

## Analisis Hujan Ekstrem Menggunakan Data Satelit Himawari 9, Model, dan Observasi (Studi Kasus : Jakarta Utara, 29 Februari 2024)

Ahmad Irsyad Saputra<sup>1</sup>, Yahya Darmawan<sup>2\*</sup>

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

<sup>2</sup> Program Studi Klimatologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika  
Tangerang, Indonesia

\*e-mail: [yahya.darmawan@bmkgo.id](mailto:yahya.darmawan@bmkgo.id)

Received: 23 01 2025. Accepted: 02 02 2025. Published: 02 2025

### Abstrak

Jakarta Utara mengalami curah hujan ekstrem pada 29 Februari 2024 yang memicu terjadinya kejadian banjir. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi atmosfer yang memicu kejadian tersebut menggunakan data satelit Himawari-9 yang dikombinasikan dengan data model dan data observasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data satelit Himawari-9 pada tanggal 28 Februari 2024 pukul 00.00 UTC hingga tanggal 29 Februari 2024 pukul 00.00 UTC, data model ECMWF dan data observasi dari ogimet pada curah hujan tanggal 29 Februari 2024 beserta data curah hujan 24 sebelum, 7 hari sebelum, juga 7 hari sesudah tanggal tersebut. Studi ini mencakup analisis dinamika atmosfer yang diolah melalui SATAID, pola distribusi awan, *streamline*, dan *Low Level Moisture Transport (LLMT)* diperoleh dengan pengolahan GrADS, juga curah hujan diolah menggunakan Excel. Hasil penelitian yang diperoleh meliputi SSI sebesar 0.1, 1.3, dan 1.4 °C; LI sebesar -2.3, -2.0, dan -1.7 °C; SWEAT sebesar 290, 285, dan 337; CAPE sebesar 479, 447, dan 491 J/kg; CIN sebesar 22, 47, dan 20 J/kg; KI sebesar 36.8, 35.1, dan 34.4 °C; TT sebesar 42.5, 41.1, dan 40.5 °C. Penelitian ini menegaskan hubungan kuat antara parameter atmosfer dan curah hujan ekstrem. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data dari beberapa titik pengamatan curah hujan untuk meningkatkan akurasi analisis spasial, sehingga dapat mendukung upaya mitigasi banjir secara lebih efektif. Penelitian ini menemukan hubungan antara curah hujan dan kondisi atmosfer berdasarkan citra satelit Himawari-9. Untuk meningkatkan akurasi analisis spasial dan mendukung mitigasi banjir secara efektif, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan data dari berbagai titik pengamatan curah hujan.

**Kata Kunci:** stabilitas atmosfer, curah hujan, Himawari-9.

### *Extreme Rain Analysis Using Himawari 9 Satellite Data, Models, and Observations (Case Study: North Jakarta, February 29, 2024)*

#### Abstract

North Jakarta experienced extreme rainfall on February 29, 2024 which triggered flooding events. The purpose of this study is to determine the atmospheric conditions in North Jakarta on February 29, 2024 using Himawari-9 satellite data combined with model data and observation data. The data used in this study are Himawari-9 satellite data on February 28, 2024 at 00.00 UTC to February 29, 2024 at 00.00 UTC, ECMWF model data and observation data from ogimet on rainfall on February 29, 2024 along with rainfall data 24 before, 7 days before, also 7 days after that date. This study includes atmospheric dynamics analysis processed through SATAID, cloud distribution patterns, streamlines, and Low Level Moisture Transport (LLMT) obtained by GrADS processing, as well as rainfall processed using Excel. The results obtained include SSI of 0.1, 1.3, and 1.4 oC; LI of -2.3, -2.0, and -1.7 oC; SWEAT of 290, 285, and 337; CAPE of 479, 447, and 491 J/kg; CIN of 22, 47, and 20 J/kg; KI of 36.8, 35.1, and 34.4 oC; TT of 42.5, 41.1, and 40.5 oC This study identified the relationship between rainfall

*and atmospheric conditions based on Himawari-9 satellite imagery. To enhance the accuracy of spatial analysis and effectively support flood mitigation, future research is recommended to incorporate data from multiple rainfall observation points.*

**Keywords:** *atmospheric stability, rainfall, Himawari-9.*

## **PENDAHULUAN**

Jakarta Utara mengalami curah hujan ekstrem pada 29 Februari 2024 yang memicu terjadinya kejadian banjir (BMKG, 2024). Curah hujan tersebut merupakan pengaruh dari kondisi atmosfer yang tidak stabil dan pengaruh beberapa parameter meteorologis tertentu (Hutagalung, 2022). Oleh karena itu, kondisi atmosfer pada waktu dan tempat tersebut penting untuk diteliti.

