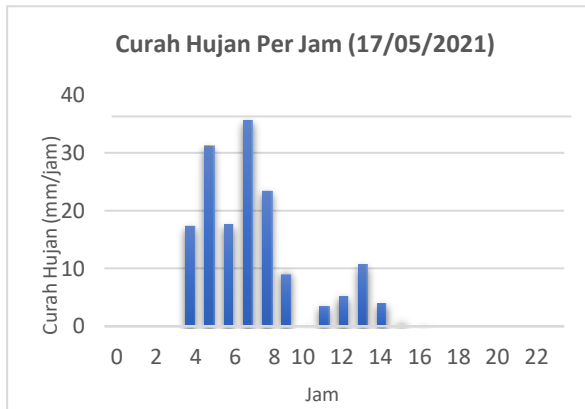
Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Data curah hujan per jam tanggal 17 Mei 2021 yang diperoleh dari ARG Cut Ali Kabupaten Aceh Selatan.
- Data citra satelit Himawari-8 pada tanggal 17 Mei 2021 kanal Infra Red (IR) dengan resolusi temporal 10 menit.
- Data model reanalisis dari copernicus ECMWF berupa data *relative humidity*, divergensi, SST, dan angin zonal dan meridional lapisan 850 mb pada tanggal 17 Mei 2021 dalam format NetCDF.
- Data MJO yang diperoleh dari situs [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au).

Metode yang digunakan yakni analisis deskriptif dengan menganalisis kondisi atmosfer menggunakan data model, satelit, dan observasi. Data model dari copernicus ECMWF berformat NetCDF diolah menggunakan software GrADS agar menghasilkan output berformat .PNG kemudian untuk data indeksnino 3.4 diolah menggunakan Microsoft Excel. Untuk data citra satelit Himawari-8 kanal infra red diolah menggunakan aplikasi SATAID.

### 3. Hasil dan Pembahasan

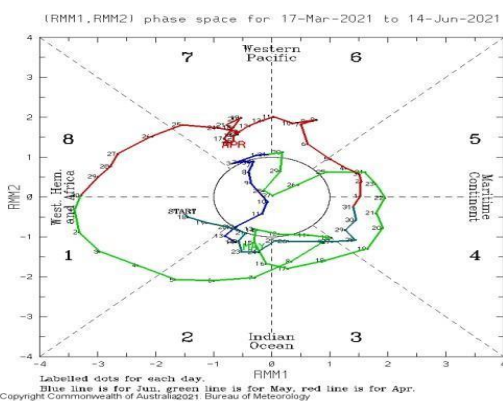
#### Analisis Curah Hujan



**Gambar 2.** Grafik intensitas curah hujan per jam tanggal 17 Mei 2021 di Aceh Selatan (sumber: data diolah).

Gambar 2 merupakan grafik intensitas curah hujan per jam yang terukur pada ARG Cut Ali saat kejadian banjir di Aceh Selatan tanggal 17 Mei 2021 menunjukkan bahwa terjadi hujan dengan durasi 14 jam mulai pukul 04 UTC hingga 15 UTC. Intensitas curah hujan tertinggi terjadi pada pagi hingga siang hari dengan curah hujan terukur sebesar 17-35 mm/jam. Curah hujan tersebut dikategorikan sebagai hujan lebat dengan intensitas curah hujan bernilai 10-20 mm/jam. Untuk akumulasinya selama 24 jam terukur 158,8 mm/hari. Hal ini termasuk kategori hujan berintensitas lebat. Sehingga banjir yang terjadi disebabkan karena adanya hujan lebat dengan durasi 14 jam yang mengguyur Aceh Selatan [4].

#### Analisis MJO

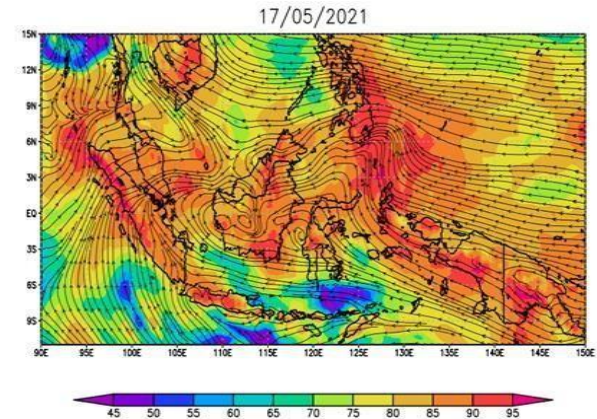


**Gambar 3.** Fase MJO 17 Maret – 14 Juni 2021 (sumber: data diolah).

Gambar 3 menunjukkan fase MJO mulai dari tanggal 17 maret hingga 14 Juni 2021. Terlihat pada bulan Mei tahun 2021 tepatnya menjelang kejadian banjir yakni sebelum tanggal 17 Mei 2021, MJO

sedang berada di fase 2. Kemudian saat kejadian banjir di tanggal 17 Mei nya, MJO sedang berada di fase 3. Kondisi tersebut mengindikasikan tidak adanya pengaruh MJO pada kejadian banjir di Aceh tersebut. MJO dapat memberikan pengaruh terhadap Indonesia dengan harus berada di fase 4 atau 5. Sehingga MJO tidak memberikan pengaruh terhadap kejadian hujan lebat yang menyebabkan banjir di Aceh Selatan pada 17 Mei 2021 tersebut [5].

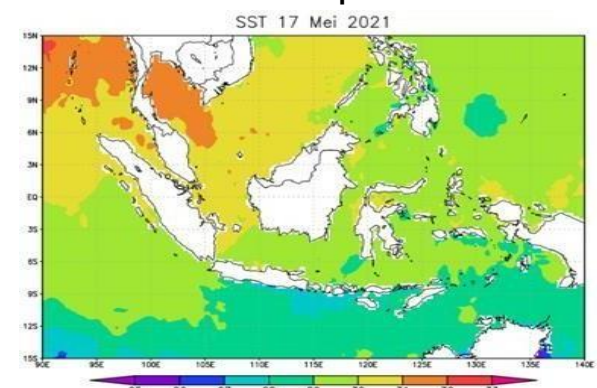
#### Analisis Streamline dan RH



**Gambar 4.** Peta overlay streamline dan RH pada 17 Mei 2021 (sumber: data diolah).

Berdasarkan Gambar 4 yang menunjukkan peta overlay antara streamline dan Relative Humidity terlihat bahwa di wilayah Aceh Selatan, umumnya angin bertiup dari barat daya hingga barat di Perairan Barat Sumatera menuju Pulau Sumatera yang membawa kandungan uap air cukup tinggi berkisar 75-85%. Sehingga, di wilayah Aceh Selatan massa udaranya cenderung lembab dengan RH bernilai 95%. Hal ini mengindikasikan di wilayah Aceh Selatan kandungan uap air nya sangat tinggi yang mendukung pertumbuhan awan konvektif. Selain itu, adanya pola konvergensi di sekitar perairan Utara Pulau Sumatera juga mendukung terjadinya pertumbuhan awan konvektif [6].

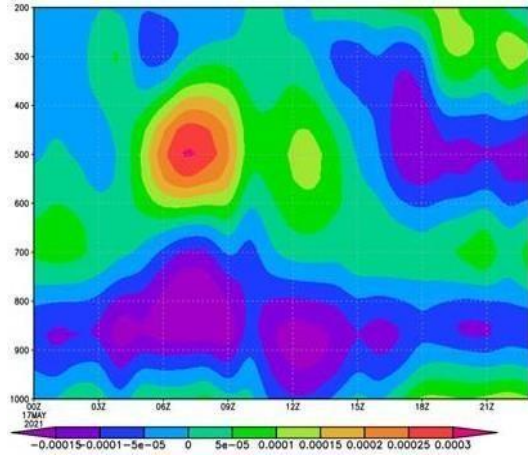
#### Analisis Sea Surface Temperature



**Gambar 5.** Peta Sea Surface Temperature pada tanggal 17 Mei 2021 (sumber: data diolah).

Gambar 5 menampilkan peta *Sea Surface Temperature* pada tanggal 17 Mei 2021 terlihat bahwa kondisi *Sea Surface Temperature* di perairan Indonesia khususnya di Perairan Barat Daya Sumatera cukup hangat berkisar 29-31 °C. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya penguapan yang cukup tinggi yang kemudian mendukung pertumbuhan awan konvektif terutama di wilayah Aceh Selatan [7].

**Analisis Divergensi**



**Gambar 6.** Peta divergensi lapisan 1000-200 mb pada rentang koordinat 02° 23' - 03°36' LU dan 96° 54' – 97° 51' BT saat tanggal 17 Mei 2021. (sumber: data diolah).

Gambar 6 memperlihatkan kondisi divergensi di lapisan 1000 hingga 200 mb tepatnya pada pukul 08.00-12.00 UTC yang menunjukkan nilai negatif. Hal ini mengindikasikan adanya pola berkumpul dari massa udara yang mendukung dalam pertumbuhan awan konvektif [8].

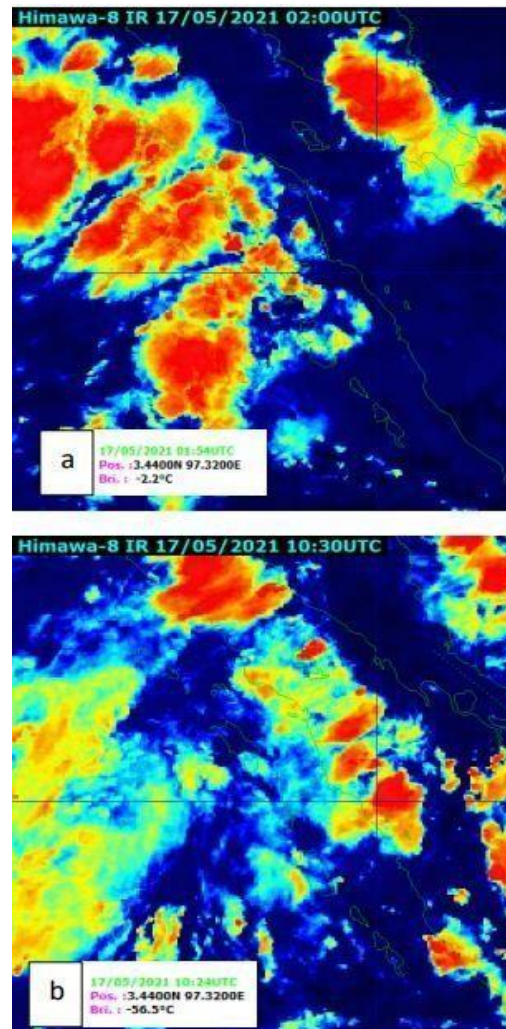
**Analisis Time Series Citra Satelit Himawari-8**

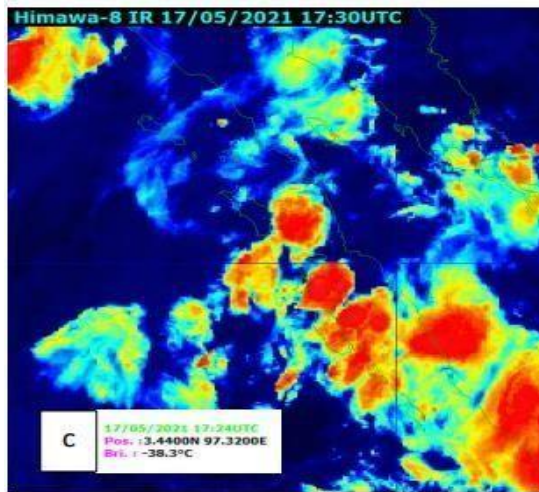


**Gambar 7.** Grafik time series suhu puncak awan tanggal 17 Mei 2021 (sumber: data diolah).

Pada Gambar 7 menampilkan grafik *time series* suhu puncak awan pada tanggal 17 mei 2021 yang dapat menunjukkan fase pertumbuhan awan Cumulonimbus. Terlihat di wilayah Kabupaten Aceh Selatan terdapat pertumbuhan awan konvektif yaitu Cumulonimbus sejak pukul 02.00 yang ditandai dengan adanya kenaikan suhu puncak awan. Awan memasuki fase matang pada pukul 10.00 UTC dengan suhu puncak awan mencapai -55 °C. Fase matang tersebut terus terjadi hingga pukul 16.00 UTC. Hal ini mengindikasikan saat jam tersebut kondisi cuaca di sekitar wilayah Aceh Selatan sedang signifikan berupa adanya curah hujan berintensitas tinggi yang dipicu dari awan Cumulonimbus. Di jam berikutnya yakni pada pukul 17.00 UTC, awan mulai masuk fase purnah dengan adanya penurunan suhu puncak awan yang cukup fluktuatif hingga mencapai -20 °C [9].

**Analisis Pertumbuhan Awan Konvektif**

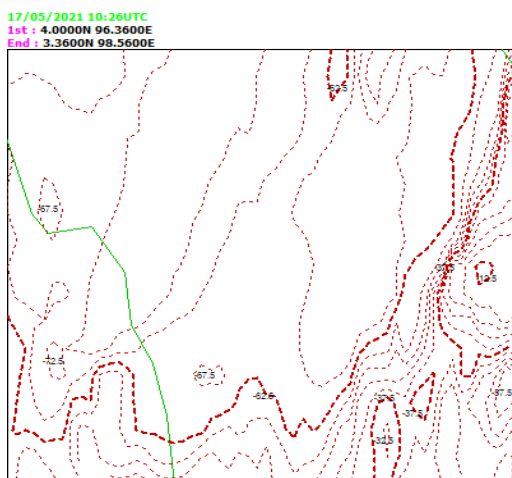




**Gambar 8.** Citra IR pada warna Ext0 tanggal 17 Mei 2021 (a) pukul 02.00 UTC; (b) pukul 10.30 UTC; (c) pukul 17.30 UTC (sumber: data diolah).

Gambar 8 memperlihatkan pertumbuhan awan konvektif berdasarkan citra IR dengan warna Ext0. Terlihat pada gambar tersebut terdapat sekumpulan awan konvektif di sebelah timur perairan Sumatera sekitar pukul 02.00 UTC yang ditandai dengan warna kuning hingga merah yang membentuk gumpalan. Awan konvektif tersebut terus berkembang dan meluas hingga melingkupi wilayah penelitian yakni Kabupaten Aceh Selatan dan bertahan sekitar 6 jam dengan suhu puncak awan mencapai  $-56,5$  °C. Yang mana pada jam tersebut terjadi hujan dengan intensitas lebat yang dipicu oleh awan Cumulonimbus. Di jam 17.30 UTC, awan Cumulonimbus mulai punah yang ditandai dengan tidak adanya gumpalan awan berwarna merah di sekitar wilayah Kabupaten Aceh Selatan.

### Analisis Kontur Awan



penelitian ini. Terimakasih juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan jurnal penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Aiqiu, L.F., Gede, I. A. M., & Mulsandi, A., (2017). Analisis Kondisi Atmosfer pada Kejadian Hujan Lebat Daerah Poso dan Sekitarnya (Studi Kasus: Kabupaten Poso Tanggal 17 Juli 2017), Seminar Nasional Penginderaan Jauh.
- [2] Sagita, N., & Ratih, P., (2013). Analisis Citra Satelit MTSAT dan TRMM menggunakan Software ER MAPPER, SATAID, dan PANOPLY saat Kejadian Curah Hujan Ekstrim di wilayah Manado, 16 Februari 2013. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 9(2).
- [3] Ismail, P., & Muhammad, A. M., (2017). Analisis Kondisi Atmosfer Pada Fenomena Hujan Sangat Lebat di Jakarta. Jatinangor. Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya.
- [4] BMKG, (2010). Peraturan KBMKG Nomor: Kep. 009 Tahun 2010 tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, Dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrim.
- [5] Hamid, A., Habib, A., Firdaus, P., & Bandang, B. (2020). Analisis Kondisi Fisis Atmosfer Ketika Banjir Bandang dan Prediksi Banjir Menggunakan Model Rainfall Runoff Inundation di Wilayah Jabodetabek. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Geografi Uhamka Tahun 2020*, May, 72–82.
- [6] Faldo, Y., (2019), Studi Kondisi Atmosfer Di Medan Tanggal 2 Desember 2017 Saat Terjadi Cuaca Ekstrem, Skripsi, Jurusan Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan.
- [7] Alfajri, Mubarak, & Mulyadi, A., (2017). Analisis Spasial dan Temporal Sebaran Suhu Permukaan Laut di Perairan Sumatera Barat, *Jurnal Dinamika Lingkungan Indonesia*, 4(1), 65-74.
- [8] Fadholi, A., (2014). Perbandingan Profil Vertikal Divergensi dan Vortisitas Model WRF dengan Luaran SATAID Kejadian Hujan Lebat Batam Tanggal 30-31 Januari 2013, 11(1), 1-17.
- [9] Saragih, I. J. A., Kristianto, A., Silitonga, A. K., & Paski, J. A. I. (2017). Kajian Dinamika Atmosfer saat Kejadian Hujan Lebat di Wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara Menggunakan Model WRF-ARW dan Citra Satelit Himawari-8. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 25–30.
- [10] Gusranda, I., Hutagalung, M. O. R., Salsabil, N. H. S., & Mulya, A., (2022), Kajian Pertumbuhan dan Persebaran Awan Hujan Pada Saat Banjir Berbasis Data Satelit Himawari-8 (Studi Kasus : Banjir di Kab. Kerinci dan Kota Sungai Penuh 4 Juni 2022), *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 6(1), 72-80.

## **ANALISIS KEJADIAN BANJIR MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT HIMAWARI-8 (STUDI KASUS: KOTA BATU, TANGGAL 4 NOVEMBER 2021)**

### **FLOOD ANALYSIS USING HIMAWARI-8 SATELLITE IMAGE DATA (CASE STUDY: BATU CITY, 4 NOVEMBER 2021)**

Laras Fatimatuzzahro<sup>1\*</sup>, Aditya Mulya<sup>2</sup>, Linda Fitrotul Muzayanah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5, Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten, 15221

<sup>2</sup>Stasiun Klimatologi Malang, Jl. Zentana No.33, Krajan, Ngijo, Kec. Karang Ploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur, 65152

\*E-mail: larasfatimatuzzahro8@gmail.com

Naskah masuk:20 Desember 2021

Naskah diperbaiki: 12 Oktober 2022

Naskah diterima:5 November 2022

#### **ABSTRAK**

Hujan dengan intensitas sedang hingga sangat lebat yang mengguyur wilayah Kota Batu pada tanggal 4 November 2021 menyebabkan banjir di wilayah tersebut. Fenomena tersebut menyebabkan 7 warga meninggal dunia dan kerugian material seperti 31 unit rumah rusak, 92 unit rumah terendam lumpur, 73 unit motor rusak, 7 unit mobil rusak, 107 hewan ternak hanyut dan 10 kandang ternak rusak berat. Untuk itu dilakukan analisis meteorologis untuk mengetahui kondisi atmosfer pada kejadian tersebut. Penelitian ini menggunakan data pengamatan curah hujan dan analisis citra satelit Himawari-8 untuk mengetahui sebaran awan dan suhu puncak awan. Selain itu, penulis juga melakukan pemantauan terhadap aktivitas ENSO, MJO, dan IOD apakah memiliki pengaruh terhadap fenomena ini. Berdasarkan interpretasi data citra satelit kanal *Infrared* (IR) terlihat adanya kumpulan awan konvektif yaitu cumulonimbus (Cb) dengan suhu puncak awan yaitu  $-82.4^{\circ}\text{C}$  yang menutupi wilayah Kota Batu dan juga nilai indeks La Nina sebesar  $-0.99$  ENSO mengindikasikan aliran massa udara dari samudra pasifik ke Indonesia Timur yang cukup kuat, nilai IOD (*Indian Ocean Dipole*) berkisar  $-0.3$  yang mengindikasikan adanya suhu muka laut di Samudra Hindia Barat Sumatra hangat sehingga menunjang terjadinya perawanan yang cukup banyak, dan MJO (*Madden Julian Oscillation*) berada pada fase 4 dan 5 yang aktif di wilayah Bumi Maritim Indonesia.