Penelitian mengenai kondisi atmosfer dapat memanfaatkan data satelit Himawari-9. Data satelit Himawari-9 dapat diolah menggunakan *Satellite Animation and Interactive Diagnosis* (SATAID) sehingga menghasilkan analisis cuaca ekstrem berupa informasi mengenai divergensi dan vortisitas vertikal, serta parameter lain yang relevan (Asmita, 2022; Asmita dkk., 2023). Dengan menambahkan data observasi, analisis curah hujan ekstrem yang terjadi di Jakarta Utara akan lebih maksimal. Bukan hanya data observasi, tetapi data model atmosfer juga dapat mendukung analisis cuaca ekstrem seperti pada penelitian Hutagalung (2022), menunjukkan bahwa kombinasi data satelit dengan model atmosfer dapat memberikan kajian tentang mekanisme pembentukan hujan lebat secara mendalam.

Analisis ini tidak hanya terbatas pada distribusi spasial curah hujan tetapi juga melibatkan parameter atmosfer penting dan pola angin di berbagai lapisan atmosfer. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa analisis kondisi atmosfer menggunakan data Himawari-9

dan radiosonde dapat mengidentifikasi tingkat ketidakstabilan atmosfer yang memicu hujan lebat (Hawari dkk., 2023; Ulhaq & Haryanto, 2022). Selain itu, Suhadi dkk. (2023) dalam penelitiannya menyatakan bahwa fenomena perubahan iklim yang memengaruhi pola curah hujan ekstrem juga menjadi faktor yang diperhatikan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi atmosfer di Jakarta Utara pada 29 Februari 2024 menggunakan data satelit Himawari-9 yang dikombinasikan dengan data model dan data observasi. Studi ini mencakup analisis pola distribusi awan, dinamika atmosfer yang terdiri dari beberapa parameter seperti *Lifted Index* (LI), *Severe Weather Threat Index* (SWEAT), *Convective Available Potential Energy* (CAPE), *K-Index* (KI), dan *Total Totals Index* (TT) serta pola angin dan *Low Level Moisture Transport* (LLMT). Dengan hasil ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap mitigasi bencana banjir di masa mendatang, sebagaimana yang telah dilakukan pada studi sebelumnya (Ramdani, 2021; Kurniati dkk., 2021).

## **BAHAN DAN METODE**

### **Waktu dan Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian yang digunakan yaitu Jakarta Utara, DKI Jakarta dengan titik koordinat  $-6^{\circ}8'18''$  Lintang Selatan dan  $106^{\circ}51'50''$  Bujur Timur (Gambar 1). Jakarta Utara terdiri atas 6 kecamatan dan memiliki luas sekitar  $146,7 \text{ km}^2$  (Ramadhanis, 2017). Waktu penelitian yang digunakan yaitu 29 Februari 2024.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### Data Penelitian

Data utama yang digunakan dalam penelitian yaitu data satelit Himawari-9 dari FileZilla berupa data per 10 menit dari Band 1-16 dengan format Zfile dan netCDF selama 1 hari mulai tanggal 28 Februari 2024 pukul 00.00 UTC sampai dengan 29 Februari 2024 pukul 00.00 UTC. Selain itu, data *Global Spectral Model* (GSM) per enam dari FileZilla pada tanggal 28 Februari 2024 digunakan untuk mengaplikasikan *Numerical Weather Prediction* (NWP) pada aplikasi SATAID.

Kemudian data model ECMWF yaitu data reanalisis *ERA5 hourly data on pressure levels* dengan parameter angin u, angin v, dan *specific humidity* pada lapisan 500 hPa, 700 hPa, 850 hPa, dan 925 hPa sebagai data model yang digunakan dalam penelitian. Adapun data observasi yang digunakan yaitu curah hujan harian dari Ogimet pada tanggal 29 Februari 2024 (data curah hujan per 3 jam mulai tanggal 28 Februari 2024 sampai tanggal 29 Februari 2024).