**Kata kunci:** Hujan Lebat, Himawari-8, ENSO, IOD, MJO

#### **ABSTRACT**

*Rain with moderate to very heavy intensity that flushed the Batu City area on November 4, 2021 caused flooding in the area. This phenomenon caused several deaths and huge losses for the surrounding community. For this reason, a meteorological analysis was carried out to determine the atmospheric conditions at the event. This study uses rainfall observation data and analysis of Himawari-8 satellite imagery to determine cloud distribution and cloud top temperature. In addition, the authors also monitor the activities of ENSO, MJO, and IOD whether they have an influence on this phenomenon. Based on the interpretation of Infrared (IR) satellite imagery data, it can be seen that there is a collection of convective clouds, namely cumulonimbus (Cb) with a cloud top temperature of  $-82.4^{\circ}\text{C}$  covering the Batu City area. At the time of the flash flood, the SOI (Southern Oscillation Index) value was  $+12.5$  which indicated that the air mass flow from the Pacific Ocean to East Indonesia was quite strong, the IOD (Indian Ocean Dipole) value was around  $-0.4$  which indicated the presence of sea surface temperatures in the West Indian Ocean. Sumatra is warm so that it supports the occurrence of quite a lot of cloudiness, and the MJO (Madden Julian Oscillation) is in phases 4 and 5 which are active in the Earth Maritime region of Indonesia.*

**Keywords:** Heavy Rain, Himawari-8, ENSO, IOD, MJO

## 1. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia terletak pada 6° LU sampai dengan 11° LS serta 95° BT hingga 141°BT menyebabkan banyak terjadi fenomena cuaca yang signifikan. Indonesia dilewati oleh garis ekuator dimana panas matahari yang diterima lebih banyak dari belahan bumi lainnya. Negara Indonesia disebut sebagai negara maritim yang memiliki wilayah perairan sekitar 70% dan daratan 30%. [1]. Pemanasan yang tinggi dan tersedianya uap air yang banyak menyebabkan pertumbuhan awan-awan konvektif seperti awan Cumulonimbus yang berkaitan dengan kondisi cuaca buruk di wilayah Indonesia [2].

Kondisi iklim di wilayah Indonesia juga dipengaruhi oleh beberapa fenomena global, regional, dan lokal. Secara global cuaca dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti fenomena *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO), *Indian Ocean Dipole* (IOD), dan *Madden Julian Oscillation* (MJO). MJO adalah komponen dominan dari variabilitas intraseasonal (30 – 90 hari) di atmosfer wilayah tropis dengan karakteristik adanya peningkatan dan penurunan curah hujan yang bergerak dari barat ke timur dan umumnya terjadi di sepanjang Samudra Hindia hingga Samudra Pasifik [3]. Fenomena ENSO merupakan pengaruh variabilitas iklim dengan fluktuasi suhu muka laut di sekitar ekuator bagian tengah dan timur Pasifik yang berinteraksi antara lautan dan atmosfer, terdiri dari dua kejadian yaitu El Nino dan La Nina. El Nino terjadi dikaitkan dengan anomali suhu muka laut tinggi di kawasan timur Pasifik sehingga di sekitar Indonesia mengalami penurunan curah hujan, sedangkan La Nina sebaliknya dimana suhu muka laut di timur Pasifik mengalami penurunan sehingga di Indonesia mengalami peningkatan curah hujan [4]. Untuk mengetahui fenomena ENSO digunakan beberapa indeks, yaitu ONI (*Oceanic Nino Index*) dan SOI (*Southern Oscillation Index*). Oceanic Nino Index (ONI) didasarkan pada Suhu Permukaan Laut (SPL) dari rata-rata di wilayah Nino 3.4, dan merupakan ukuran utama untuk memantau, menilai dan memprediksi ENSO. Sedangkan penentuan indeks SOI didasarkan pada perbedaan tekanan udara permukaan laut antara Tahiti dan Darwin [5]. IOD adalah indeks yang menyatakan aliran massa udara di Samudera Hindia yang dihitung dari perbedaan suhu permukaan laut antara dua wilayah antara Samudra Hindia barat dan Samudra Hindia bagian timur [6].

Fenomena cuaca dapat diamati menggunakan bantuan sistem penginderaan jauh menggunakan interpretasi satelit meteorologi.

Keterbatasan data curah hujan di wilayah Indonesia dengan adanya data satelit yang diperbaharui setiap 10 menit dan dapat diakses secara gratis bisa dijadikan solusi untuk mengatasi ketersediaan data curah hujan [7]. Satelit Himawari-8 bagian dari satelit geostasioner dengan cakupan yang luas dan real time. Citra *Infrared* (IR) dari satelit Himawari-8 merepresentasikan suhu puncak awan yang dapat dilihat dari *software* SATAID.

Pada tanggal 4 November 2021 terjadi hujan dengan intensitas sedang hingga sangat lebat di wilayah Kota Batu. Hujan lebat dengan intensitas tinggi dan durasi lama yang dihasilkan oleh awan-awan konvektif menyebabkan terjadinya banjir di wilayah tersebut. Dari pemantauan alat ukur curah hujan Automatic Rain Gauge (ARG) Batu terakumulasi curah hujan 82.4 mm dari pukul 07 UTC (siang hari) sampai dengan pukul 17 UTC (malam hari) dan berdasarkan kriteria BMKG curah hujan tersebut dikategorikan hujan dengan intensitas sangat lebat. Banjir menerjang 5 dusun di 4 kecamatan yaitu di Dusun Sambong dan Dusun Beru, Desa Bulukerto, Kecamatan Bumiaji. Jalan Raya Dieng, Desa Sidomulyo, Kecamatan Batu. Desa Sumberbrantas, Kecamatan Bumiaji dan Jalan Raya Selecta, Desa Tulungrejo, Kecamatan Batu [8]. Hujan dengan intensitas tinggi dihari tersebut berimbas pada meluapnya Sungai Brantas dan menjadikan salah satu faktor terjadinya banjir di wilayah tersebut. Bencana ini menyebabkan 7 warga meninggal dunia dan kerugian material seperti 31 unit rumah rusak, 92 unit rumah terendam lumpur, 73 unit sepeda motor rusak, 7 unit mobil rusak, 107 hewan ternak hanyut dan 10 kandang ternak rusak berat [9].

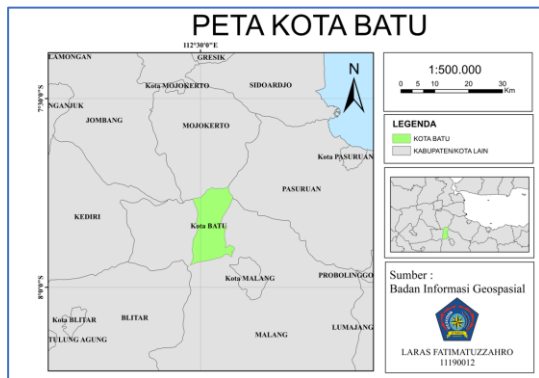
Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pertumbuhan awan konvektif pada saat terjadinya banjir di wilayah Kota Batu pada tanggal 4 November 2021 serta apakah ada pengaruh dari aktivitas ENSO, MJO, dan IOD. Dampak akibat terjadinya banjir dapat diminimalisir dengan mengetahui faktor penyebabnya, salah satunya yaitu curah hujan dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu, analisis kejadian fenomena cuaca ekstrem seperti hujan lebat perlu dilakukan dalam memprediksi cuaca ekstrem kedepannya sehingga dapat dilakukan mitigasi agar meminimalisir dampak yang ditimbulkan.

## 2. Metode Penelitian

Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- Data curah hujan perjam dari ARG Batu yang datanya didapat dari Stasiun Klimatologi Malang.
- Data satelit Himawari-8 kanal Infrared (IR) band-13 yang di dapatkan dari BMKG Jakarta subbid penginderaan citra satelit dan diolah dengan menggunakan *software* SATAID.
- Data *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO), Madden Julian Oscillation (MJO), dan Indian Ocean Dipole (IOD) dari Bureau of Meteorology (BOM), Australia atau dari website <http://www.bom.gov.au/> dan data sea surface Temperature (SST) dari website <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cobe2.html>

Wilayah yang menjadi lokasi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1 yaitu Kota Batu dengan letak koordinat pada 122°17'-122°57' BT dan 7°44'-8°26' LS. Waktu penelitian dipilih berdasarkan waktu kejadian banjir di Kota Batu pada tanggal 4 November 2021.

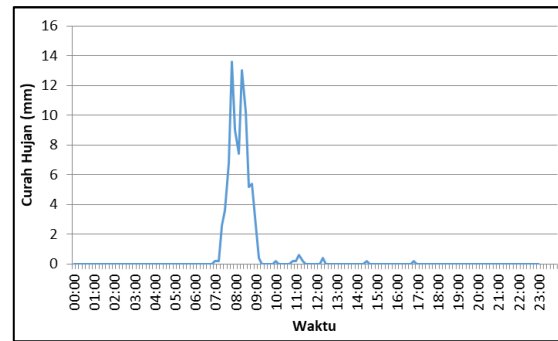


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menganalisis data curah hujan dari pos pemantau curah hujan di ARG Batu selanjutnya menganalisis dari data satelit Himawari- 8 dengan mengolah data *infrared channel* (IR) menggunakan perangkat lunak SATAID untuk menampilkan sebaran awan, nilai suhu puncak awan, dan kontur suhu puncak awan. Penulis juga melakukan pemantauan terhadap grafik MJO, indeks ENSO, indeks SOI, dan indeks IOD dianalisis apakah berpengaruh terhadap kejadian banjir di wilayah Kota Batu.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisis Curah Hujan



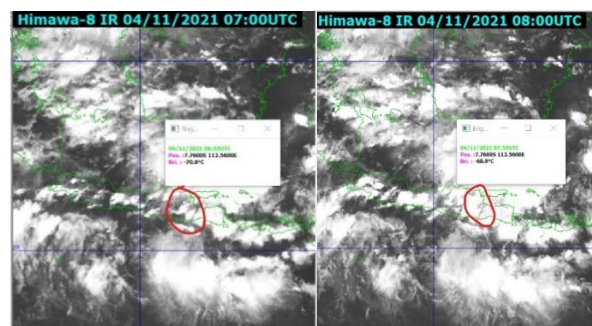
Gambar 2. Grafik Curah Hujan ARG Batu

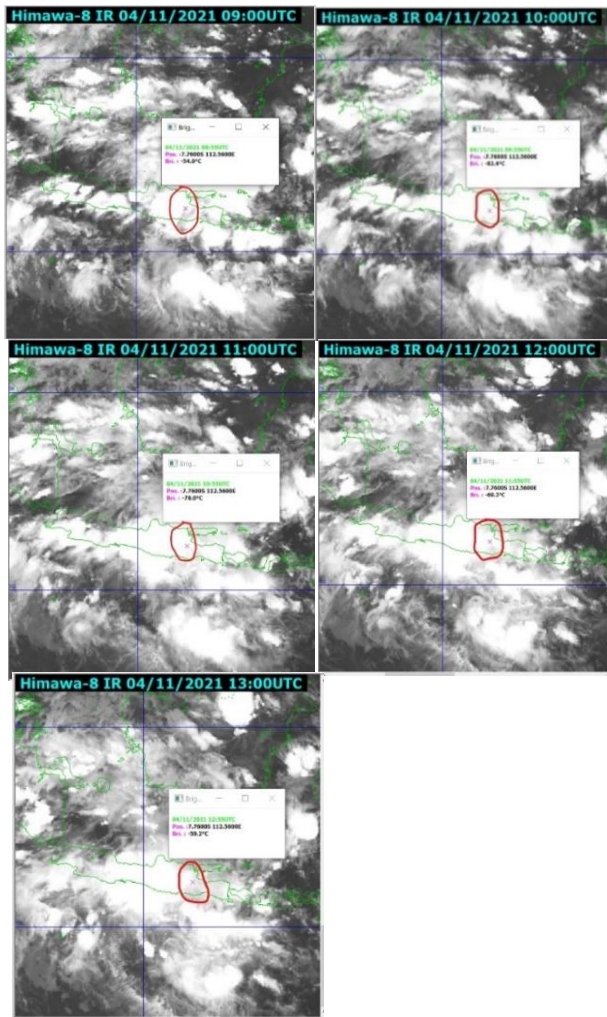
Gambar 2 menunjukkan grafik curah hujan pada waktu kejadian yaitu tanggal 4 November 2021. Data hasil pengamatan ini dilakukan oleh suatu alat penakar hujan otomatis dalam satuan waktu tertentu yang disebut ARG (*Automatic Rain Gauge*). Data curah hujan diambil dari pos pemantau curah hujan di wilayah Kota Batu yaitu ARG Batu. Dari grafik curah hujan setiap jam di ARG Batu, hujan mulai terjadi sekitar pukul 07.00 UTC dan intensitasnya terus meningkat hingga malam hari. Akumulasi curah hujan selama 24 jam yaitu 82.4 mm dimana menurut BMKG kriteria tersebut termasuk kriteria “Hujan Lebat”.

#### Analisis Citra Satelit

##### Analisis Citra Satelit Himawari-8

Pada gambar 3 menunjukkan citra satelit Himawari -8 dengan kanal Infrared (IR) dari pukul 07.00 UTC hingga 13.00 UTC. Dari citra satelit tersebut menunjukkan adanya tutupan awan yang membentang di wilayah Kota Batu. Awan berwarna putih yang membentang menutupi wilayah tersebut dari pukul 07.00 UTC hingga 13.00 UTC. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kondisi atmosfer wilayah Kota Batu ialah berawan. Suhu puncak awan yang diolah menggunakan *software* SATAID menunjukkan rentang suhu puncak awan yang berwarna putih <math>< -50\text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Pada jam-jam tersebut teridentifikasi persebaran awan yang memenuhi kriteria awan cumulonimbus (Cb). Awan di atas wilayah Kota Batu terus tumbuh kemudian perlahan-lahan mulai meluruh.





Gambar 3. Citra Satelit Kanal IR 07.00 UTC – 13.00 UTC

**Analisis time series suhu puncak awan**

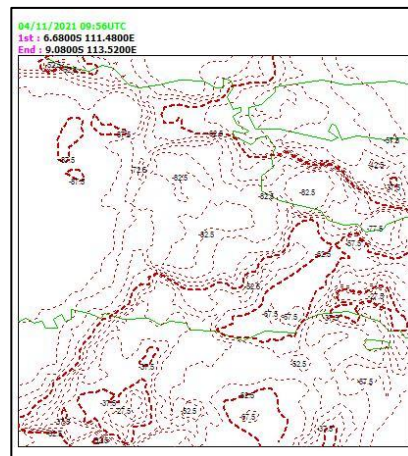
Pada gambar 4 menunjukkan grafik time series Citra Satelit Himawari-8 kanal Infrared (IR) pada tanggal 4 November 2021. Dari time series tersebut menunjukkan suhu puncak awan mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik tersebut teramati bahwa suhu puncak awan cenderung turun dari pukul 06.00 UTC dan suhu puncak awan paling rendah terjadi pada pukul 10.00 UTC yang bernilai  $-82^{\circ}$  C. Di waktu tersebut diperkirakan terbentuknya awan konvektif yang sudah matang dan berpotensi terjadinya hujan lebat. Kemudian awan tersebut mengalami fase disipasi sekitar pukul 11.00 UTC yang ditandai dengan kenaikan suhu puncak awan yang menghangat dan mengindikasikan bahwa awan mulai meluruh.



Gambar 4. Time Series 4 November 2021

**Analisis kontur suhu puncak awan**

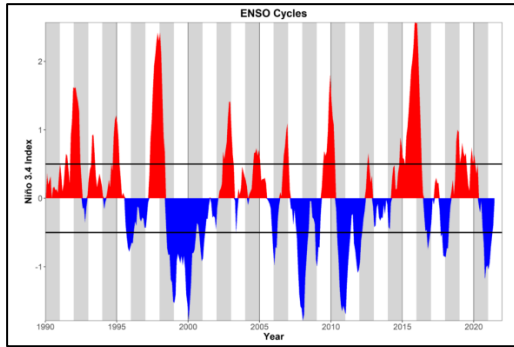
Berdasarkan Gambar 5 yang menunjukkan kontur suhu puncak awan pada waktu kejadian yaitu pada tanggal 4 November 2021. Dari gambar tersebut dapat dianalisis kontur suhu puncak awan pada pukul 10.00 UTC di wilayah Kota Batu didominasi oleh suhu puncak awan  $-82.5^{\circ}$  C. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat pertumbuhan awan konvektif. Sehingga awan tersebut berpotensi menyebabkan hujan lebat.



Gambar 5. Kontur Suhu Puncak Awan 4 November 2021

**Analisis El Nino Southern Oscillation (ENSO)**

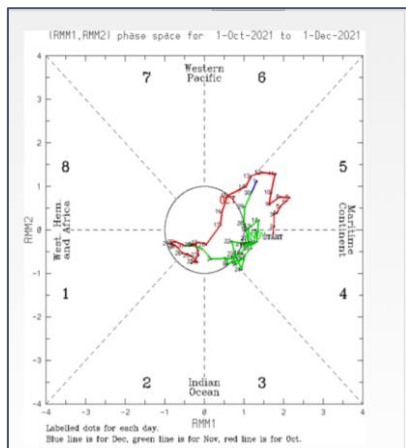
Berdasarkan gambar 6 indeks ENSO bulan November 2021 sebesar  $-0.99$  yang menunjukkan kondisi prasyarat La Nina. Prasyarat masuk kriteria La Nina jika 3 dasarian berturut-turut indeks ENSO diatas  $-0.5$ . Sejak bulan Oktober dasarian I indeks ENSO sudah diatas  $-0.5$  yaitu  $-0.83$  pada dasarian II Oktober, nilai  $-0.96$  pada dasarian III Oktober. ([https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php))



Gambar 6. Indeks Nino 3.4 periode 1990-2021

**Analisis Madden Julian Oscillation (MJO)**

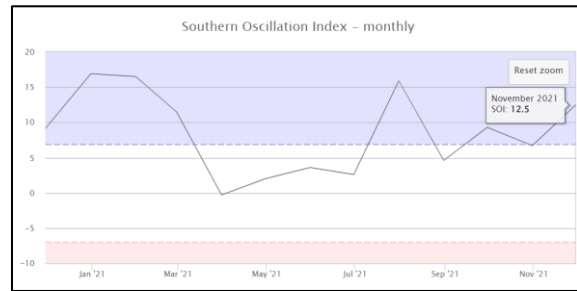
Pada gambar 7 menunjukkan fase Madden Julian Oscillation (MJO) periode 1 Oktober hingga 1 Desember 2021. Berdasarkan pemantauan Madden Julian Oscillation (MJO) pada bulan November 2021 dikategorikan aktif dan berada pada fase 4 dan 5 atau aktif di wilayah Benua Maritim Indonesia (100° BT – 140° BT) . Sehingga berpengaruh terhadap penambahan massa uap air untuk pembentukan awan konvektif pada peristiwa banjir di wilayah Kota Batu.



Gambar 7. Fase MJO 1 Oktober – 1 Desember 2021 (40 Hari) (<http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>)

Pada gambar 8 menunjukkan Grafik pergerakan *Southern Oscillation Index* (SOI) pada periode Januari hingga November 2021. Dimana SOI merupakan nilai indeks yang diperoleh dari perbedaan tekanan antara Tahiti dan Darwin. SOI bernilai positif (+) mengindikasikan aliran massa udara dari Samudra Pasifik ke Indonesia Timur yang cukup kuat dan nilai SOI negative (-) menunjukkan indikasi terjadinya El Nino [10]. Berdasarkan data *Southern Oscillation Index* (SOI) pada bulan November 2021, SOI bernilai +12.5. Apabila nilai SOI selalu diatas +7 secara kontinyu menunjukkan indikasi La Nina [11]. Hal tersebut berarti bahwa fenomena ENSO berpengaruh terhadap terjadinya pembentukan

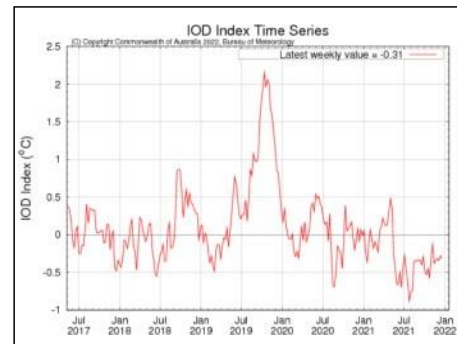
awan di wilayah Indonesia serta berpengaruh terhadap kejadian banjir di wilayah Kota Batu.



Gambar 8. Grafik Pergerakan SOI Januari – November 2021 (<http://www.bom.gov.au/climate/enso/soi/>)

**Analisis Indian Ocean Dipole (IOD)**

Pada gambar 9 menunjukkan garfik time series indeks *Indian Dipole Mode* (IOD) periode Juli 2017 hingga Januari 2022. IOD merupakan fenomena antara lautan dan atmosfer di ekuator Samudera Hindia yang mempengaruhi iklim di wilayah Indonesia dan negara-negara lain yang berada di sekitar cekungan (basin) Samudera Hindia [12]. Pada pemantauan dari indeks IOD pada bulan November 2021 bernilai negatif sekitar -0.3. Hal tersebut berarti suhu muka laut di perairan barat Sumatera (Samudera Hindia Timur) lebih hangat dibandingkan suhu muka laut di perairan Afrika, sehingga massa uap air di wilayah Indonesia meningkat. Sehingga fenomena IOD ini berpengaruh terhadap kejadian banjir di wilayah Kota Batu.