### Alat Penelitian

Beberapa alat penelitian digunakan diantaranya ArcGIS, *The Grid Analysis and Display System* (GrADS), *Software Satellite Animation and Interactive Diagnosis* (SATAID), dan Microsoft Excel. Aplikasi ArcGIS digunakan untuk membuat peta lokasi penelitian. Kemudian GrADS untuk mengamati persebaran awan konvektif dan mengolah data model. SATAID sebagai pengolah data satelit himawari untuk mendeteksi pertumbuhan awan, suhu puncak awan, dan beberapa parameter awan (Ramdani, 2021). Sedangkan Microsoft Excel untuk membuat *time series* data observasi.

### Teknik Pengolahan Data

Data Satelit Himawari-9 diolah menggunakan teknik *Red Green Blue* (RGB) *24-hour microphysics* pada SATAID untuk menampilkan kondisi persebaran awan. Penggunaan RGB *24-hour microphysics* menghasilkan beberapa interpretasi warna dalam mengklasifikasikan jenis awan seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi RGB 24-hour Microphysics

Warna	Interpretasi
	Awan tebal dengan puncak tinggi (CB)
	Awan tebal pada ketinggian menengah
	Awan tebal pada lapisan tinggi
	Debu atau pasir
	Awan rendah

Data Satelit Himawari-8/9 (*Split Windows Algoritm*(SWA)) diolah dengan GrADS untuk menghasilkan keadaan awan konvektif atau *Convective Cloud Overlay* (CCO) menggunakan algoritma ( $SP=BTD[IR1-IR2]$ ) dan ( $S3=BTD[IR1-IR2] < 2$ ). Algoritma SP termasuk metode *split windows* sebagai algoritma pertama dengan S3 sebagai *threshold*. Selanjutnya, algoritma ( $BTD[IR1-IR3]$ ) dengan *threshold* ( $BTD[IR1-IR3] < 3$ ) termasuk dalam metode *Dual Channel Difference* sebagai algoritma kedua. *Atmospheric windows* dan *atmospheric bands* dimanfaatkan dalam kedua algoritma tersebut sebagai dua kanal yang berbeda sifat (Ulhaq & Haryanto, 2022). Kemudian, data dari beberapa kanal band diolah untuk mengamati suhu puncak, kontur, dan pergerakan awan. Selanjutnya, data NWP digunakan untuk mengamati kondisi stabilitas atmosfer di lokasi penelitian dan ketika waktu penelitian.

Selain digunakan untuk menghasilkan kondisi awan konvektif, GrADS juga digunakan untuk mengolah data model ECMWF sehingga menghasilkan pola angin *streamline* dan *Low Level Moisture Transport*. Data observasi dari Ogimet diolah menggunakan Microsoft Excel sehingga menghasilkan *time series* curah hujan. Hasil *time series* tersebut digunakan untuk melengkapi analisis pengolahan data satelit yang dilakukan.

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan hasil olahan data meliputi kondisi awan, curah hujan, persebaran awan konvektif, dan stabilitas atmosfer. Salah satu indeks stabilitas yang umum digunakan yaitu CAPE (Chen & Dai, 2023). CAPE merupakan energi yang dibutuhkan oleh suatu parcel untuk bergerak dari *Level of Free Convection* (LFC) ke *Level of Neutral Buoyancy* (LNB). Nilai CAPE diperoleh melalui penghitungan persamaan berikut.

$$CAPE = -R \int_{LFC}^{LNB} (T_p - T_e) \frac{dp}{p} \quad (1)$$

Keterangan :

- R = Konstanta gas ideal
- T<sub>p</sub> = Suhu parcel udara
- T<sub>e</sub> = Suhu lingkungan
- dp = Beda tekanan

Ambang batas kriteria CAPE menurut (Grieser & Haines, 2020) yaitu :

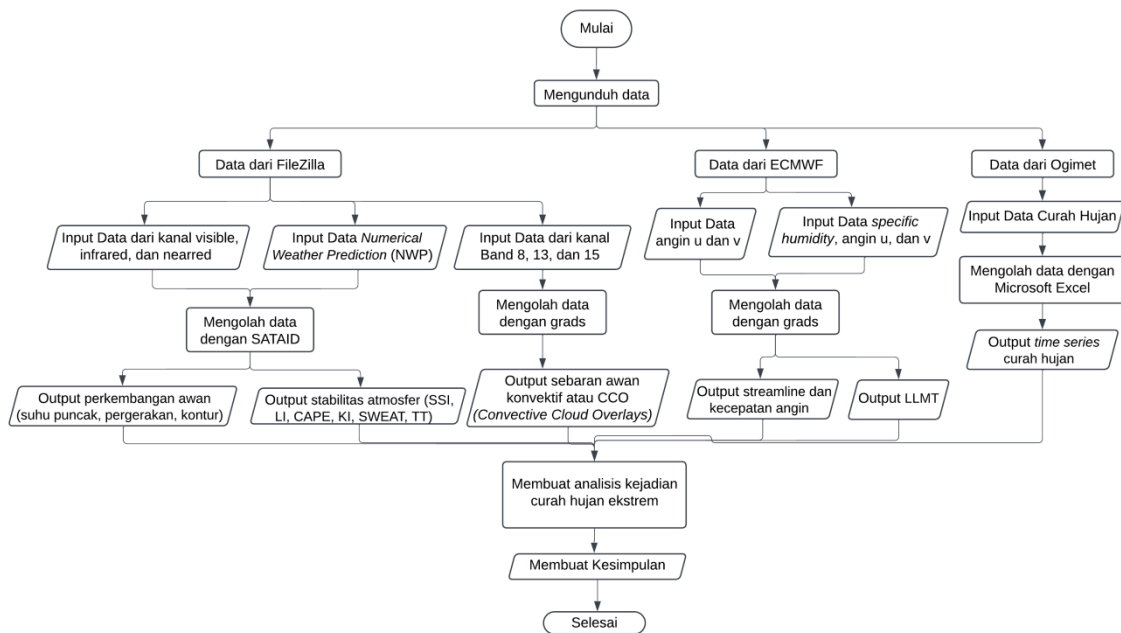
- <1000 = Konvektif lemah
- 1000-2500 = Konvektif sedang
- >2500 = Konvektif sedang

Untuk stabilitas atmosfer, analisis yang dilakukan meliputi *Lifted Index* (LI), *Severe Weather Threat Index* (SWEAT), *Convective Available Potential Energy* (CAPE), *K-Index* (KI), dan *Total Totals Index* (TT). Adapun kriteria indeks stabilitas atmosfer menurut Kusumawardani N., & Azani A. (2022) ditampilkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Kriteria Indeks Stabilitas Atmosfer (Kusumawardani N., & Azani A., 2022)

Indeks	Lemah	Moderate	Kuat
LI Indeks	>-2	-2 s/d -6	<-6
SWEAT	<135	135-239	>239
CAPE	<1000	1000-2500	>2500
K-Indeks	<29	29-37	>37
TT Indeks	<42	42-46	>46

*Flowchart* atau diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar berikut :

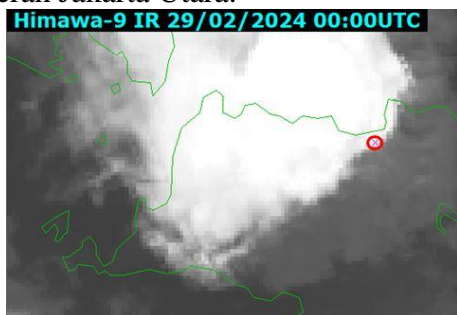


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

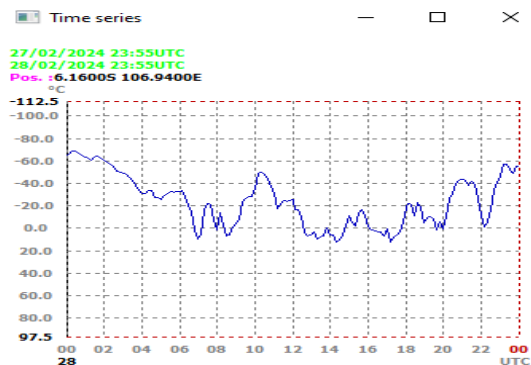
### Analisis Kondisi Atmosfer

Titik penelitian pada waktu penelitian 29 Februari 2024 dan 24 jam sebelumnya (Gambar 3). Lingkaran merah pada Gambar 3 menunjukkan titik dilakukannya perhitungan, sedangkan pada area berwarna kuning menunjukkan daerah Jakarta Utara.