Gambar 9. Grafik Nilai IOD Time Series Juli 2017 – Jan 2022 (<http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices.shtml>)

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan analisis citra satelit Himawari-8 menunjukkan bahwa pada saat kejadian banjir di Kota Batu pada tanggal 4 November 2021 terdapat pertumbuhan awan konvektif yaitu cumulonimbus dengan rentang suhu sekitar -50 0C sampai dengan -82 0C yang terpantau sejak pukul 07.00 UTC sampai dengan pukul 13.00 UTC dengan suhu puncak awan -82.4 0C. Indeks SOI bernilai +12.5 (positif) dan indeks

ENSO bulan November pada dasarian I November 2021 sebesar -0.99 yang menunjukkan kondisi prasyarat La Nina lemah, adanya negatif dari IOD dan juga aktifitas MJO yang berada pada fase 4 dan 5 yang aktif di wilayah Benua Maritim Indonesia yang menyebabkan kandungan uap air di Indonesia semakin tinggi dan menyebabkan pertumbuhan awan konvektif semakin meningkat. Sehingga berpengaruh terhadap kejadian banjir bandang di wilayah Kota Batu. Berdasarkan pemantauan curah hujan wilayah kota batu pada tanggal 4 November 2021 mengalami hujan lebat, sehingga banjir di wilayah Kota Batu faktor utamanya yaitu hujan lebat yang disebabkan oleh fenomena-fenomena meteorologi.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung dalam pembuatan tulisan ini, baik dalam hal dukungan materi maupun moral bagi penulis dan terima kasih kepada Stasiun Klimatologi Malang yang telah mendukung dalam hal kontribusi data pada penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Karisma, S. dan Widomurti, L. (2018). Analisis Hujan Lebat Dengan Menggunakan Data Citra Satelit Di Kabupaten Banjarnegara (Studi Kasus 18 Juni 2016). *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. Vol. 08, No. 01, pp. 29 – 35
- [2] Putri, R.J.A. (2016). Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 Untuk Analisis Kejadian Hujan Sangat Lebat Di Kabupaten Nabire, Papua Tengah. *Prosiding SNSA*, pp. 195-204.
- [3] Madden, R.A., Jullian, P.R. (1994). Observations of the 40–50-Day Tropical Oscillation — A Review, *Monthly Weather Review*, 122(5), 814-837, doi: 10.1175/1520-0493(1994)122<0.CO;2
- [4] Rejeki, H. A., Munasik, & Kunarso. (2017). The Effect of ENSO to the Variability of Sea Surface Height in Western Pacific Ocean and Eastern Indian Ocean and its Connectivity to the Indonesia Throughflow (ITF). *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science* 55. <https://doi.org/10.1088/1742->
- [5] Zakir, A., Sulistya, W., Khotimah, M.K. (2009). *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Jakarta: Puslitbang BMKG.
- [6] BOM (Bureau of Meteorology). (2011). *El Nino, La Nina dan Australia's Climate*. (Diakses dari [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au) pada tanggal 24 Desember 2021).
- [7] Rumahorbo, I., Hidayat, U., Prasetyo, S., dan Mulya, A. (2020). Analisis Kondisi Atmosfer Pada Kejadian Hujan Lebat Penyebab Banjir Deli Serdang (Studi Kasus : 18 Juni 2020), *Prosiding Seminar Nasional Kahuripan*, pp. 144-148.
- [8] Arifin, Z. (2021). Banjir Bandang Terjang 5 Titik di Kota Batu, Korban Hilang Ditemukan (<https://surabaya.liputan6.com/read/4702605/banjir-bandang-terjang-5-titik-di-kota-batu-korban-hilang-ditemukan>, diakses tanggal 24 Desember 2021).
- [9] BNPB. (2021). *Data Bencana Indonesia 2021* hal. 64. Jakarta: Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana
- [10] Rohata, F.N., Iryanti, M. (2020). Prediksi Fenomena ENSO (El Nino Southern Oscillation) Tahun 2020- 2021 Berdasarkan Nilai SOI (Southern Oscillation Indeks) Menggunakan Metode ARIMA (Autoregresif Integrated Moving Average). *Prosiding Seminar Nasional Fisika* 6.0. pp. 178-184.
- [11] Hidayat, A., Efendi, U., Agustina, L., Winarso, PA. (2018). Koreksi Indeks Nino 3.4 dan Southern Oscillation Indeks (SOI) dengan Variasi Curah Hujan di Semarang. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol.19 No. 2, 2018: 75-81.
- [12] Damanik, R.A., Tinambunan, J.M.R., Permata, C.A.D.(2017). Respon Salinitas dan Klorofil-a di Perairan Barat Sumatra Terhadap Fenomena Indian Ocean Dipole Tahun 2010-2016. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4*. Pp. 353-358.

## UJI KEAKURATAN DATA SUHU UDARA, KELEMBAPAN UDARA, TEKANAN UDARA, DAN CURAH HUJAN DARI ALAT *AUTOMATIC WEATHER STATION* TERHADAP PENGUKURAN MANUALNYA

### *ACCURACY TEST OF AIR TEMPERATURE, RELATIVE HUMIDITY, AIR PRESSURE, AND RAINFALL DATA FROM AUTOMATIC WEATHER STATION ON MANUAL MEASUREMENTS*

Siti Risnayah<sup>1\*</sup>, La Ode Hasnuddin S. Sagala<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tenggara, 93870

<sup>2</sup>Fakultas Teknologi Informasi Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Sulawesi Tenggara, 93561

\*E-mail: [siti.risnayah@bmgk.go.id](mailto:siti.risnayah@bmgk.go.id)

Naskah masuk: 27 Mei 2022

Naskah diperbaiki: 27 September 2022

Naskah diterima: 21 Oktober 2022

#### ABSTRAK

Untuk mengetahui performa *Automatic Weather Station* (AWS) dalam melakukan pengamatan cuaca maka uji akurasi data keluaran AWS dilakukan. AWS memiliki kemampuan bekerja tanpa operator dan dapat dioperasikan dimana saja sehingga dapat meningkatkan jaringan pengamatan dan sistem peringatan dini. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, dan curah hujan hasil pengukuran dari alat otomatis AWS dan hasil pengamatan manual dengan alat konvensional pada lokasi yang sama di Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara. Metode statistik sederhana dengan menghitung nilai koefisien korelasi ( $r$ ), *Mean Absolute Error* (MAE), dan persentase akurasi digunakan untuk membandingkan data AWS dan data dari alat manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AWS Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara memiliki performa yang sangat baik dalam mengukur parameter cuaca seperti suhu udara rata-rata, suhu maksimum, suhu minimum, kelembapan udara rata-rata, tekanan udara, dan curah hujan ditandai dengan nilai koefisien korelasi yang sangat tinggi ( $r > 0,9$ ), persentase akurasi yang juga tinggi ( $> 94\%$ ), dan rata-rata eror yang rendah. Nilai eror yang dihasilkan memenuhi toleransi eror yang ditetapkan oleh *World Meteorological Organization* (WMO) kecuali pada suhu maksimum dan suhu minimum. Dengan adanya kontrol kualitas data melalui sistem deteksi eror dan mengeliminir data *noise* maka dapat meningkatkan akurasi AWS tersebut.

**Kata kunci:** AWS, Suhu Udara, Kelembapan Udara, Tekanan Udara, Curah Hujan

#### ABSTRACT

*To determine the performance of Automatic Weather Station (AWS) in observing the weather, the AWS output data accuracy test is carried out. AWS can work without an operator and can be operated from anywhere so that AWS can improve observation networks and early warning systems. The data used in this study are air temperature, relative humidity, air pressure, and rainfall measured by AWS and manual observations with conventional tools in the same location at the Southeast Sulawesi Climatology Station. A simple statistical method by calculating the correlation coefficient ( $r$ ), Mean Absolute Error (MAE), and percent accuracy was used to compare the data. The results show that AWS Southeast Sulawesi Climatology Station has good performance in measuring weather parameters such as average temperature, maximum temperature, minimum temperature, relative humidity, air pressure, and rainfall indicated by very high correlation coefficient ( $r > 0,9$ ), high percentage of accuracy ( $> 94\%$ ), and low average error. The error value meets the error tolerance set by World Meteorological Organization (WMO) except at the maximum and minimum temperatures. With doing quality control of data through an error detection system and eliminating data noise, the accuracy of AWS can increase.*

**Keywords:** AWS, Air Temperature, Relative Humidity, Air Pressure, Rainfall

## 1. Pendahuluan

AWS singkatan dari *Automatic Weather Station* merupakan instrumen pengamatan cuaca secara otomatis dengan menggunakan sensor. Oleh sensor, besaran fisis diubah menjadi tegangan dan arus listrik kemudian diproses menjadi data cuaca dan dapat ditampilkan secara *real time* serta direkam pada perangkat penyimpanan. Data yang direkam oleh AWS meliputi tanggal, waktu pengamatan, indikator stasiun, curah hujan, arah angin dominan, kecepatan angin rata-rata/maksimum, suhu udara rata-rata/minimum/maksimum, kelembapan udara rata-rata, tekanan udara, serta radiasi matahari rata-rata/maksimum. Data tersedia dalam periode 10 menitan dan dapat diakses melalui situs AWS BMKG ([awscenter.bmkg.go.id](http://awscenter.bmkg.go.id)).

AWS memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan alat konvensional. Manfaat yang paling utama adalah kemampuan AWS bekerja tanpa operator sehingga dapat dioperasikan dimana saja bahkan di daerah yang sulit dijangkau manusia. AWS juga mampu melakukan pengamatan cuaca secara serentak dan berkelanjutan serta memiliki tempo data yang lebih baik karena data tersimpan dalam periode 10 menitan. AWS juga dapat mengefisienkan biaya operasional dan menghindari terjadinya *human error* dalam proses pencatatan data [1]. Akan tetapi AWS juga memiliki permasalahan seperti halnya pada setiap alat otomatis yakni jika terjadi kerusakan maka data cuaca tidak terekam sehingga mengalami *missing data*.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dalam proses menuju otomatisasi peralatan harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh *World Meteorological Organization* (WMO) bahwa perlu adanya pengujian data paralel antara data otomatis dan manual [2,3] serta AWS harus telah beroperasi dalam periode waktu tertentu. Dalam CIMO Guide No. 8, WMO menyarankan untuk data arah dan kecepatan angin minimal 12 bulan; data suhu udara, kelembapan, radiasi, dan evaporasi minimal 24 bulan; serta data curah hujan minimal 60 bulan [4]. Disarankan pula perlu adanya alat pengamatan cuaca manual yang dipasang di dekat AWS untuk pengujian data paralel.

Perbedaan antara pengamatan otomatis dan manual tidak dapat dihindari karena setiap perubahan instrumen pasti akan membawa perbedaan data, terutama perubahan dari pengukuran manual ke otomatis dengan instrumen dan metode pengukuran yang cukup

berbeda [5]. Terdapat banyak kajian yang telah dilakukan tentang perbandingan pengamatan dari alat otomatis dan manual. Salah satunya seperti yang dikerjakan oleh Wicaksana dkk (2021) yang menemukan adanya korelasi yang baik dengan rata-rata eror yang rendah antara data AWS dan manualnya di Stasiun Meteorologi Kemayoran [6]. Hal berbeda ditunjukkan oleh Zukhrufiana dkk (2019) pada AWS di Stasiun Klimatologi Mempawah yang memberikan hasil korelasi yang kurang baik sehingga dikatakan bahwa AWS belum optimal untuk menggantikan alat pengamatan cuaca manual [3].

Akurat atau tidaknya data AWS dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga perlu adanya pengecekan secara berkala sebagai bagian dari *quality control*. WMO (2014) merekomendasikan perlu adanya beberapa pemeriksaan antara lain: 1) pemeriksaan intra-sensor yakni mengecek apakah nilai data yang diperoleh masuk akal ataupun tingkat perubahan data tersebut masuk akal; 2) pemeriksaan inter-sensor yakni mengecek konsistensi suatu variabel terhadap variabel lainnya berdasarkan prinsip meteorologi yang ditetapkan. Sebagai contoh suhu titik embun tidak boleh melebihi suhu udara; 3) pemeriksaan perangkat keras yakni terkait dengan penuaan komponen perangkat keras, perawatan yang tidak tepat, kegagalan produk, dsb; 4) pemeriksaan pesan yakni untuk AWS yang dilengkapi dengan perangkat lunak untuk mengkodekan pesan [4].

Indonesia telah memanfaatkan AWS untuk meningkatkan jaringan pengamatan dan sistem peringatan dini. Hal yang sangat disayangkan adalah pemanfaatan data dari alat otomatis ini masih kurang baik terutama karena kepercayaan yang rendah pada data yang diamati secara elektronik [7]. Dengan adanya kontrol kualitas data maka dapat diketahui apakah data tersebut layak digunakan ataukah perlu adanya pengecekan dan perbaikan pada komponen alatnya sehingga menghasilkan data yang lebih akurat. Atas dasar hal tersebut, penulis bermaksud melakukan uji akurasi data suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, dan curah hujan dari alat otomatis AWS terhadap pengukuran manual untuk melihat performa alat otomatis AWS.

## 2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara dan curah hujan dalam periode harian hasil pengukuran dari alat otomatis tipe AWS dan hasil pengamatan manual dengan alat

konvensional yang berlokasi di Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara dengan titik koordinat  $4^{\circ} 3' 21''$  LS dan  $122^{\circ} 26' 57''$  BT. Data AWS diperoleh dari situs [awscenter.bmkg.go.id](http://awscenter.bmkg.go.id) sementara data pengukuran manual diperoleh dari laporan Fklm 71 Stasiun.

**Tahap Pengumpulan Data.** Metode perhitungan data AWS dari data 10 menit menjadi data harian merujuk pada metode perhitungan di laporan Fklm 71 dalam Perka BMKG Nomor 4 Tahun 2016 tentang Pengamatan dan Pengelolaan Data Iklim di Lingkungan BMKG. Laporan Fklm71 untuk parameter suhu dan kelembapan udara menggunakan rumus empiris, untuk curah hujan harian menggunakan akumulasi curah hujan selama 24 jam dari jam 07.00 WITA hingga jam 07.00 WITA hari berikutnya, dan untuk tekanan udara menggunakan data tekanan udara permukaan stasiun (QFE) pada jam 08.00 WITA atau jam 00.00 UTC [8].

Rumus empiris suhu dan kelembapan udara rata-rata seperti yang telah disebutkan di atas diterangkan dalam persamaan (1) dan (2) dimana  $T$  adalah suhu udara;  $T_{07.00}$ ,  $T_{13.00}$ ,  $T_{18.00}$  adalah suhu pada jam 07.00, 13.00. dan 18.00 waktu setempat;  $RH$  adalah kelembapan;  $RH_{07.00}$ ,  $RH_{13.00}$ ,  $RH_{18.00}$  adalah kelembapan pada jam 07.00, 13.00, dan 18.00 waktu setempat [8].

$$T_{rata} = \frac{(2 \times T_{07.00}) + T_{13.00} + T_{18.00}}{4} \quad (1)$$

$$RH_{rata} = \frac{(2 \times RH_{07.00}) + RH_{13.00} + RH_{18.00}}{4} \quad (2)$$

Pada alat otomatis AWS, pengukuran nilai suhu, kelembapan dan tekanan udara menggunakan sensor sedangkan pengukuran curah hujan menggunakan alat yang disebut *tipping bucket*. *Tipping bucket* terdiri dari dua

buah bejana segitiga yang dipasang di kiri dan kanan sebuah putaran poros, masing-masing dengan kapasitas yang setara dengan jumlah curah hujan tertentu [9]. Alat pengukur hujan ini bekerja dengan menggerakkan sakelar magnet pada setiap bejana sehingga menghasilkan sinyal listrik (pulsa) untuk setiap 0,25 mm curah hujan yang dikumpulkan.

Periode data dari alat manual pada umumnya lengkap dan tersedia sejak tahun 2014. Akan tetapi periode data yang digunakan dalam kajian ini menyesuaikan dengan periode ketersediaan data masing-masing parameter yang berhasil direkam oleh AWS sebagaimana yang dirincikan pada Tabel 1.

Kelengkapan data suhu, kelembapan dan tekanan memenuhi rekomendasi WMO yakni minimal 24 bulan sedangkan kelengkapan data curah hujan masih kurang dari 60 bulan. Walaupun panjang data hujan belum mencukupi syarat WMO, penulis akan tetap mencoba melakukan perbandingan data curah hujan sebagai langkah awal dalam menguji performa AWS.

**Tahap Pengolahan Data.** Pada kajian ini akan dilakukan perbandingan paralel antara data pengukuran otomatis dengan pengukuran manual yang diasumsikan bahwa pengukuran manual bersifat akurat karena dilakukan oleh pengamat yang kompeten. Metode perbandingan yang digunakan adalah metode statistik sederhana dengan menghitung nilai koefisien korelasi ( $r$ ) dan *Mean Absolute Error* (MAE). Perbandingan kedua data tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (4)$$

**Tabel 1.** Ketersediaan Data AWS Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara (Sumber: [awscenter.bmkg.go.id](http://awscenter.bmkg.go.id))

Parameter	Tahun						Total		Total Data Ideal	% Lengkap
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Hari	Bulan		
Suhu Udara Rata-rata	-	-	-	324	358	363	1045	34,4	1096	95%
Suhu Udara Maksimum	-	-	-	328	364	365	1057	34,8	1096	96%
Suhu Udara Minimum	-	-	-	312	364	365	1041	34,2	1096	95%
Kelembapan Udara	-	-	-	325	359	363	1047	34,4	1096	96%
Tekanan Udara	-	-	-	327	361	58	746	24,5	1096	68%
Curah Hujan	268	11	-	327	335	308	1249	41,1	1827	68%

dimana  $r_{xy}$  adalah koefisien korelasi antara data AWS dengan manual,  $n$  adalah banyaknya data,  $x_i$  adalah data AWS,  $y_i$  adalah data manual, dan MAE adalah *Mean Absolut Error*.

Koefisien korelasi seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (3) dapat digambarkan sebagai derajat hubungan antara dua variabel dan digunakan untuk mengukur tingkat kesamaannya [10]. Dua variabel dikatakan memiliki korelasi sangat tinggi jika memiliki nilai  $r=\pm 1$  dan dua variabel dikatakan tidak berkorelasi jika nilai  $r=0$ . Tanda plus atau minus menggambarkan kemiringannya dalam grafik. Tanda plus berarti bahwa jika salah satu variabel mengalami peningkatan maka variabel lainnya pun ikut meningkat. Sebaliknya untuk nilai minus yang berarti jika salah satu variabel mengalami peningkatan maka variabel lainnya mengalami penurunan. Pada perbandingan data AWS dan manual, koefisien korelasi haruslah bernilai plus/positif karena kedua variabel adalah parameter yang sama.

MAE seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (4) mewakili perbedaan rata-rata yang perhitungannya relatif sederhana yakni merupakan jumlah dari nilai absolut kesalahan dan dibagi dengan banyaknya data [11]. Nilai MAE terbaik adalah 0 sedangkan yang paling buruk tidak terhingga.

Selain perhitungan koefisien korelasi dan rata-rata error, pengujian akurasi juga diperlukan untuk melihat performa AWS. Pada data suhu, kelembapan dan tekanan udara dari alat AWS akan dihitung akurasinya berdasarkan perhitungan error relatif (*relative error*). Persamaan error relatif ditentukan dari perbandingan antara error absolut terhadap nilai sebenarnya [12] seperti yang dirumuskan pada persamaan (5). Nilai akurasinya akan diperoleh dari 100% dikurangi dengan persen error relatif.

$$E_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - y_i|}{y_i} \times 100 \quad (5)$$

Ket:  $E_r$  adalah error relatif dalam persen (%),  $n$  adalah banyak data,  $x_i$  adalah data AWS, dan  $y_i$  adalah data manual.

Sementara itu untuk data curah hujan, perhitungan akurasinya akan menggunakan tabel kontingensi karena akan dikelompokkan dalam kategori sesuai dengan intensitasnya dari kategori lemah hingga sangat lebat. Tabel kontingensi adalah salah satu bentuk distribusi frekuensi untuk dua variabel atau lebih yang digunakan untuk mengukur hubungan antar

variabel kategorik [13]. Tabel ini merangkum frekuensi bersama pada setiap kategori variabel. Adapun curah hujan berdasarkan intensitas hariannya dikategorikan antara lain: 1) hujan ringan: 0,5 – 20 mm/hari; 2) hujan sedang: 21 – 50 mm/hari; 3) hujan lebat: 51 – 100 mm/hari; 4) hujan sangat lebat: 101 – 150 mm/hari; dan 5) hujan ekstrim: >150 mm/hari [14].

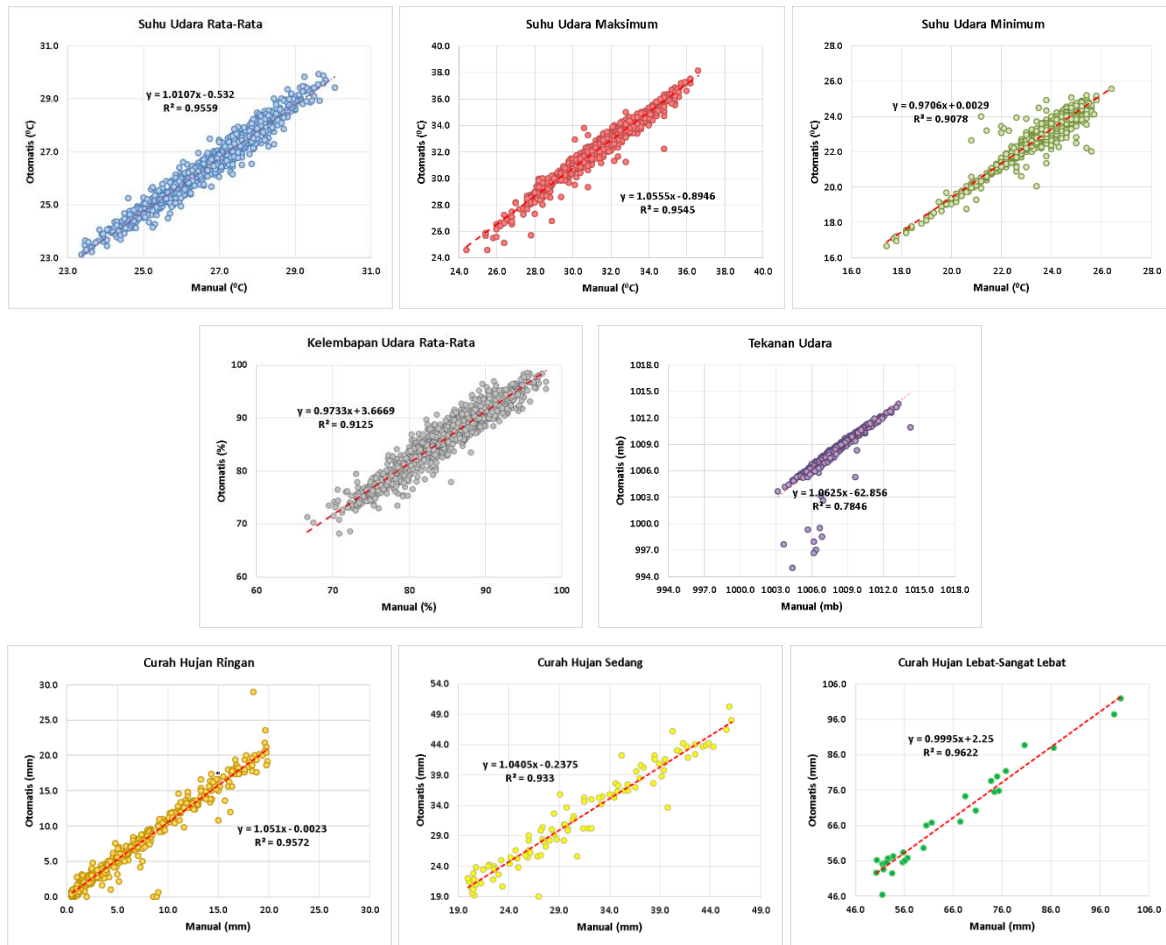
Hasil pengolahan statistik tersebut nantinya akan dibandingkan dengan nilai toleransi pengukuran yang telah ditetapkan oleh WMO antara lain: 1) suhu udara:  $\leq 0,3^\circ\text{C}$ ; 2) kelembapan:  $\leq 3\%$ ; 3) tekanan udara:  $\leq 0,3 \text{ mb}$ ; dan 4) curah hujan:  $\leq 5\%$  sampai dengan  $\leq 10\%$  [4,15]. Jika perhitungan error dan akurasi AWS memenuhi standar nilai toleransi tersebut maka performa kerja AWS dapat disimpulkan sangat baik.

### 3. Hasil dan Pembahasan

**Analisis Scatterplot.** Langkah pertama yang harus dilakukan dalam membandingkan dua variabel adalah dengan menampilkannya dalam diagram *scatterplot*. Asuero dkk (2006) mengatakan bahwa *scatterplot* jauh lebih informatif dibandingkan koefisien korelasi karena dapat memberikan informasi tentang hubungan antara variabel  $x$  dan  $y$ , ketergantungan  $y$  terhadap  $x$ , pengelompokkan titik, keberadaan *outlier*, dan ringkasan visual linearitas [10]. Gambar 1 dengan jelas menunjukkan hal-hal tersebut.

Keberadaan *outlier* (data pencilan) pada kumpulan data dapat divisualkan dengan sangat jelas pada diagram *scatterplot* [10]. Data pencilan merupakan data yang tidak mengikuti pola data secara keseluruhan sehingga mengganggu proses analisis data. Gambar 1 dengan sangat jelas menunjukkan keberadaan data pencilan yakni pada parameter suhu maksimum, suhu minimum, tekanan udara, curah hujan ringan, dan curah hujan sedang. Data pencilan ini menjadi data yang “mencurigakan” dan harus dilakukan pengecekan dan diselidiki penyebabnya.

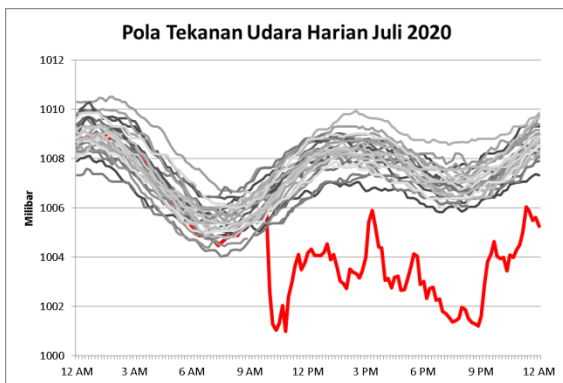
Data tekanan udara menunjukkan pencilan yang sangat signifikan. Hasil pemeriksaan intra-sensor berupa pengecekan kerasionalan data menunjukkan adanya keanehan data AWS dimana ditemukan adanya peningkatan nilai tekanan secara signifikan hingga 3 - 9 mb dalam waktu 10 menit serta perbedaan tekanan dari satu hari ke hari berikutnya mencapai 10 mb. Selain itu dalam grafik hariannya tidak



Gambar 1. Diagram Scatterplot Data dari Alat Otomatis AWS versus Data dari Alat Manual

menunjukkan adanya pola semidiurnal seperti yang ditunjukkan di hari lainnya (Gambar 2). Seharusnya dalam sehari ada dua kali pasang dan dua kali surut secara berurutan. Le Blancq (2011) menjelaskan bahwa wilayah tropis memiliki tekanan udara yang berpola semidiurnal dimana perbedaan rata-rata tekanan 0,7 mb dari satu hari ke hari berikutnya [16]. Ke depannya, adanya sistem deteksi eror untuk mendeteksi kejadian seperti ini sangat diperlukan agar petugas teknisi dapat segera melakukan perbaikan.

Masing-masing dari 8 diagram yang ditampilkan pada Gambar 1 menunjukkan adanya pola yang sama. Titik-titik plot data membentuk pola garis lurus dari kiri bawah naik ke kanan atas yang berarti adanya hubungan yang linear dan positif antara kedua data sehingga jika data dari alat manual mengalami peningkatan maka data dari alat otomatis AWS akan meningkat pula. Hal ini sudah sesuai mengingat kedua data adalah variabel yang sama jadi nilainya harus berkorelasi positif.



Gambar 2. Contoh Data Pencilan (merah) di Antara Data Tekanan Udara Berpola Semidiurnal

**Analisis Eliminasi Data Pencilan.** Variasi jumlah data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 disebabkan oleh adanya *missing data* pada alat AWS ditambah adanya data pencilan yang telah dieliminasi. Selain itu perbedaan metode perhitungan juga menjadi faktor yang membedakan jumlah masing-masing data. Telah diterangkan sebelumnya bahwa suhu rata-rata harian dapat dihitung hanya dari data suhu pada jam 07.00, 13.00, dan 18.00 waktu setempat sedangkan suhu maksimum dan minimum dihitung dari nilai tertinggi dan terendah dalam periode 24 jam. Jadi ketika terjadi kehilangan data di antara jam 07.00, 13.00 dan 18.00, hanya meniadakan data suhu

udara rata-rata tetapi tidak meniadakan data maksimum dan minimum pada hari tersebut.

Hasil pemeriksaan inter-sensor berupa pengecekan konsistensi data suhu rata-rata yang harusnya lebih tinggi dari suhu maksimum dan lebih rendah dari suhu minimum menunjukkan adanya data yang tidak valid. Ditemukan sekitar 0,8% data suhu maksimum yang nilainya lebih rendah dari suhu rata-rata dan sekitar 0,1% data suhu minimum yang nilainya lebih tinggi dari suhu rata-rata. Penyebab tidak selaras ini adalah adanya *missing data* pada jam-jam terjadinya suhu tersebut.

Eliminasi data pencilan pada parameter suhu udara juga dilakukan dengan mensyaratkan kelengkapan data 100% pada jam-jam tertentu. Data suhu maksimum akan dieliminasi ketika data dari jam 13.00 - 15.00 waktu setempat tidak lengkap 100%. Lalu untuk data suhu minimum akan dieliminasi ketika data jam 04.00 - 06.00 waktu setempat tidak lengkap 100%. Hal ini karena kejadian suhu paling tinggi di daerah tropis terjadi sekitar jam 14.00 atau sekitar 2 jam setelah bumi mendapatkan radiasi matahari tertinggi sedangkan kejadian suhu paling minimum adalah sesaat sebelum matahari terbit [17].

Berbeda dengan suhu udara, data pencilan pada tekanan udara mengalami eliminasi jika grafik hariannya tidak menunjukkan pola semidiurnal. Data pencilan tekanan udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 sebelumnya merupakan data *noise* atau data eror yang bersifat sementara karena hanya terjadi dalam 1 hari kemudian data kembali normal. Kehadiran data *noise* ini sangat mengganggu performa data sehingga perlu untuk dikeluarkan dari populasi data.

Hasil pemeriksaan inter-sensor dan intra-sensor data curah hujan tidak menemukan adanya data pencilan yang perlu dieliminasi. Pencilan-pencilan data pada curah hujan mungkin lebih disebabkan oleh faktor lain yang perlu pemeriksaan lebih jauh dan mendalam.

Kegiatan pengecekan intra-sensor dan inter-sensor ataupun pengecekan alat sangat penting untuk dilakukan secara berkala. Kegiatan seperti ini merupakan bagian dari *quality control* data AWS sehingga menghasilkan data yang lebih akurat. Karena alat otomatis itu tidak cukup dengan hanya berhasil merekam data tetapi bagaimana akurasi data tersebut dan apakah layak untuk digunakan. Ke depannya ketika alat otomatis telah mendominasi perangkat pengamatan cuaca maka perlu adanya deteksi eror yang sistematis dan lebih dini. Dengan begitu, data keluaran alat elektronik akan menjadi data layak pakai dan kepercayaan pengguna terhadapnya akan lebih tinggi.

**Analisis Statistik.** Sejauh ini, tampilan visual dalam diagram *scatterplot* telah menunjukkan data otomatis AWS dan manual memiliki hubungan yang erat. Keeratan hubungan keduanya juga dibuktikan dalam nilai statistik seperti yang dirangkum dalam Tabel 2. Keseluruhan parameter menunjukkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) sangat tinggi ( $r = 0,9 - 1,0$ ).

Nilai korelasi terbaik diberikan oleh variabel tekanan udara ( $r = 0,981$ ) sedangkan nilai korelasi yang paling rendah oleh variabel kelembapan udara ( $r = 0,955$ ). Hal ini berkaitan dengan data *noise* pada tekanan udara yang sudah dibuang sehingga meningkatkan korelasinya. Dapat dilihat pada Gambar 1 sebelum adanya eliminasi *outlier*  $R^2 = 0,784$  atau  $r = 0,886$  meningkat 0,101 menjadi  $r = 0,987$  setelah mengalami eliminasi data *noise*. Rata-rata erornya juga semakin baik dan memenuhi standar WMO  $\leq 0,3$  mb.

Untuk parameter suhu udara, nilai korelasinya tidak jauh berbeda satu dengan lainnya akan tetapi rata-rata eror untuk suhu maksimum dan minimum tidak memenuhi standar WMO  $\leq 0,3^\circ\text{C}$ . Walaupun telah dilakukan eliminasi *outlier*, tidak memperbaiki nilai eror secara signifikan. Diduga ada faktor lain yang menyebabkan eror yang lebih besar pada suhu maksimum dan minimum tersebut. Studi pendahuluan mungkin perlu dilakukan mengingat perlu mempertimbangkan kondisi

**Tabel 2.** Rangkuman Perhitungan Statistik antara Data AWS dan Data dari Alat Manual

Parameter	n	R	MAE	Er	Akurasi
Suhu Udara Rata-Rata	1045	0,978	0,3°C	1,12%	98,88%
Suhu Maksimum	1056	0,978	0,9°C	2,82%	97,18%
Suhu Minimum	1040	0,956	0,7°C	3,06%	96,94%
Kelembapan Udara	1047	0,955	1,8%	2,20%	97,80%
Tekanan Udara	734	0,987	0,3mb	0,03%	99,97%
Hujan Ringan	471	0,978	0,8mm	-	-
Hujan Sedang	107	0,966	1,7mm	-	-
Hujan Lebat-Sangat Lebat	30	0,981	2,9mm	-	-

geografis dan lingkungan alam suatu daerah karena pengaruhnya yang sangat besar terhadap kondisi iklim daerah tersebut.

Selain variabel suhu rata-rata, kelembapan udara rata-rata juga memenuhi standar WMO yakni rata-rata erornya  $\leq 3\%$ . Data kelembapan udara AWS mempunyai performa yang baik dengan nilai korelasi yang tinggi ( $r = 0,955$ ) dan MAE yang rendah ( $MAE = 1,8\%$ ). Data kelembapan udara memang berhubungan erat dengan suhu udara karena menggunakan sensor yang sama. Ying dkk (2006) menemukan hal yang sama di hampir setengah wilayah China yang sifatnya relatif kering, pada umumnya memiliki perbedaan RH rata-rata  $\pm 2\%$  [5].

Pada parameter curah hujan, selisih rata-rata menjadi semakin tinggi untuk curah hujan yang semakin tinggi pula (Tabel 2). Nilai MAE yang lebih besar untuk hujan yang lebih lebat kemungkinan juga disebabkan oleh jumlah data yang semakin sedikit. Selain itu tentu saja kejadian hujan yang semakin lebat akan menyebabkan performa alat otomatis AWS berkurang. Pada hujan deras, bejana pada *tipping bucket* harus bekerja lebih cepat sehingga menyebabkan beberapa milimeter hujan dapat hilang dan tidak terukur. Wicaksana dkk (2021) mengungkapkan hal yang sama bahwa perbedaan nilai curah hujan pada penakar hujan manual dan otomatis kemungkinan disebabkan oleh bejana tidak berjungkit dengan baik sehingga air hujan tertampung terus-menerus di satu sisi bejana [6]. Oleh karenanya dapat disimpulkan bahwa eror pengukuran semakin tinggi saat intensitas hujan semakin tinggi pula.

Nilai akurasi data AWS terhadap data dari alat konvensional untuk parameter suhu udara rata-rata/maksimum/minimum, kelembapan udara rata-rata, dan tekanan udara disajikan pada Tabel 2. Akurasi ke 5 parameter tersebut menunjukkan nilai yang sangat baik ( $>95\%$ ).

Khusus untuk curah hujan, nilai akurasinya dihitung dengan metode berbeda yang hasilnya ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan persentase data AWS yang tepat dan sesuai dengan data dari alat manual serta secara tidak langsung menunjukkan persentase yang mengalami *misses* dan *false alarm*. Ketidakakuratan data AWS pada umumnya terjadi pada saat AWS menangkap kejadian hujan kategori ringan sementara alat manual pada kondisi tidak hujan (*false alarm*) dengan nilai sebesar 2,32%. Kebalikan dari itu, saat alat manual mengukur hujan dalam kategori ringan namun AWS mencatat tidak hujan (*misses*) juga terjadi cukup sering dengan nilai sebesar 1,84%. Kondisi ini dapat terjadi karena kategori hujan ringan ditetapkan jika curah hujan yang terukur  $\geq 0,5\text{mm}$ . Di Jepang juga menerapkan hal yang sama dimana curah hujan yang kurang dari 0,5mm tidak diukur [9]. Oleh sebab itu, ketika salah satu alat menangkap hujan  $< 0,5\text{mm}$  sedangkan yang lainnya  $> 0,5\text{mm}$  maka secara langsung AWS akan dinyatakan keliru dalam pengukurannya walaupun faktanya selisih kedua data tersebut sangat kecil.

Dari keempat kategori pada Tabel 3, kategori sama-sama tidak hujan memiliki porsi yang paling besar yakni 49%. Tentu saja ini dipengaruhi oleh jumlah kejadian "tidak hujan" ini lebih banyak dibandingkan kategori lainnya. Jika diakumulasikan nilai pada kategori yang sama antara AWS dan manual diperoleh jumlah 94,64% ( $49,00 + 35,07 + 8,25 + 2,32$ ) yang mana nilai ini adalah besaran akurasi dari alat pengukur curah hujan otomatis AWS. Ini berarti bahwa persentase kesalahan sebesar 5,36% hampir serupa dengan 80% AWS di China [5]. Nilai ini masih dalam rentang toleransi yang telah ditetapkan WMO untuk parameter curah hujan yang berarti bawah sensor curah hujan pada AWS ini memiliki performa kerja yang baik.

**Tabel 3.** Tabel Kontingensi Curah Hujan dari AWS dan dari Alat Manual dalam %

		Tidak Hujan	Curah Hujan Alat Manual			Jumlah (%)
			Ringan	Sedang	Lebat-Sangat Lebat	
Curah Hujan Alat Otomatis AWS	Tidak Hujan	49,00	1,84	0,00	0,00	50,84
	Ringan	2,32	35,07	0,24	0,00	37,63
	Sedang	0,00	0,80	8,25	0,08	9,13
	Lebat-Sgt Lebat	0,00	0,00	0,08	2,32	2,40
Jumlah (%)		51,32	37,71	8,57	2,40	100

#### 4. Kesimpulan

AWS Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara memiliki performa yang sangat baik dalam mengukur parameter cuaca seperti suhu udara rata-rata, suhu udara maksimum, suhu udara minimum, kelembapan udara rata-rata, tekanan udara, dan curah hujan ditandai dengan nilai koefisien korelasi dan persentase akurasi yang tinggi serta rata-rata eror yang rendah. Nilai koefisien korelasi menunjukkan adanya hubungan yang sangat erat antara data AWS dan data dari alat manual dengan nilai  $r > 0,9$ . Nilai akurasi pengukuran alat otomatis AWS umumnya sangat baik dengan persentase  $> 95\%$  kecuali parameter curah hujan yang akurasinya paling rendah yakni  $94,64\%$  akan tetapi besaran ini masih memenuhi nilai toleransi yang ditetapkan WMO. Selisih rata-rata antara kedua data umumnya rendah akan tetapi tidak semuanya memenuhi standar WMO kecuali parameter suhu udara rata-rata, kelembapan udara rata-rata, dan tekanan udara yang nilai MAE-nya memenuhi. Walaupun beberapa parameter tidak memenuhi standar WMO akan tetapi data dari alat otomatis AWS tetap layak untuk digunakan sebagai basis data untuk meningkatkan jaringan pengamatan dengan beberapa perbaikan melalui kontrol kualitas data secara *real time*.