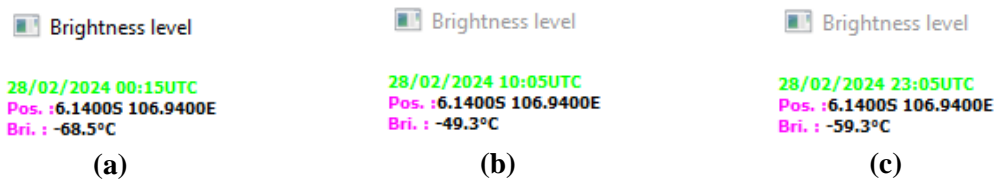
Gambar 3. Titik Pengamatan Kondisi Atmosfer

Melalui titik penelitian pada Gambar 3, grafik *time series* suhu puncak awan dihasilkan (Gambar 4). Grafik tersebut menjelaskan bahwa terjadi peluruhan awan pada rentang waktu 00.00 UTC sampai 06.00 UTC kemudian terjadi dinamika yang tidak stabil (tumbuh luruh / naik turun) pukul 06.00 UTC hingga 20.00 UTC dan awan tumbuh kembali pukul 21 UTC.



Gambar 4. Time Series Suhu Puncak Awan pada 28 Februari 2024

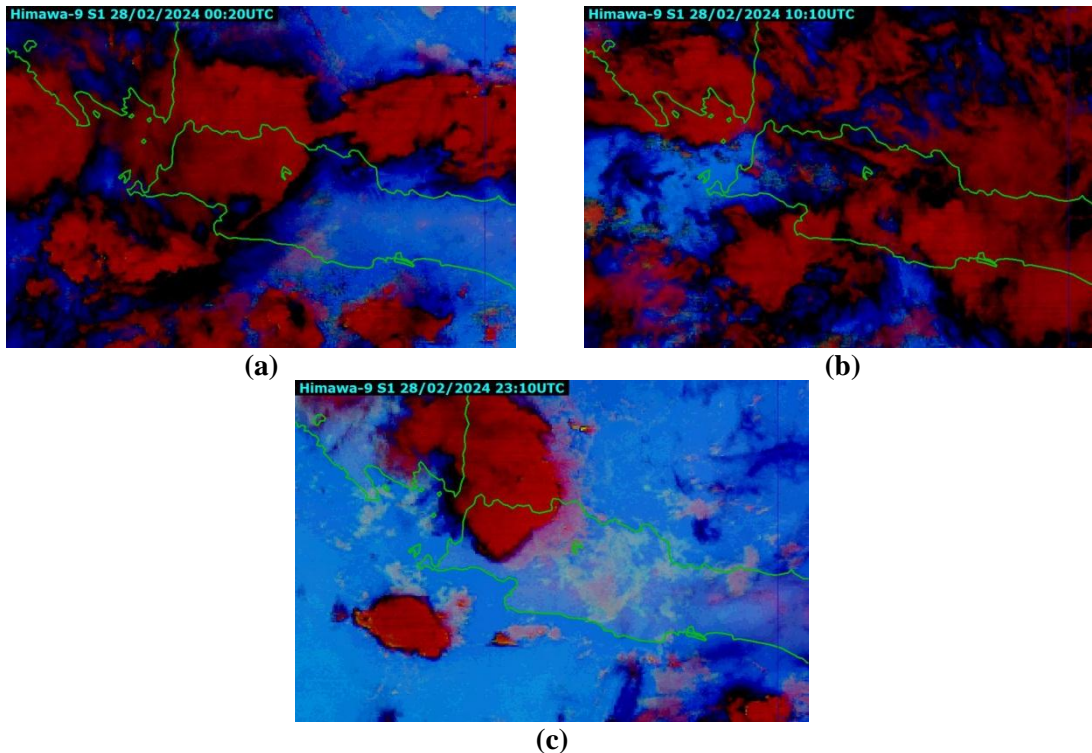
Selanjutnya, terdapat tiga waktu suhu puncak awan signifikan yang digunakan untuk analisis yaitu pada 28 Februari 2024 pukul 00.20 UTC, 10.10 UTC, dan 23.10 UTC (Gambar 5). Suhu yang paling signifikan terjadi pada pukul 00.20 UTC karena waktu tersebut merupakan waktu awal fase meluruhnya awan dan suhu signifikan kedua terjadi pada pukul 23.10 UTC ketika awan mengalami fase pertumbuhan. Fase signifikan ketiga termasuk cukup hangat dengan suhu  $-49,3^{\circ}\text{C}$  pada pukul 10.10 UTC karena kondisi atmosfer yang cenderung stabil pada waktu tersebut.