#### Daftar Pustaka/References

- [1] Aldrian, E. (2014). Perbandingan Data Pengamatan Parameter Meteorologi Antara Metode Manual dan Otomatis Melalui Otomatisasi Instrumen Cuaca dan Iklim Menggunakan Agroclimate Automatic Weather Station. *Laporan Tahunan Hasil Penelitian Puslitbang (Jakarta: BMKG)*.
- [2] Alfiandy, S., Permana, D.S., Nurjaman, A.W., Kurnia, W.G., Prastika, L., Panggabean, H., dkk. (2020). Analisis Iklim Provinsi Sulawesi Tengah Berdasarkan Data Pemantau Cuaca Otomatis BMKG. *Buletin GAW Bariri*, 1(1), 1-11.
- [3] Setiawati, F. Z., Soraya, S. N., Siswanto, S., & Wandayantolis, W. (2019). Analisis Bias Data Observasi Paralel Di Stasiun Klimatologi Mempawah-Kalimantan Barat. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 20(1), 55-65.
- [4] World Meteorological Organization. (2014). *WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (the CIMO Guide)*. WMO-No. 8. Diupdate 2017. Geneva, Swiss: Author.
- [5] Xiaohui, W. Y. L. X. J. (2006). Differences between Automatic and Manual Meteorological Observation. *TECO-2006-WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation*. Geneva.
- [6] Wicaksana, H. S., Putra, M., & Djenal, D. P. (2021, January). Evaluasi Kinerja Automatic Weather Station Berdasarkan Pengamatan Paralel di Stasiun Meteorologi Kemayoran. In *Seminar Nasional Teknik Elektro* (Vol. 6, No. 1, pp. 59-64).
- [7] Muita, R., Kucera, P., Aura, S., Muchemi, D., Gikungu, D., Mwangi, S., ... & Kamau, M. (2021). Towards Increasing Data Availability for Meteorological Services: Inter-Comparison of Meteorological Data from a Synoptic Weather Station and Two Automatic Weather Stations in Kenya. *American Journal of Climate Change*, 10(3), 300-316.
- [8] BMKG. (2016). *Peraturan Kepala Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika No. 4 Tahun 2016 tentang Pengamatan dan Pengelolaan Data Iklim di Lingkungan BMKG*. Jakarta, Indonesia: Author.
- [9] Japan Meteorological Agency. *Chapter 6 Measurement of Precipitation*. Retrieved from <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/ric/Our%20activities/International/CP6-Precipitation.pdf>
- [10] Asuero, A. G., Sayago, A., & Gonzalez, A. G. (2006). The correlation coefficient: An overview. *Critical reviews in analytical chemistry*, 36(1), 41-59.
- [11] Willmott, C. J., & Matsuura, K. (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate research*, 30(1), 79-82.
- [12] Saptadi, A. H. (2014). Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembapan Antara Sensor DHT11 dan DHT22. *Jurnal Infotel*, 6(2), 49-56.
- [13] Nugraha, J. (2014). *Pengantar Analisis Data Kategorik: Metode dan Aplikasi Menggunakan Program R*. Yogyakarta, DIY: Deepublish.
- [14] BMKG. (2022, March 7). *Probabilistik Curah Hujan 20 mm (tiap 24 jam)*. Retrieved from [https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg#:~:text=0.5%20%E2%80%93%20%20m%20hari%20,\(merah\)%20%3A%20Hujan%20sangat%20lebat](https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg#:~:text=0.5%20%E2%80%93%20%20m%20hari%20,(merah)%20%3A%20Hujan%20sangat%20lebat)
- [15] Wellyantama, P., & Soekirno, S. (2021). Temperature, pressure, relative humidity and rainfall sensors early error detection system for automatic weather station (AWS) with artificial neural network (ANN) backpropagation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1816, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
- [16] Le Blancq, F. (2011). Diurnal pressure variation: the atmospheric tide. *Weather*, 66(11), 306-307.
- [17] KKP. (2022, March 13). Retrieved from (<http://www.pusdik.kkp.go.id/elearning/index.php/modul/read/190116-090225uraian-c-materi>)

## KOREKSI BIAS ESTIMASI CURAH HUJAN PADA SATELIT GPM-IMERG DI PULAU JAWA

### BIAS CORRECTION OF RAIN ESTIMATION USING GPM-IMERG OVER JAVA ISLAND

Ni Luh Jenitha Asdia Putri<sup>1\*</sup>, Misnawati<sup>2</sup>, Novvria Sagita<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5 Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten, 15521

<sup>2</sup> Pusat Riset Iklim dan Atmosfer – Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Dr. Djundjungan no. 133, Bandung, 40173

\*E-mail: [mmisna84@gmail.com](mailto:mmisna84@gmail.com)

Naskah masuk: 11 Agustus 2022

Naskah diperbaiki: 4 Oktober 2022

Naskah diterima: 31 Oktober 2022

#### ABSTRAK

Kelengkapan data curah hujan di tiap tempat cukup sulit didapatkan karena minimnya ketersediaan data dan jumlah pos hujan maupun stasiun yang tidak tersebar secara merata. Permasalahan ini dapat diatasi dengan menggunakan satelit, seperti satelit GPM-IMERG, di mana memiliki resolusi spasial dan temporal yang tinggi. Namun data dari satelit masih memiliki bias, sehingga perlu dilakukannya koreksi dan validasi terhadap data observasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode koreksi yang tepat berdasarkan perbedaan topografi di pulau Jawa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *distribution mapping* dan regresi linear. Validasi performa metode koreksi dilakukan selama sembilan bulan berdasar nilai korelasi ( $r$ ), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *percent bias*. Hasil yang diperoleh dengan parameter  $r$  untuk metode *distribution mapping* sangat baik, sementara untuk nilai RMSE umumnya lebih baik didapatkan dari metode regresi linear. Berdasarkan ketiga parameter statistik, metode *distribution mapping* secara umum lebih baik digunakan dibandingkan metode regresi linear, khususnya dalam skala bulanan.

**Kata kunci:** GPM-IMERG, koreksi bias, curah hujan

#### ABSTRACT

*Rainfall data in certain location is quite difficult to obtain due to the lack of data availability and the number of rain posts or weather stations that are not evenly distributed. This problem can be overcome by using satellites, such as GPM-IMERG which has high spatial and temporal resolution. However, the data from satellites still have some bias, so it need to be corrected and validated with the observation data. This study aimed to obtain the suitable correction methods based on different topography on the Java Island. The correction methods used in this research were distribution mapping and linear regression. Validation of the correction methods were carried out for nine months based on the correlation value ( $r$ ), Root Mean Square Error (RMSE), and percent bias. The results obtained with the  $r$  parameter for the distribution mapping method was very good, while the RMSE value was generally better obtained from the linear regression method. Based on the three statistical parameters, the distribution mapping method was generally better to use than the linear regression method, especially on a monthly scale.*

**Keywords:** GPM-IMERG, bias correction, rainfall

## 1. Pendahuluan

Secara umum, curah hujan sulit diprediksi karena memiliki keragaman yang tinggi baik secara temporal maupun spasial [1-3]. Ketersediaan data curah hujan sangat bergantung pada stasiun pengamatan hujan maupun pos hujan. Dalam analisis curah hujan, masalah yang sering dihadapi adalah ketersediaan data observasi dikarenakan tidak semua daerah memilikinya [2,4]. Pendugaan curah hujan menggunakan satelit dapat menjadi solusi karena satelit memberikan data, baik secara spasial maupun temporal secara kontinu. Satelit GPM-IMERG diluncurkan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *Japan Space Exploration Agency* (JAXA), memiliki sensor yang lebih sensitif dengan ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan satelit keluaran sebelumnya dengan resolusi  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  dalam menampilkan data hujan dan dapat digunakan pada area yang memiliki daratan yang tidak rata di daerah tropis [5].

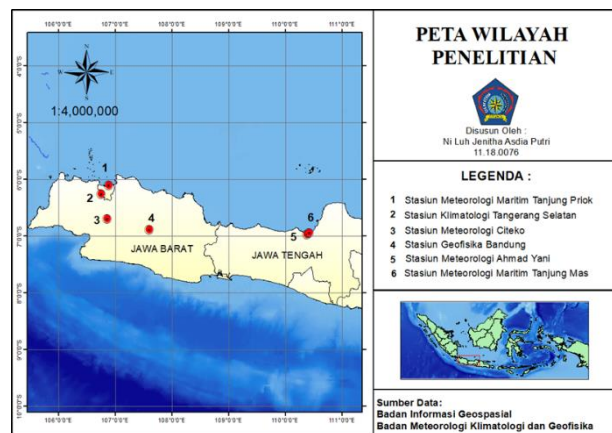
Variabilitas hujan secara spasial dilihat dari lokasi turunnya hujan, yang salah satu faktornya adalah topografi. Penelitian sebelumnya mengenai produk TMPA (*TRMM Multisatellite Precipitation Analysis*) yaitu produk akumulasi curah hujan dari satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), dimana mencatat bahwa produk TMPA menunjukkan penurunan nilai korelasi terhadap peningkatan elevasi [6]. Penelitian lain menunjukkan bahwa satelit GPM-IMERG memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan TRMM, namun kedua satelit memiliki kelemahan dalam faktor topografi terutama untuk wilayah pesisir dan dataran tinggi [7]. Di mana pada kenyataannya pada data satelit masih terdapat bias atau inkonsistensi terhadap data observasi. Hal ini dapat terjadi akibat kesalahan algoritma pengambilan data dan sensor [8], sehingga dibutuhkannya koreksi sebelum data tersebut digunakan.

Beberapa kajian mengenai metode koreksi bias statistik data model dengan data observasi telah dilakukan sebelumnya, misalnya dengan menggunakan metode *distribution mapping* atau *quantile mapping* [2,9] maupun regresi [3,4,10]. Penelitian ini bertujuan untuk melihat performa dari metode statistik *distribution mapping* dan regresi linear dalam memperbaiki estimasi satelit GPM-IMERG berdasarkan parameter korelasi, RMSE, dan *percent bias* terhadap

perbedaan topografi di wilayah penelitian. Kajian mengenai evaluasi data satelit GPM-IMERG di Indonesia cukup banyak dilakukan, diantaranya evaluasi produk-produk satelit GPM-IMERG yakni *early*, *late*, dan *final* [11,12], di mana terbukti bahwa produk *final* lebih baik dibandingkan dengan produk *early* dan *late*.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan model komparatif. Metode penelitian kuantitatif digunakan untuk menginvestigasi nilai bias estimasi data curah hujan menggunakan satelit GPM-IMERG, model penelitian komparatif menjelaskan hasil estimasi satelit GPM-IMERG terhadap data curah hujan observasi berdasarkan perbedaan topografi titik yang dipilih. Lokasi penelitian berada di enam titik yaitu Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Priok, Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan, Stasiun Meteorologi Citeko, Stasiun Geofisika Bandung, Stasiun Meteorologi Ahmad Yani, dan Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Mas (Gambar 1). Waktu penelitian dimulai pada tanggal 1 Januari 2016 hingga 31 September 2021, di mana tahun 2016-2020 untuk pengoreksian dan tahun 2021 sebagai validasi.



**Gambar 1.** Peta Wilayah Penelitian (sumber: BIG dan BMKG)

**Tabel 1.** Keterangan Lokasi Penelitian (sumber: BMKG)

Ket. Stasiun	Lintang	Bujur	Elevasi	Kategori
1	-6.107	106.880	3	Rendah
2	-6.261	106.750	27	Sedang
3	-6.700	106.850	920	Tinggi
4	-6.883	107.597	791	Tinggi
5	-6.976	110.37	5	Rendah
6	-6.948	110.419	2	Rendah

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data harian produk final satelit GPM-IMERG diunduh pada laman NASA yakni [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/GPM\\_3IMERGDF\\_06/summary?keywords=gpm](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/GPM_3IMERGDF_06/summary?keywords=gpm), serta data observasi dari stasiun terkait. Alat yang digunakan yakni *Climate Data Operator* (CDO), R Studio, dan Excel. Koreksi data bias dilakukan dengan dua metode yakni:

1. Metode *distribution mapping* dengan pendekatan distribusi *gamma* untuk data curah hujan observasi dan curah hujan GPM-IMERG, yang kemudian dibentuk hubungan keduanya berupa persamaan polinomial orde tiga dan persamaan tersebut dijadikan faktor koreksi untuk mengoreksi curah hujan GPM-IMERG, serta
2. Metode regresi linear dengan membentuk persamaan linear antara curah hujan observasi dengan curah hujan GPM-IMERG.

Baik metode *distribution mapping* maupun regresi linear menghasilkan dua belas model persamaan yang berbeda pada tiap stasiun, dengan cara memisahkan dan menyusun kembali curah hujan harian berdasarkan bulannya. Model persamaan tiap bulannya didapatkan dengan mencocokkan titik-titik data observasi dan estimasi satelit.

$$pdf(x) = \frac{e^{-\frac{x}{\theta}} x^{(k-1)}}{\Gamma(k)\theta^k} \quad (1)$$

$$cdf(x) = \int_0^x \frac{e^{-\frac{x'}{\theta}} x'^{(k-1)}}{\Gamma(k)\theta^k} dx' + cdf(0) \quad (2)$$

$$Y = a + bX \quad (3)$$

Validasi performa kedua metode dilakukan dengan tiga parameter statistik yakni korelasi ( $r$ ), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *percent bias* (PB).

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (4)$$

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

$$PB = \frac{\sum_{i=1}^n (X-Y)}{\sum X} \times 100\% \quad (6)$$

Nilai  $r$  yang mendekati atau bernilai positif 1 menunjukkan estimasi yang lebih akurat di mana hubungan searah yang sempurna, sedangkan untuk nilai RMSE dan PB berkebalikan dengan nilai  $r$  dimana nilai yang mendekati 0 menunjukkan estimasi yang lebih akurat (penyimpangan nilai prediksi terhadap observasi kecil).

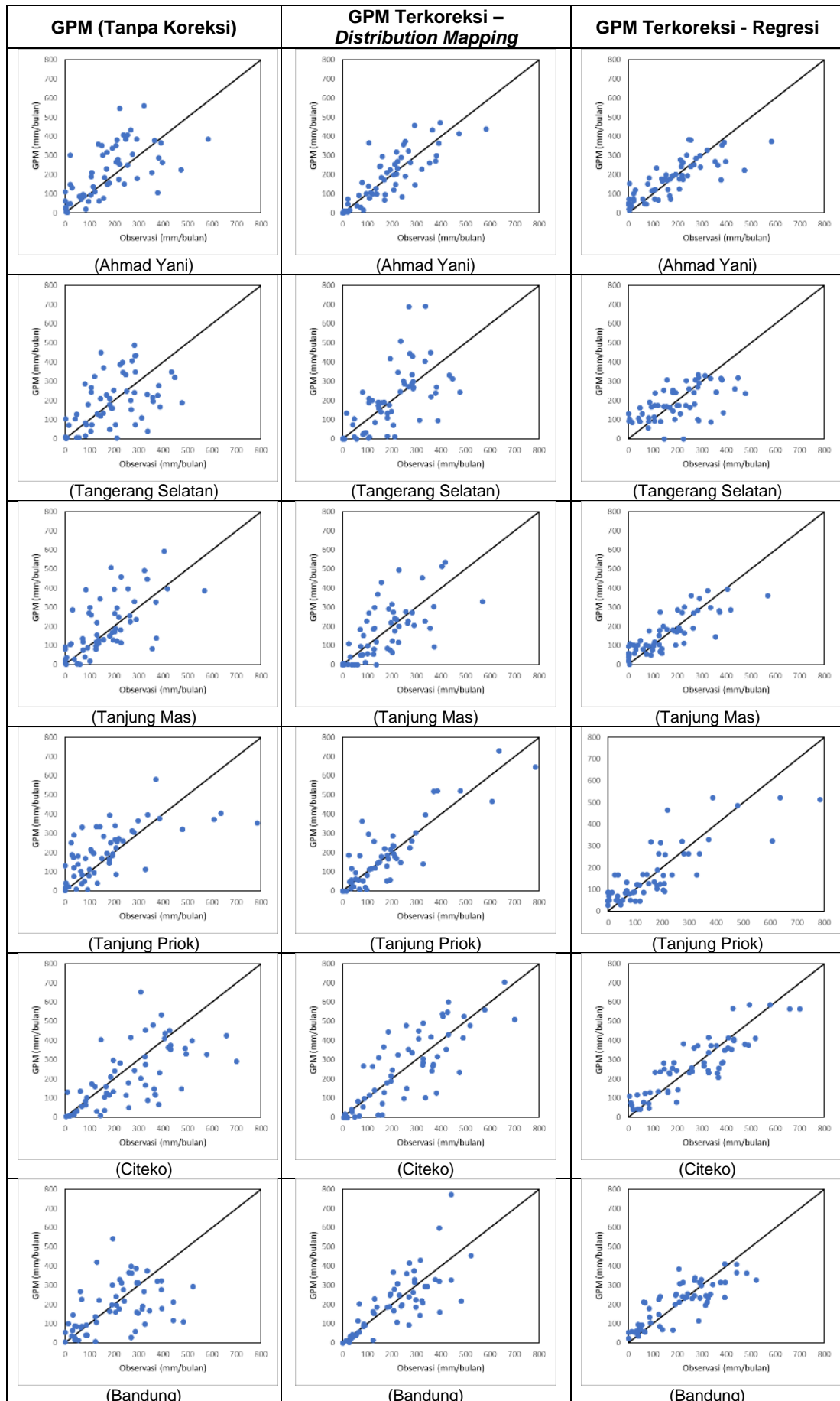
### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil koreksi bias berupa model persamaan yang didapat dari tiap metode statistik yang diaplikasikan. Koreksi bias dengan metode *distribution mapping* mengasumsikan bahwa curah hujan mengikuti distribusi *gamma* dengan baik didasari dengan asumsi bahwa pendekatan dengan distribusi *gamma* antara data observasi dan estimasi adalah baik [9]. Sementara, regresi linear menjadi salah satu cara dalam menganalisis data estimasi dengan menjelaskannya melalui bentuk linear, melalui *slope* dan *intersep* [13].

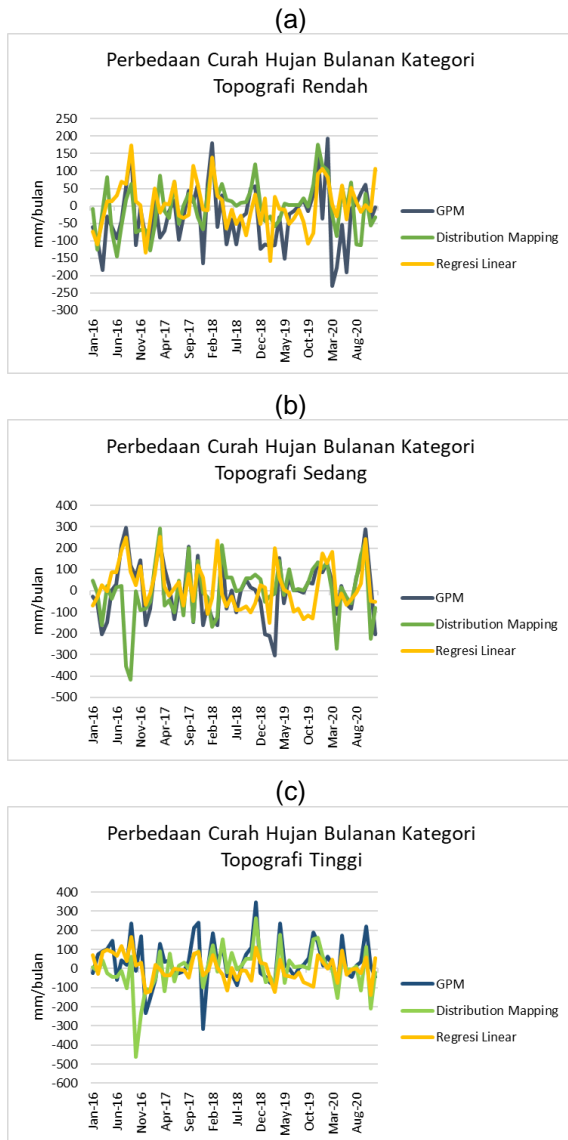
#### Hasil Koreksi

Pada gambar 2, yakni grafik *scatter plot*, estimasi dapat dikatakan sempurna apabila nilainya berada pada garis diagonal (prediksi sempurna), sedangkan nilai yang berada diatas garis merupakan nilai yang lebih tinggi daripada data observasi (*overestimate*), dan nilai dibawah garis diagonal merupakan nilai yang lebih rendah (*underestimate*). Dalam skala bulanan, curah hujan sebelum dikoreksi memiliki pola yang menyebar secara merata dimana beberapa bulan terlihat *overestimate* dan *underestimate*. Berdasarkan metode *distribution mapping*, pola keenam stasiun lebih baik dibanding sebelumnya terutama stasiun-stasiun dengan topografi rendah dan sedang. Untuk kategori tinggi, pola *scatter plot* dengan metode regresi linear cukup baik walaupun masih terlihat cukup menyebar.

Untuk melihat variasi perbedaan nilai antara data estimasi satelit sebelum dan sesudah dikoreksi terhadap data observasi berdasarkan ketinggian topografi, maka diplot series selisih nilai bulanan antara observasi dengan GPM-IMERG sebelum dan sesudah di koreksi data bulanan seperti Gambar 3. Nilai model yang paling mendekati garis 0 atau sama dengan 0 dapat dikatakan bahwa hasil estimasi adalah sama dengan observasi. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa metode *distribution mapping* pada topografi rendah dan sedang menunjukkan perbedaan nilai paling kecil terhadap observasi. Kemudian disusul dengan metode regresi linear, dan terakhir nilai estimasi awal. Sementara itu, pada topografi dengan kategori tinggi menunjukkan bahwa metode regresi linear memiliki perbedaan nilai yang hampir mirip dengan metode *distribution mapping*.



Gambar 2. Hubungan Curah Hujan Estimasi dengan Observasi (sumber: data diolah)



**Gambar 3.** Perbedaan Curah Hujan Berdasarkan Kategori Topografi (sumber: data diolah)

Berdasarkan hasil koreksi, secara umum estimasi data hujan produk final satelit GPM-IMERG, baik sebelum dan sesudah koreksi lebih baik dalam memprediksi data hujan dengan intensitas rendah dibandingkan tinggi. Curah hujan yang didapat dari satelit umumnya *overestimate*, namun ketika observasi mencatat >40 mm/hari, satelit GPM-IMERG memiliki estimasi yang lebih rendah daripada observasi. Dengan menggunakan metode *distribution mapping*, nilai bias dari satelit dapat dikurangi, namun hasil terkoreksi tidak dapat sama persis seperti dengan observasi. Sementara, pada metode regresi linear, belum dapat mengoreksi estimasi dengan baik dan cenderung *underestimate* dibandingkan estimasi awal. Selain itu, pada beberapa kasus di bulan-bulan kering seperti JJA (Juni, Juli, Agustus), nilai sesudah dikoreksi lebih besar dibandingkan nilai

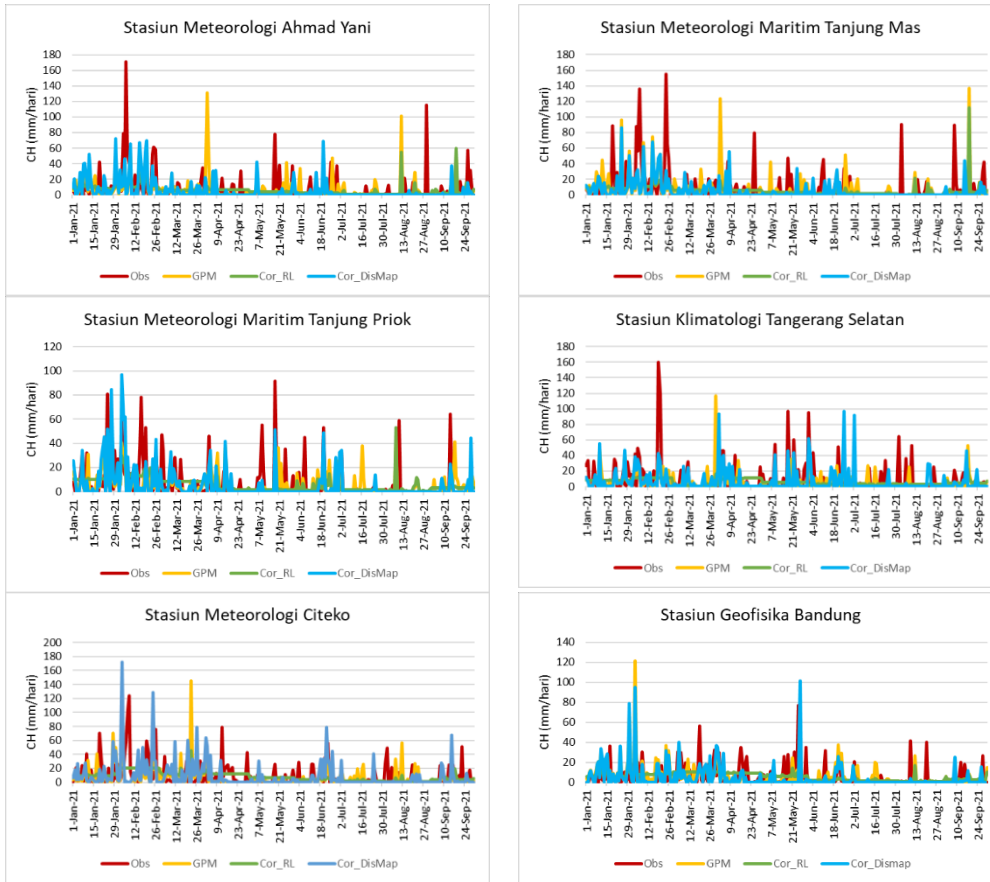
observasi maupun nilai satelit sebelum dikoreksi.

### Hasil Validasi

Proses validasi dilakukan dalam rentang waktu sembilan bulan, yakni bulan Januari 2021 hingga September 2021. Untuk validasi bulanan, curah hujan observasi maupun satelit dihitung dengan mengakumulasi nilai harian selama satu bulan. Secara umum, semua titik stasiun yang dipilih memiliki pola curah hujan musonal yang dicirikan dengan satu puncak musim hujan. Berdasarkan Gambar 4, pola curah hujan harian estimasi satelit memiliki nilai *underestimate* saat musim hujan (Desember, Januari Februari). Metode *distribution mapping* terlihat dapat mengikuti pola observasi, walaupun hasil estimasi setelah dikoreksi *underestimate* dibandingkan data observasi. Namun, khusus pada Stasiun Meteorologi Citeko dan Stasiun Geofisika Bandung, regresi linear memiliki pola yang lebih baik. Begitu pula dengan validasi bulanan (Gambar 5), melalui grafik ditunjukkan bahwa metode *distribution mapping* memberikan pola curah hujan bulanan paling mendekati data observasi untuk stasiun yang berada di topografi rendah dan sedang. Sedangkan, untuk stasiun yang memiliki elevasi, metode regresi linear menunjukkan pola bulanan yang lebih baik, namun hasil terkoreksi tidak lebih baik bila dibanding estimasi awal.

Perbandingan hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 2, di mana nilai korelasi curah hujan skala harian satelit GPM-IMERG sebelum dikoreksi memiliki hasil yang cukup rendah dengan rentang, 0.031–0.243 dan mengalami peningkatan setelah dilakukan koreksi dengan rentang nilai korelasi 0.12–0.47, sedangkan untuk skala bulanan nilai korelasi setelah dikoreksi mengalami peningkatan dengan rentang 0.61–0.90 untuk metode *distribution mapping* dan 0.59–0.84 untuk metode regresi linear.

Dari perbedaan topografi yang ada, korelasi tertinggi didapatkan dari titik yang berada di wilayah dengan topografi rendah, kemudian disusul sedang, dan tinggi. Setelah melalui proses koreksi, nilai korelasi dengan metode *distribution mapping* lebih tinggi dibandingkan metode regresi linear. Nilai RMSE skala bulanan pada empat stasiun (Tanjung Mas, Tangerang Selatan, Citeko, dan Geofisika Bandung) menunjukkan bahwa koreksi metode regresi linear memberikan nilai RMSE lebih kecil dibandingkan dengan sebelum dikoreksi, sedangkan metode *distribution mapping* hanya menunjukkan RMSE yang lebih baik pada stasiun Ahmad Yani dan Geofisika Bandung.



Gambar 4. Validasi Harian (sumber: data diolah)



Gambar 5. Validasi Bulanan (sumber: data diolah)

**Tabel 2.** Perbandingan Hasil Data GPM-IMERG Sebelum dan Sesudah Dikoreksi(sumber: data diolah)

Stasiun	Curah Hujan	Korelasi (r)		RMSE		Percent Bias (PB)	
		Harian	Bulanan	Harian	Bulanan	Harian	Bulanan
Ahmad Yani (rendah)	Tidak Terkoreksi	0.03	0.77	24	371	-1	-1
	Terkoreksi <i>Distribution Mapping</i>	0.19	0.82	56	376	19	19
	Terkoreksi Regresi Linear	0.15	0.78	55	347	18	18
Tanjung Mas (rendah)	Tidak Terkoreksi	0.04	0.78	27	423	4	4
	Terkoreksi <i>Distribution Mapping</i>	0.21	0.90	64	394	36	36
	Terkoreksi Regresi Linear	0.12	0.81	64	387	29	29
Tanjung Priok (rendah)	Tidak Terkoreksi	0.24	0.64	19	304	1	1
	Terkoreksi <i>Distribution Mapping</i>	0.47	0.84	46	322	5	5
	Terkoreksi Regresi Linear	0.24	0.84	45	318	3	3
Tangerang Selatan (sedang)	Tidak Terkoreksi	0.24	0.54	24	350	19	19
	Terkoreksi <i>Distribution Mapping</i>	0.41	0.65	56	356	15	15
	Terkoreksi Regresi Linear	0.12	0.59	54	337	29	29
Citeko (tinggi)	Tidak Terkoreksi	0.01	0.40	25	426	14	14
	Terkoreksi <i>Distribution Mapping</i>	0.14	0.79	64	453	3	3
	Terkoreksi Regresi Linear	0.25	0.76	62	447	1	1
Geofisika Bandung (tinggi)	Tidak Terkoreksi	0.07	0.43	18	281	-26	-26
	Terkoreksi <i>Distribution Mapping</i>	0.14	0.61	35	255	-3	-3
	Terkoreksi Regresi Linear	0.18	0.83	37	264	-21	-21

Sementara untuk nilai RMSE skala harian lebih tinggi dibandingkan sebelum dikoreksi, hal ini menunjukkan bahwa koreksi skala harian tidak mampu mensimulasi curah hujan observasi dengan baik karena nilai RMSE yang lebih kecil menunjukkan estimasi yang lebih baik. Sementara untuk skala bulanan dan harian, nilai *percent bias* (PB) pada topografi tinggi (Citeko dan Geofisika Bandung) setelah dikoreksi menunjukkan nilai yang lebih kecil untuk kedua metode yang digunakan, untuk topografi sedang (Tangerang Selatan) nilai PB yang lebih baik hanya ditunjukkan oleh koreksi dengan metode *distribution mapping*, sedangkan untuk topografi rendah (Ahmad Yani dan Tanjung Mas), nilai PB tidak mengalami perbaikan sebelum ataupun sesudah dikoreksi. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa PB bulanan dan harian menunjukkan nilai yang sama, hal ini

disebabkan karena perhitungan PB dalam satuan persen.

#### 4. Kesimpulan

Hasil koreksi bias curah hujan satelit GPM-IMERG menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai korelasi (r) untuk kedua metode yang digunakan, namun metode *distribution mapping* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan metode regresi linear dengan nilai r yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode regresi linear baik untuk skala harian maupun bulanan untuk semua level topografi. Namun berdasarkan nilai RMSE, secara umum koreksi bias dengan metode regresi linear memiliki performa lebih baik dibandingkan *distribution mapping* untuk skala bulanan pada semua jenis topografi kecuali untuk stasiun Tanjung Priok yang

berelvasi rendah, sedangkan untuk skala harian kedua metode tidak mampu mengkoreksi dengan baik karena nilai RMSE setelah dikoreksi lebih besar dari pada sebelum dikoreksi. Hasil PB menunjukkan nilai yang sama untuk skala harian maupun bulanan untuk kedua metode yang digunakan, hal ini terjadi karena perhitungan dilakukan dalam bentuk persen. Nilai PB pada kategori tinggi lebih kecil setelah dikoreksi untuk kedua metode, pada dataran sedang hasil koreksi dengan metode *distribution mapping* memberikan nilai PB lebih baik, sedangkan nilai PB pada dataran rendah lebih baik sebelum dilakukan koreksi. Dari ketiga parameter statistik yang digunakan untuk mengukur performa masing-masing metode koreksi bias, dapat dikatakan bahwa secara umum metode *distribution mapping* memberikan hasil yang lebih baik.

## Daftar Pustaka

- Risk Management Symposium (CEEDRIMS) Proceeding*, 151-159.
- [11] Azka, M. A., Sugianto, P. A., Silitonga, A. K., dan Nugraheni, I. R. (2018). Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit GPM IMERG di Surabaya, Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19 (2), 83–88.
- [12] Yuda, I. W. A., Prasetya, R., As-syakur, A. R., Osawa, T., dan Nagai, M. (2020). An Assessment of IMERG Rainfall Products Over Bali at Multiple Time Scale. *E3S Web of Conferences*, doi: 10.1051/e3sconf/202015302001
- [13] Mohr, D. L., Wilson, J. W., dan Freund, R. J. (2021). *Statistical Methods Fourth Edition*. Academic Press.
- [1] Tang, G., Behrangi, A., Long, D., Li, C., dan Hong, Y. (2018). Accounting for Spatio Temporal Errors of Gauges: A Critical Step to Evaluate Gridded Precipitation Products. *Journal of Hydrology*, doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.02.057
- [2] Dasanto, Bambang. Dwi., Boer, Rizaldi., Pramudya, Bambang., dan Suharnoto, Yuli. (2014). Evaluasi Curah Hujan TRMM Menggunakan Pendekatan Koreksi Bias Statistik. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 15-24.
- [3] Mamenun., Pawitan, H., dan Sophahelumakan, A. (2014). Validasi dan Koreksi Data Satelit TRMM pada Tiga Pola Curah Hujan di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(1), 13-23
- [4] Misnawati, M., Boer, R., June, T., dan Faqih, A. (2018). Perbandingan Metodologi Koreksi Bias Data Curah Hujan CHIRPS. *LIMNOTEK: Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 25(1), 18-29.
- [5] Zhang, S., Wang, D., Qin, Z., Zheng, Y., dan Guo, J. (2018). Assessment of the GPM and TRMM Precipitation Products Using the Rain Gauge Network Over the Tibetan Plateau. *J. Meteor. Res.*, (32), 324–336, doi: 10.1007/s13351-018-7067-0.
- [6] Milewski, A., Elkadiri, R., Durham, M. (2015). Assesment and Comparison of TMPA Satellite Precipitation Products in Varying Climatic and Topographic Regimes in Morocco. *Remote Sensing*, 5697-5717, doi: 10.3390/rs70505697.
- [7] Kim, K., Park, J., Baik, J., Choi, M. (2016). Evaluation of Topographical and Seasonal Feature Using GPM IMERG and TRMM 3B42 over Far-East Asia. *Atmospheric Research*, doi: 10.1016/j.atmosres.2016.12.007.
- [8] Sorooshian, S., AghaKouchak, A., Arkin, P., Eylander, J., Foufoula-Georgiou, E., Harmon, H., Hendrickx, J., Imam, B., Kuligowski, R., Skahill, B., dan Skofronick-Jackson, G. (2011). Advanced Concepts of Remote Sensing of Precipitation at Multiple Scales. *Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)*, hal. 1353-1357, doi:10.1175/2011BAMS3158.1
- [9] Piani, C., Haerter, J. O., dan Coppola, E. (2010). Statistical Bias Correction for Daily Precipitation in Regional Climate Models Over Europe. *Theor-Appl Climatol*, (99), 187–192., doi: 10.1007/s00704-009-0134-9.
- [10] Partarini, N. M. C., Sujono, J., dan Pratiwi, E. P. A. (2021). Koreksi dan Validasi Data Curah Hujan Satelit GPM-IMERG dan CHIRPS di DAS Selorejo, Kabupaten Malang. *Civil Engineering, Environmental, Disaster and*

## VALIDASI PRODUK SATELIT GPM-IMERG (IMERG EARLY, IMERG LATE, DAN IMERG FINAL) DI WILAYAH PULAU SUMATERA TAHUN 2019-2020

### VALIDATION OF SATELLITE GPM-IMERG PRODUCT (IMERG EARLY, IMERG LATE, AND IMERG FINAL) IN SUMATRA ISLAND REGION 2019-2020

Zulkifli Ramadhan<sup>1</sup> dan Novvria Sagita<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No.5 Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten, 15521

\*E-mail: [Novvria.Sagita@stmkg.ac.id](mailto:Novvria.Sagita@stmkg.ac.id)

Naskah masuk: 2 September 2022    Naskah diperbaiki: 19 Oktober 2022    Naskah diterima: 2 November 2022

#### ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu parameter meteorologi yang berperan penting untuk memahami kondisi cuaca. Namun, kelengkapan data curah hujan yang tidak memadai menjadi kendala dalam mengakaji curah hujan. Estimasi curah hujan menggunakan penginderaan jauh satelit dapat menjadi solusi. Satelit GPM-IMERG merupakan satelit yang dirancang khusus untuk melakukan estimasi curah yang memiliki tiga produk utama yaitu IMERG-E, IMERG-L, IMERG-F. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan validasi terhadap produk satelit GPM-IMERG dengan meninjau dari kemampuan satelit dalam mendeteksi kejadian hujan, analisis distribusi statistik, dan analisis siklus diurnal dengan wilayah penelitian di pulau Sumatera dengan kategori ketinggian yang berbeda. Hasil analisis kemampuan deteksi curah hujan menunjukkan bahwa produk IMERG-L dan IMERG-F memberikan hasil yang lebih baik dari produk IMERG-E pada semua kategori ketinggian yaitu pesisir, rendah, dan tinggi dengan rentang nilai POD yaitu 0.4-0.8 sedangkan untuk nilai FAR dan CSI yaitu 0.8 dan 0.1. Kemudian dari analisis distribusi statistik menggunakan diagram Taylor dan QQ plot menunjukkan bahwa produk hasil estimasi ketiga produk satelit GPM-IMERG overestimate terhadap data observasi curah hujan dan juga terlihat bahwa produk IMERG-F memberikan hasil yang konsisten lebih baik dibandingkan dua produk lainnya.

**Kata Kunci:** satelit, GPM-IMERG, curah hujan, validasi

#### ABSTRACT

Rainfall is one of the meteorological parameters that play an important role in understanding weather conditions. However, the incompleteness of rainfall data become obstacles in assessing rainfall. Rainfall estimation using satellite remote sensing can be a solution for this problem. The GPM-IMERG satellite is a satellite specially designed to estimate rainfall which has three main products, that is IMERG-E, IMERG-L, IMERG-F. This study aims to validate GPM-IMERG satellite products by reviewing the satellite's ability to detect rain events, statistical distribution analysis, and diurnal cycle analysis with the research area on the island of Sumatra with different altitude categories. The results of the analysis of the ability to detect rainfall showed that the IMERG-L and IMERG-F products gave better results than the IMERG-E products in all altitude categories, namely coastal, low, and high with a range of POD values of 0.4-0.8 as for the FAR and CSI are 0.8 and 0.1. Then from the statistical distribution analysis using Taylor diagrams and QQ plots, it shows that the estimated results of the three GPM-IMERG satellite products overestimate the rainfall observation data and it is also seen that the IMERG-F product gives consistently better results than the other two products.

**Keywords:** satellite, GPM-IMERG, rainfall, validation

## 1. Pendahuluan

Saat ini, pengamatan curah hujan dilakukan dari stasiun meteorologi nasional secara manual atau otomatis, metode ini adalah pengamatan utama yang akurat untuk pengamatan curah hujan [1]. Namun, masalah utama dalam pengamatan curah hujan yaitu sebaran pos penakar hujan yang tidak merata. Hal ini menjadi kendala dalam analisis curah hujan karena ketersediaan data yang tidak terdistribusi secara menyeluruh. [2,3]. Untuk dapat mengatasi permasalahan ini pengembangan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis telah menyediakan metode dan sarana alternatif baru untuk pengamatan curah hujan. Penggunaan satelit dalam pengamatan curah hujan meningkat pesat karena kemampuan satelit yang dapat memantau area yang luas, dengan waktu pengamatan yang konsisten secara terus-menerus, dapat menjangkau daerah terpencil dan tidak berpenghuni, dan juga kemudahan pengaksesan data [3].

Satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) merupakan instrumen penginderaan jauh generasi terbaru penerus satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) yang telah berhasil menciptakan era baru dalam pemantauan curah hujan pada skala global. Sebagai satelit generasi terbaru dari TRMM yaitu satelit GPM memerlukan uji akurasi atau validasi untuk mengetahui dan memahami tingkat keakuratan produknya. Oleh karena itu, validasi dan penilaian akurasi dari ketiga jenis produk GPM-IMERG terhadap observasi hujan telah banyak dilakukan di berbagai negara seperti Arab Saudi [4], Austria [5], Iran [1], China [6,7], Singapura [8], dan Malaysia [9].

Pada penelitian yang dilakukan di Arab Saudi [4] mengemukakan bahwa IMERG-F dan IMERG-L menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dalam mendeteksi semua kelas curah hujan dengan akurasi mencapai 0.96 pada kategori strom (50-100 mm) (klasifikasi curah hujan berdasarkan departemen meteorologi Cina) dibandingkan IMERG-E. Namun, menurut Maghsood pada penelitiannya di Iran [1], kemampuan mendeteksi curah hujan dari ketiga produk IMERG-E hingga IMERG-F tidak menunjukkan perubahan yang signifikan ditinjau dari parameter POD dan FAR dan juga pada hasil penelitiannya yang dilakukan di Iran mengatakan bahwa IMERG-F bukan pilihan yang terbaik dalam studi curah hujan ekstrem tetapi IMERG-E atau IMERG-L dapat digunakan sebagai gantinya. Sedangkan penelitian yang dilakukan di Malaysia oleh Tan dan Santo [9] juga menunjukkan bahwa produk IMERG-F tidak

menunjukkan peningkatan yang signifikan dari produk IMERG-E dan IMERG-L.

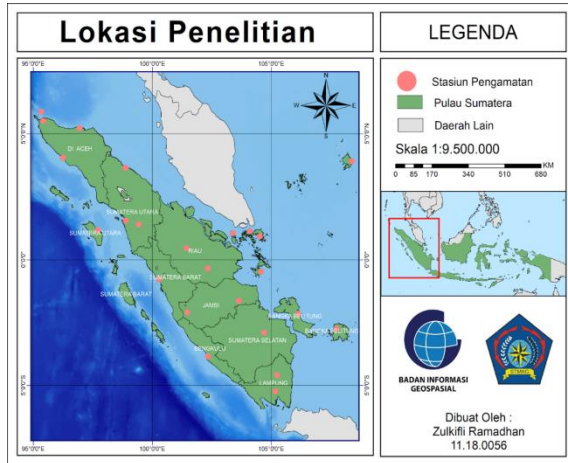
Produk GPM-IMERG memiliki 3 jenis produk yang berbeda berdasarkan perbedaan waktu latensinya yaitu *Near-Real-Time* (NRT) IMERG-*Early* (E), IMERG-*Late* (L), dan *Post-Real-Time* (PRT) IMERG-*Final* (F) dengan resolusi spasial  $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$  dan resolusi temporal yaitu 30 menit [10,11]. Ketiga produk satelit GPM tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Data Early dan Late dianggap sebagai produk NRT dengan latensi masing-masing 4 jam dan 12 jam. Umumnya, produk NRT dimaksudkan untuk membantu para ilmuwan memprediksi dampak peristiwa badai besar. Sedangkan produk Final adalah produk yang diproses ulang dan disesuaikan dengan data observasi permukaan, dengan latensi 2,5 bulan dan digunakan untuk tujuan penelitian [11]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mohammed [4] mengemukakan bahwa IMERG-F dan IMERG-L menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan IMERG-E. Namun, menurut Tan dan Duan [8] dalam penelitiannya menemukan bahwa kemampuan mendeteksi curah hujan dari ketiga produk GPM-IMERG tidak menunjukkan perubahan yang signifikan ditinjau dari parameter POD dan FAR. Lebih jauh Maghsood [1] berpendapat bahwa IMERG-F bukan pilihan yang terbaik dalam studi curah hujan ekstrem tetapi IMERG-E atau IMERG-L dapat digunakan sebagai gantinya. Perbedaan dari hasil penelitian ini sejalan dengan Villarini dalam Rahmawati [12] yang mengatakan bahwa produk curah hujan satelit memiliki ketidakpastian yang dikaitkan dengan beberapa aspek berbeda salah satunya adalah kondisi geografis dan juga iklim. Oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai produk GPM-IMERG di berbagai kondisi geografis yang berbeda terutama di daerah Indonesia yang memiliki kondisi geografis beragam dan beriklim tropis.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, di wilayah Indonesia belum ada yang mengkaji ketiga produk GPM-IMERG secara menyeluruh dan hanya menggunakan produk IMERG-F [11,3] Validasi ketiga produk GPM-IMERG di berbagai wilayah di Indonesia dengan topografi yang berbeda diperlukan guna memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai akurasi dari produk GPM-IMERG. Pulau Sumatera memiliki topografi dari pegunungan di bagian barat hingga dataran rendah di bagian timur [13]. Untuk mengetahui akurasi produk GPM-IMERG pada topografi yang berbeda di Indonesia maka pada penelitian ini akan mengkaji mengenai

validasi 3 jenis produk GPM-IMERG yaitu produk IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F di wilayah Pulau Sumatera.

## 2. Metode Penelitian



**Gambar 1.** Peta Wilayah Penelitian.  
sumber: data diolah

Dalam penelitian ini akan digunakan penelitian berupa evaluasi dan komparatif. Penelitian ini akan mengevaluasi produk satelit GPM-IMERG terhadap data observasi curah hujan permukaan. Sementara itu, metode komparatif ditujukan untuk mengetahui produk terbaik dari satelit GPM-IMERG dengan membandingkan tiap produknya. Adapun pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan perhitungan secara statistik sebagai standar dalam metode evaluasi dan tolok ukur dalam metode komparatif.

Lokasi penelitian dilakukan pada wilayah Pulau Sumatera dengan waktu penelitian selama 2 tahun yaitu di sepanjang tahun 2019 hingga 2020 menggunakan 24 stasiun observasi sebagai titik validasi seperti gambar 1 yang akan melalui proses *quality control data* sebelum digunakan dengan *threshold* yaitu hanya menggunakan data stasiun observasi dengan kelengkapan data minimal 75% dari total data.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data observasi curah hujan dari stasiun pengamatan BMKG di Pulau Sumatera dan data level 3 satelit GPM-IMERG seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Data satelit GPM-IMERG diperoleh dari database NASA yang dapat diakses pada <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets>.

**Tabel 1.** Keterangan Lokasi Penelitian.  
(sumber: Huffman)

No.	Produk GPM-IMERG	Resolusi Spasial	Latensi
1	IMERG-E	0.1°	4 jam
2	IMERG-L	0.1°	12 jam
3	IMERG-F	0.1°	3.5 bulan

Dalam penelitian ini ditetapkan nilai ambang batas dalam menentukan kejadian hujan yaitu 0.1 mm/jam [6]. Jika nilai yang ditunjukkan oleh produk satelit GPM-IMERG maupun data observasi curah hujan kurang dari ambang batas yang ditentukan maka dianggap tidak terjadi hujan. Kemudian, untuk menentukan Analisis kemampuan deteksi satelit dilakukan dengan menggunakan nilai *Probability of Detection* (POD), *False Alarm Ratio* (FAR), dan *Critical Success Index* (CSI). Sedangkan, analisis distribusi statistik menggunakan Diagram Taylor, *Quantile-Quantile Plot* (QQ), dan *Box Plot*.

$$POD = \frac{hits}{hits+misses} \quad (1)$$

$$FAR = \frac{false\ alarms}{hits+false\ alarms} \quad (2)$$

$$CSI = \frac{hits}{hits+misses+false\ alarms} \quad (3)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

11 stasiun dari 24 stasiun pengamatan observasi curah hujan layak untuk dijadikan sebagai data validasi. 11 stasiun observasi curah hujan yang layak memiliki data lengkap 12 bulan pada tiap tahun 2019 dan 2020 karena memiliki kelengkapan data minimal 75% dari total data

Hasil dari produk satelit GPM-IMERG yaitu IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F akan dianalisis secara statistik terhadap observasi curah hujan dari stasiun pengamatan terpilih. Untuk mengetahui produk satelit GPM-IMERG yang memiliki akurasi terbaik dilakukan dengan analisis kemampuan deteksi satelit dan analisis distribusi statistik. Dalam penelitian ini ditetapkan nilai ambang batas dalam menentukan kejadian hujan yaitu 0.1 mm/jam [6]. Kemudian, untuk menentukan Analisis kemampuan deteksi satelit dilakukan dengan menggunakan nilai POD, FAR, dan CSI. Sedangkan, analisis distribusi statistik menggunakan Diagram Taylor, QQ Plot, dan Box Plot.

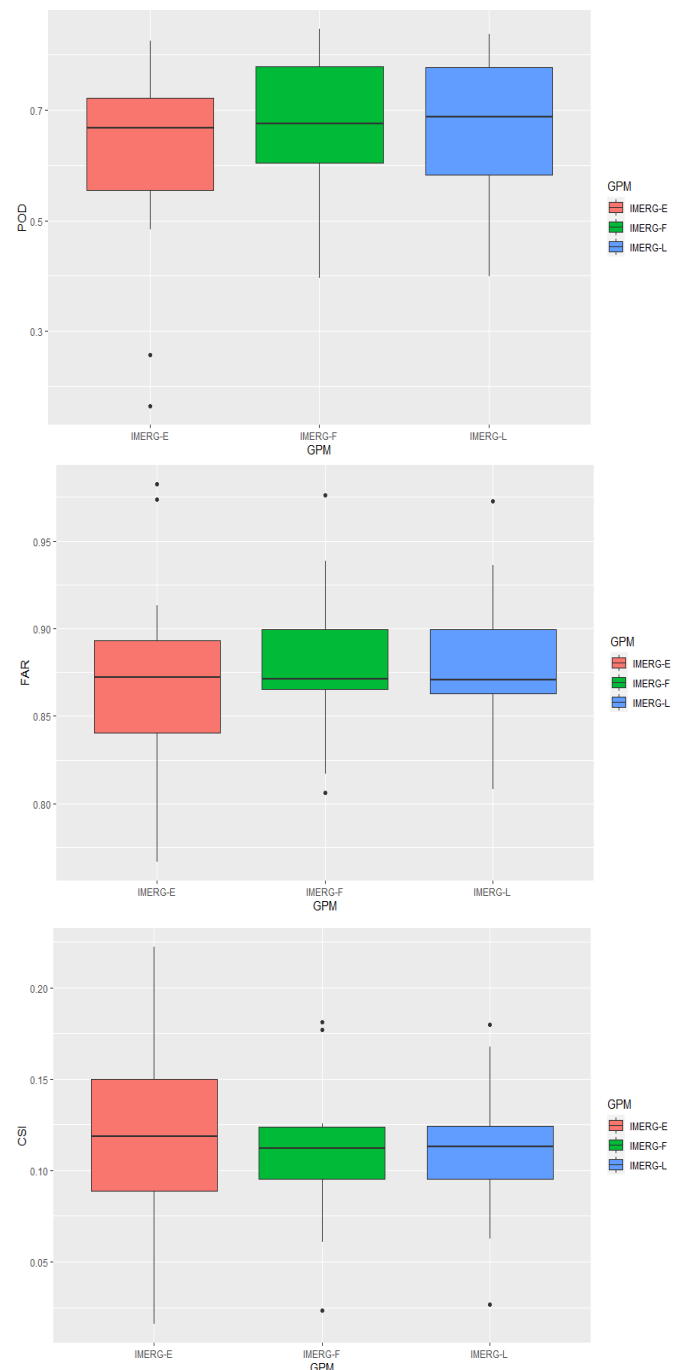
**Tabel 2.** Perbandingan Hasil Data GPM-IMERG Sebelum dan Sesudah Dikoreksi  
Sumber: data diolah

Stasiun	Kategori	Parameter	IMERG-E	IMERG-L	IMERG-F
Cut Nyak Dien Nagan Raya - Meulaboh	Pesisir	POD	0.48	0.56	0.55
Raja Haji Fisabilillah - Tanjung Pinang			0.68	0.74	0.74
Raja Haji Abdullah - Tanjung Balai Karimun	Rendah		0.62	0.6	0.66
Dr. Ferdinand Lumban Tobing - Sibolga			0.82	0.47	0.45
Fatmawati Sukarno - Bengkulu			0.79	0.84	0.85
Malikus Saleh - Lhokseumawe			0.67	0.69	0.67
Hang Nadim - Batam			0.76	0.82	0.82
Radin Inten II - Lampung			0.26	0.4	0.4
Maimun Saleh - Sabang			0.67	0.69	0.67
Aek Godang - Padang Sidempuan	Tinggi		0.63	0.66	0.69
Depati Parbo - Kerinci			0.16	0.82	0.84
Cut Nyak Dien Nagan Raya - Meulaboh	Pesisir		FAR	0.87	0.86
Raja Haji Fisabilillah - Tanjung Pinang		0.8		0.81	0.81
Raja Haji Abdullah - Tanjung Balai Karimun	Rendah	0.87		0.89	0.87
Dr. Ferdinand Lumban Tobing - Sibolga		0.77		0.87	0.87
Fatmawati Sukarno - Bengkulu		0.81		0.83	0.82
Malikus Saleh - Lhokseumawe		0.91		0.91	0.91
Hang Nadim - Batam		0.87		0.88	0.89
Radin Inten II - Lampung		0.87		0.87	0.87
Maimun Saleh - Sabang		0.97		0.97	0.98
Aek Godang - Padang Sidempuan	Tinggi	0.87		0.87	0.87
Depati Parbo - Kerinci		0.98		0.94	0.94
Cut Nyak Dien Nagan Raya - Meulaboh	Pesisir	CSI		0.12	0.13
Raja Haji Fisabilillah - Tanjung Pinang			0.18	0.18	0.18
Raja Haji Abdullah - Tanjung Balai Karimun	Rendah		0.12	0.11	0.12
Dr. Ferdinand Lumban Tobing - Sibolga			0.22	0.11	0.11
Fatmawati Sukarno - Bengkulu			0.18	0.17	0.18
Malikus Saleh - Lhokseumawe			0.08	0.08	0.08
Hang Nadim - Batam			0.12	0.11	0.11
Radin Inten II - Lampung			0.09	0.11	0.11
Maimun Saleh - Sabang			0.03	0.03	0.02
Aek Godang - Padang Sidempuan	Tinggi		0.12	0.12	0.12
Depati Parbo - Kerinci			0.02	0.06	0.06

Uji kemampuan deteksi produk satelit GPM-IMERG pada tabel 2 kategori pesisir menunjukkan hasil bahwa ketiga produk satelit dalam hal mendeteksi kejadian hujan memiliki tingkat kemampuan deteksi yang tidak jauh berbeda diantara ketiganya. Hal ini ditunjukkan dari nilai POD pada 2 stasiun pesisir yang cenderung sama. Lalu tingkat kesalahan deteksi dari produk IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F masih tergolong tinggi dengan nilai FAR yang mencapai 0.8 pada 2 stasiun kategori pesisir. Sedangkan, dilihat dari nilai CSI pada ketiga produk satelit GPM-IMERG di stasiun kategori pesisir dapat diketahui bahwa tingkat kemampuan deteksi curah hujan dari ketiga produk masih cenderung rendah dengan nilai berkisar 0.1.

Dari hasil uji kemampuan deteksi produk satelit GPM-IMERG pada tabel 2 kategori pesisir menunjukkan bahwa ketiga produk satelit dalam hal mendeteksi kejadian hujan memiliki tingkat kemampuan deteksi yang tidak jauh berbeda diantara ketiganya. Hal ini ditunjukkan dari nilai POD pada 2 stasiun pesisir yang cenderung sama. Lalu tingkat kesalahan deteksi dari produk IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F masih tergolong tinggi dengan nilai FAR yang mencapai 0.8 pada 2 stasiun kategori pesisir. Sedangkan, dilihat dari nilai CSI pada ketiga produk satelit GPM-IMERG di stasiun kategori pesisir dapat diketahui bahwa tingkat kemampuan deteksi curah hujan dari ketiga produk masih cenderung rendah dengan nilai berkisar 0.1.

Parameter POD yang dapat dilihat pada tabel 2 pada produk IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F memiliki nilai median yaitu 0.66, 0.68, dan 0.67 hasil tidak lebih baik dari pada penelitian yang dilakukan oleh Xiong [15]. sedangkan untuk nilai median pada parameter FAR dan CSI pada ketiga produk GPM-IMERG menunjukkan nilai median yang sama yaitu 0.87 dan 0.11. Namun, untuk produk IMERG-E range data yang lebih besar dari pada IMERG-L dan IMERG-F. Dari ketiga gambar 2 box plot dapat di dilihat bahwa pada 11 stasiun terpilih memiliki nilai parameter POD yang tinggi namun nilai FAR yang rendah pada ketiga produk satelit GPM-IMERG, hal ini mengindikasikan bahwa ketiga produk GPM-IMERG memberikan hasil estimasi curah hujan yang overestimate terhadap data pengamatan curah hujannya.



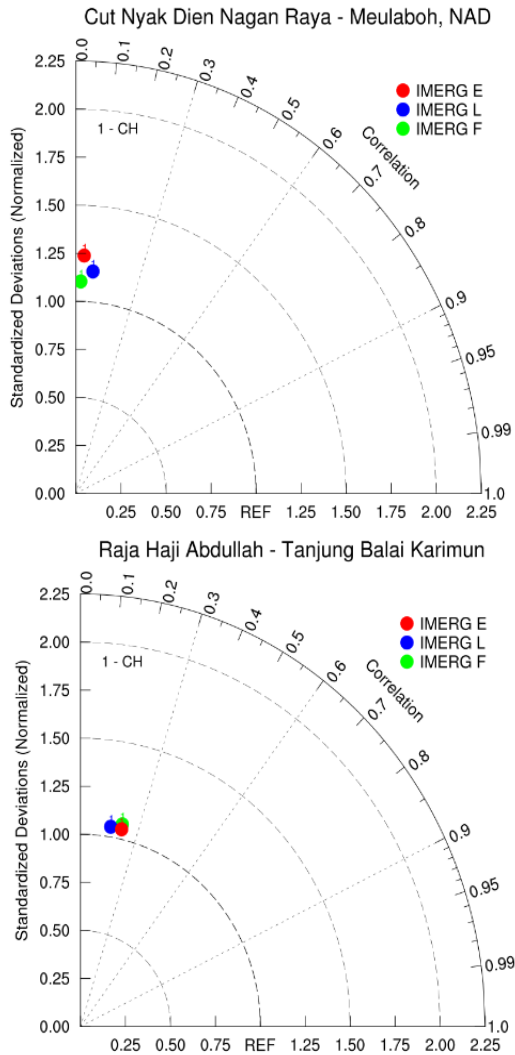
**Gambar 2.** Box Plot Parameter POD, FAR dan CSI sumber : data diolah

### Analisis Diagram Taylor

Dari diagram Taylor pada gambar 3 memberikan gambaran bagaimana nilai korelasi dan standar deviasi pada ketiga produk satelit GPM-IMERG terhadap data pengamatan curah hujan di stasiun yang masuk kategori pesisir yaitu stasiun Cut Nyak Dien Nagan Raya dan Stasiun Raja Haji Abdulah. Dari gambar 3 terlihat bahwa produk IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F memiliki nilai korelasi yang rendah. Ketiga produk GPM-IMERG tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh dari aspek nilai korelasi. Begitu

pun yang terjadi untuk pada nilai standar deviasi. Pada stasiun Cut Nyak Dien Nagan Raya produk IMERG-F menunjukkan hasil yang lebih baik dari IMERG-E dan IMERG-L yaitu dengan nilai standar deviasi yaitu 1.23 dan nilai korelasi 0.03. Nilai standar deviasi pada produk IMERG-F yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa persebaran data IMERG-F mendekati persebaran data observasi.

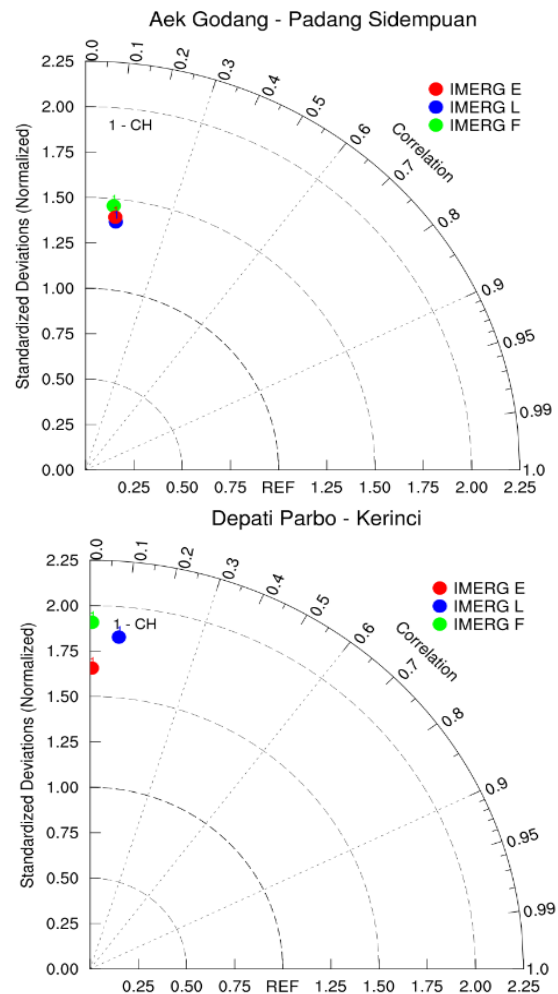
Pada stasiun Cut Nyak Dien Nagan Raya produk IMERG-F menunjukkan hasil yang lebih baik dari IMERG-E dan IMERG-L yaitu dengan nilai standar deviasi yaitu 1.23 dan nilai korelasi 0.03. Nilai standar deviasi pada produk IMERG-F yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa persebaran data IMERG-F mendekati persebaran data observasi.



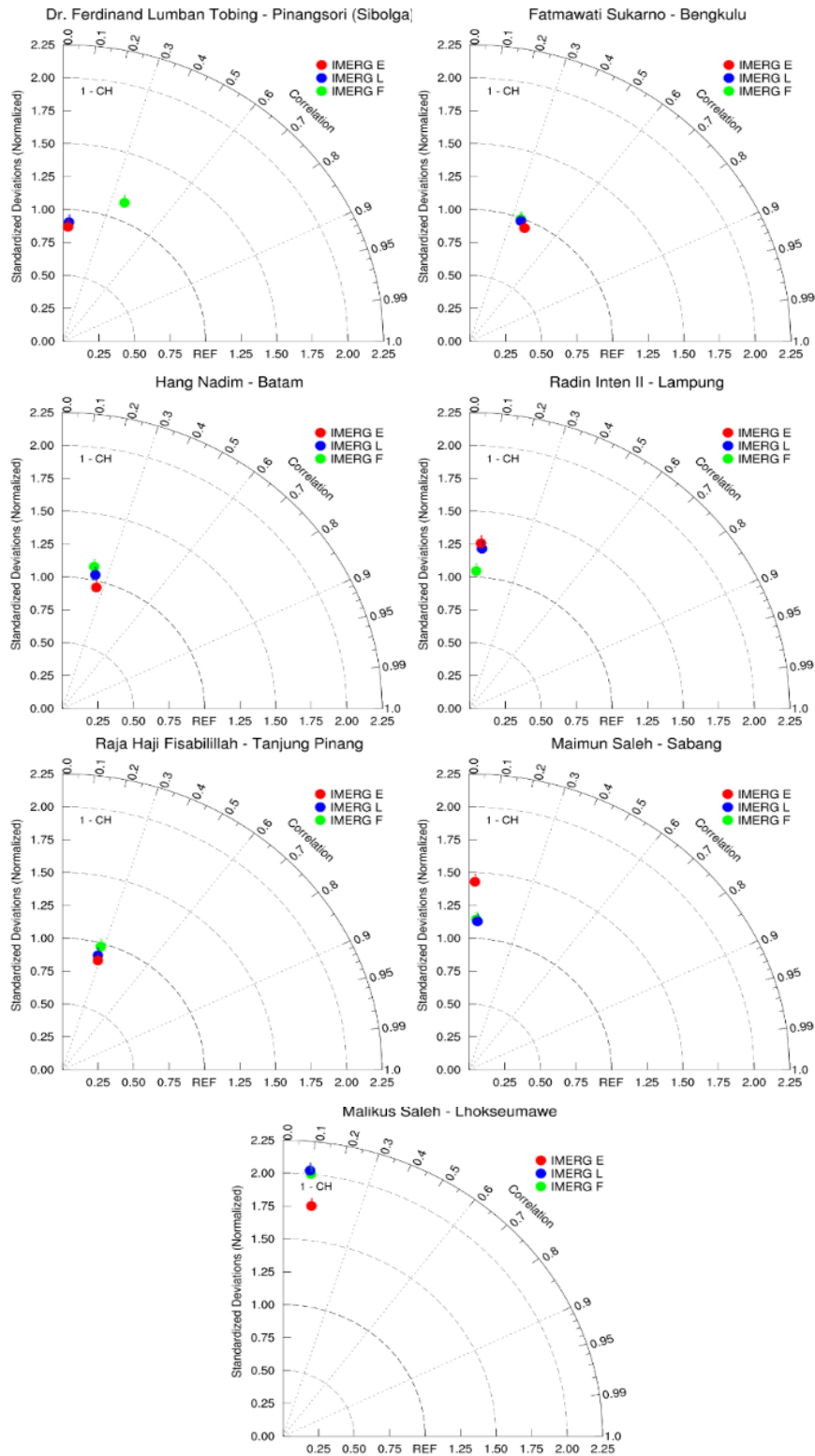
**Gambar 3.** Diagram Taylor Stasiun Kategori Pesisir sumber : data diolah

Dari diagram taylor pada gambar 3 memberikan gambaran bagaimana nilai korelasi dan standar deviasi pada ketiga produk satelit GPM-IMERG terhadap data pengamatan curah hujan di stasiun yang masuk kategori pesisir yaitu stasiun Cut Nyak Dien Nagan Raya dan Stasiun Raja Haji Abdullah. Dari gambar 3 terlihat bahwa produk IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F memiliki nilai korelasi yang rendah. Ketiga produk GPM-IMERG tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh dari aspek nilai korelasi. Begitu pun yang terjadi untuk pada nilai standar deviasi.

Diagram taylor pada gambar 4 memberikan gambaran bagaimana nilai korelasi dan standar deviasi pada ketiga produk satelit GPM-IMERG terhadap data pengamatan curah hujan di stasiun yang masuk kategori tinggi yaitu stasiun Aek Godang, dan stasiun Depati Parbo. Jika dibandingkan dengan hasil diagram taylor pada kategori pesisir dan rendah, produk GPM-IMERG pada kategori tinggi memiliki hasil yang lebih rendah. Kemudian, Untuk produk IMERG-L pada kategori tinggi ini memiliki nilai standar deviasi dan korelasi yang lebih baik di bandingkan dengan IMERG-E dan IMERG-F.



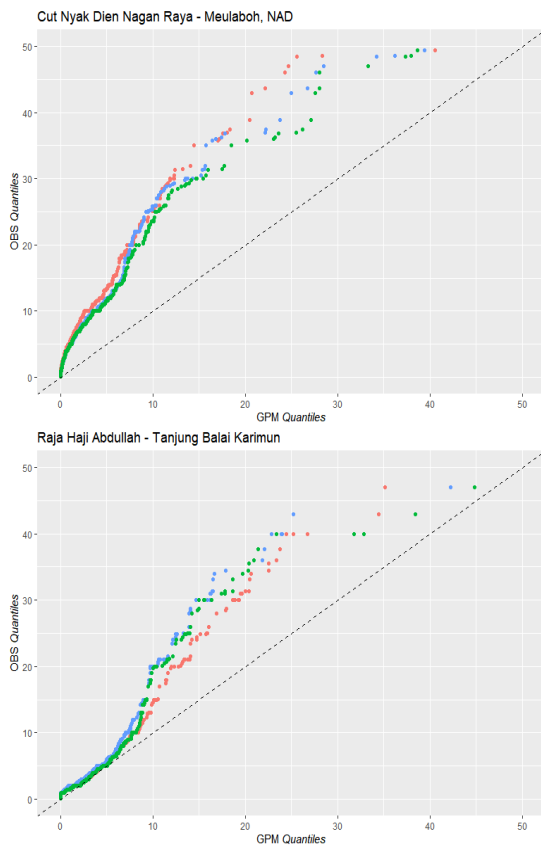
**Gambar 4.** Diagram Taylor Stasiun Kategori Tinggi sumber : data diolah



**Gambar 5.** Diagram Taylor Stasiun Kategori Rendah.  
sumber : data diolah (sumber: data diolah)

Gambar 5 memberikan gambaran bagaimana nilai korelasi dan standar deviasi pada ketiga produk satelit GPM-IMERG terhadap data pengamatan curah hujan di stasiun yang masuk kategori rendah yaitu stasiun Dr. Ferdinand Lumban Tobing, stasiun Fatmawati Sukarno, stasiun Hang Nadim, stasiun Radin Inten II, stasiun Raja Haji Fisabilillah, stasiun Saleh, dan stasiun Malikus Saleh. Secara umum dari gambar 5 nilai korelasi dari ketiga produk GPM-IMERG sama seperti yang ditunjukkan pada kategori pesisir yaitu memiliki tingkat korelasi yang rendah. Namun, produk yang konsisten menunjukkan nilai standar deviasi dan korelasi yang lebih baik dari produk lainnya adalah produk IMERG-E.

### Analisis QQ Plot

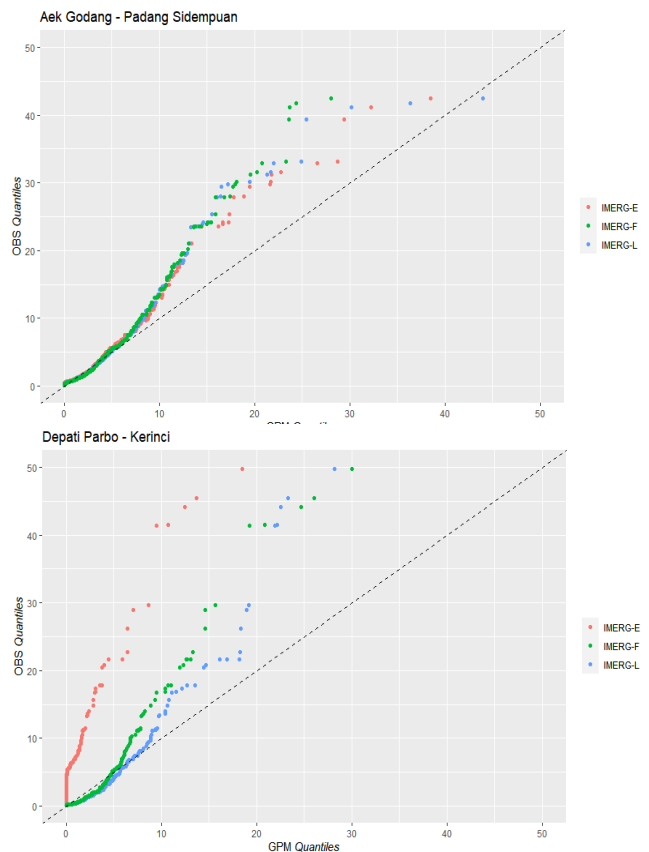


**Gambar 6.** QQ Plot Pada Stasiun Kategori Pesisir  
Sumber: data diolah

QQ Plot memberikan gambaran tentang bagaimana kemiripan sebaran data produk satelit GPM-IMERG dan data observasi curah hujan [8]. Dari gambar 6 menunjukkan QQ plot pada stasiun Cut Nyak Dien Nagan Raya dan Raja Haji Abdullah produk satelit GPM-IMERG yaitu IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F menunjukkan sebaran data yang *overestimate* di dibandingkan dengan data observasi curah hujan

pada stasiun tersebut. Pada stasiun Cut Nyak Dien Nagan Raya nilai *overestimate* ditunjukkan pada semua nilai curah hujan, namun pada stasiun Raja Haji Abdullah nilai curah hujan 0-5 mm/jam memiliki kemiripan sebaran data yang sama dengan data observasi curah hujannya.

Kemudian, untuk stasiun Maimun Saleh dan Radin Inten II QQ plot menunjukkan hasil yang jauh dari nilai observasi curah hujan dengan nilai dari produk satelit GPM-IMERG yang *overestimate*. Sedangkan, pada stasiun Dr. Ferdinand Lukman Tobing produk satelit IMERG-E menunjukkan sebaran nilai curah hujan yang mendekati observasi dibandingkan dengan IMERG-L dan IMERG-F namun nilai dari IMERG-E masih menunjukkan nilai yang *overestimate*.



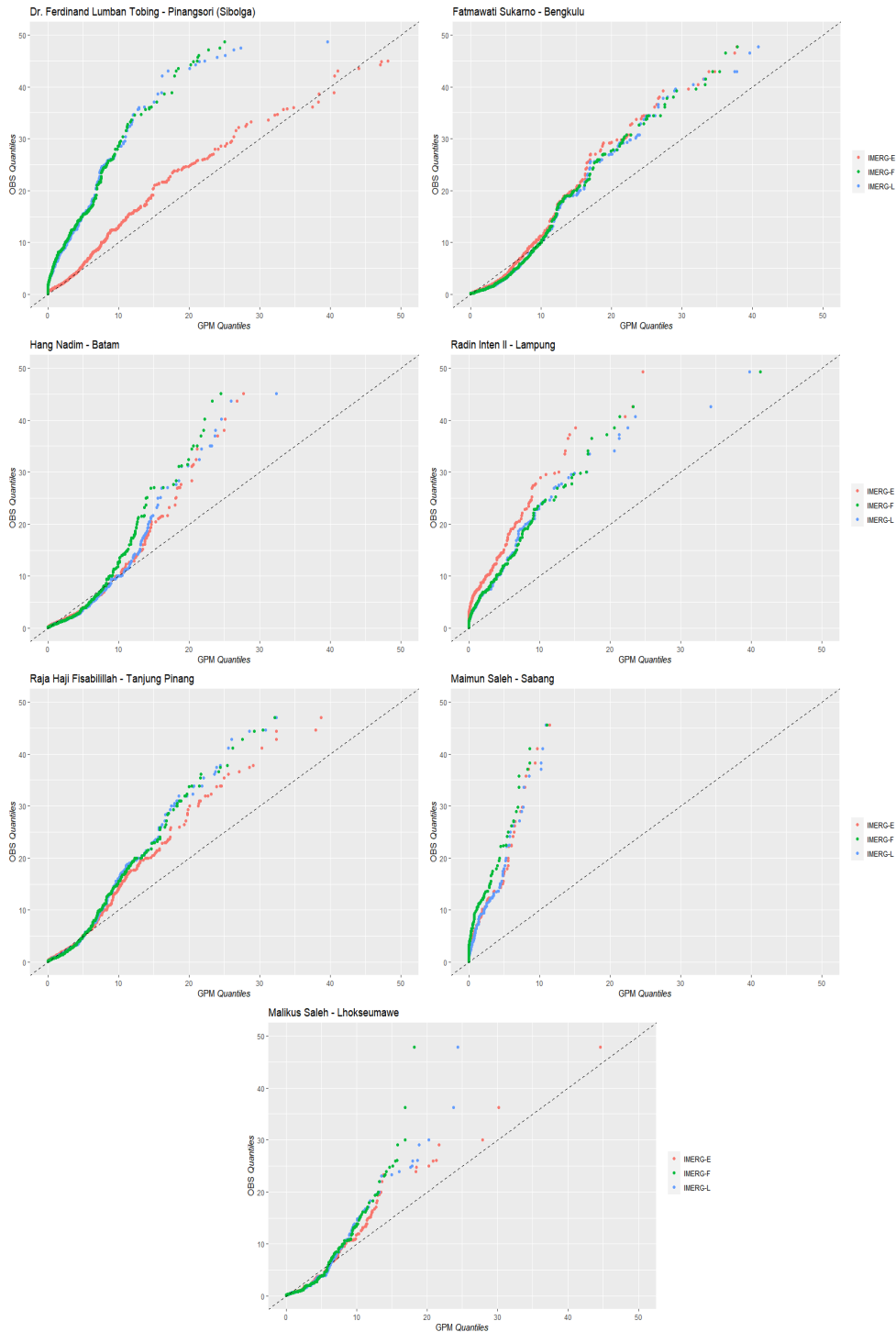
**Gambar 7.** QQ Plot Pada Stasiun Kategori Tinggi  
Sumber: data diolah

Dari gambar 7 menunjukkan QQ plot pada stasiun Aek Godang dan Depati Parbo yang merupakan stasiun kategori tinggi selama tahun 2019-2020. QQ plot pada gambar 7 memperlihatkan nilai *overestimate* dari produk satelit IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F. Ketiga produk satelit GPM-IMERG tidak menunjukkan perbedaan yang begitu jauh berdasarkan QQ plot stasiun Aek Godang, tetapi untuk QQ plot pada stasiun Depati Parbo produk

IMERG-E menunjukkan hasil sebaran data curah hujan yang sangat jauh dari observasi dibanding IMERG-L dan IMERG-F.

stasiun Fatmawati Sukarno, Raja Haji Fisabilillah, Hang Nadim, dan Malikus Saleh nilai curah hujan 0-5 mm/jam pada ketiga produk GPM-IMERG.

Hasil QQ plot yang di tampilkan pada gambar 8 secara umum memberikan hasil overestimate dari sebaran data estimasi curah hujan produk satelit IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F. Pada



**Gambar 8.** QQ Plot Pada Stasiun Kategori Rendah.  
sumber : data diolah

#### 4. Kesimpulan

Secara umum berdasarkan hasil validasi dikotomus menggunakan POD, FAR, dan CSI pada produk IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F dengan kategori topografi yang berbeda yaitu pada kategori ketinggian pesisir, rendah, dan tinggi tidak menunjukkan perbedaan yang besar diantar ketiga produk GPM-IMERG, hal ini dilihat dari rentang nilai POD pada ketiga produk satelit GPM-IMERG yang tidak jauh berbeda yaitu 0.4-0.8 kemudian nilai FAR yaitu 0.8 dan CSI 0.1

Dalam rentang nilai POD dan FAR di atas menunjukkan tingkat deteksi kejadian hujan yang tinggi namun deteksi *false alarm* yang juga tinggi. Hal ini menandakan bahwa hasil estimasi ketiga produk satelit GPM-IMERG adalah *overestimate*. Selanjutnya hasil dari analisis distribusi statistik juga menunjukkan sebaran data ketiga satelit GPM-IMERG yang juga *overestimate*.

Hasil analisis distribusi statistik menggunakan box plot, diagram taylor dan, QQ plot, diketahui bahwa produk IMERG-E dan IMERG-L terutama produk IMERG-L pada kategori rendah memberikan hasil yang konsisten lebih baik dibandingkan dengan produk IMERG-F.

#### Daftar Pustaka

- [1] Maghsood, F. F., Hashemi, H., Hosseini, S. H., & Berndtsson, R. (2020). Ground validation of GPM IMERG precipitation products over Iran. *Remote Sensing*, 12(1), 1–23. <https://doi.org/10.3390/RS12010048>
- [2] 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. <https://doi.org/10.31172/jmg.v15i2.180>
- [3] Yuda, I. W. A., Prasetya, R., As-Syakur, A. R., Osawa, T., & Nagai, M. (2020). An assessment of IMERG rainfall products over Bali at multiple time scale. *E3S Web of Conferences*, 153, 1–12. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015302001>
- [4] Mohammed, S., Hamouda, M., Mahmoud, M., & Mohamed, M. (2020). Performance of GPM-IMERG precipitation products under diverse topographical features and multiple-intensity rainfall in an arid region. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, January, 1–27.
- [5] Sungmin, O., Foelsche, U., Kirchengast, G., Fuchsberger, J., Tan, J., & Petersen, W. A. (2017). Evaluation of GPM IMERG Early, Late, and Final rainfall estimates using WegenerNet gauge data in southeastern Austria. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(12), 6559–6572. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6559-2017>
- [6] Li, N., Tang, G., Zhao, P., Hong, Y., Gou, Y., & Yang, K. (2017). Statistical assessment and hydrological utility of the latest multi-satellite precipitation analysis IMERG in Ganjiang River basin. *Atmospheric Research*, 183, 212–223. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.07.020>
- [7] Li, R., Wang, K., & Qi, D. (2018). Validating the Integrated Multisatellite Retrievals for Global Precipitation Measurement in Terms of Diurnal Variability With Hourly Gauge Observations Collected at 50,000 Stations in China. In *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123 (18), 10.423-10.442. <https://doi.org/10.1029/2018JD028991>
- [8] Tan, M. L., & Duan, Z. (2017). Assessment of GPM and TRMM precipitation products over Singapore. *Remote Sensing*, 9(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs9070720>
- [9] Tan, M. L., & Santo, H. (2018). Comparison of GPM IMERG, TMPA 3B42 and PERSIANN-CDR satellite precipitation products over Malaysia. *Atmospheric Research*, 202(September 2017), 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.11.006>
- [10] Lu, C., Ye, J., Fang, G., Huang, X., & Yan, M. (2021). Assessment of gpm imerg satellite precipitation estimation under complex climatic and topographic conditions. *Atmosphere*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/atmos12060780>
- [11] Hou, A. Y. et al. (2014). The global precipitation measurement mission. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(5), 701–722. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00164.1>
- [12] Rahmawati, N., & Lubczynski, M. W. (2018). Validation of satellite daily rainfall estimates in complex terrain of Bali Island, Indonesia. *Theoretical and applied climatology*, 134(1), 513-532. doi: 10.1007/s00704-017-2290-7.
- [13] Badan Informasi Geospasial. (2015). Atlas Bentanglahan Sumatera. In *Atlas Bentanglahan Edisi Sumatera*.
- [14] Huffman, G., Bolvin, D., Braithwaite, D., Hsu, K., Joyce, R., & Xie, P. (2014). *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG)*. Retrieved December 17, 2021, from <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets>
- [15] Xiong, W., Tang, G., Wang, T., Ma, Z., & Wan, W. (2022). Partitioning on the Global Scale. *Water*, 14(7), 1122.