Gambar 5. Suhu Puncak Awan 28 Februari 2024 pukul (a) 00.20 UTC, (b) 10.10 UTC, (c) 23.10 UTC

Gambar 6 menggunakan metode RGB 24-Hour Microphysics. Pada pukul 00.20 UTC, pada wilayah studi menunjukkan sebaran warna merah mengindikasikan adanya persebaran awan tinggi yang luas dan konvergen (berkumpul) sehingga menunjukkan aktivitas konvektif yang kuat. Begitu pula dengan kondisi ketika pukul 23.10 UTC meskipun sebaran awannya tidak

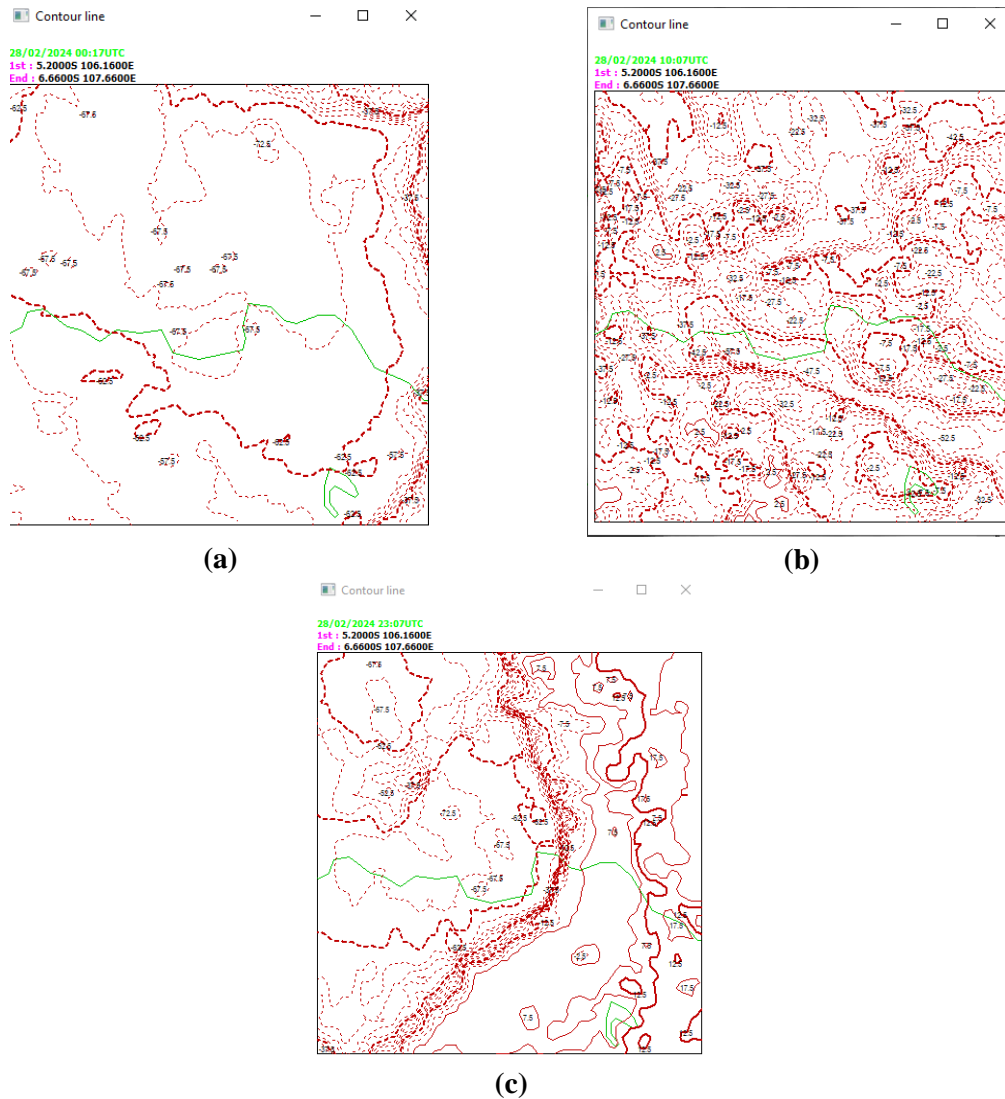
seluas ketika pukul 00.20 UTC. Namun, pada pukul 10.10 UTC, warna merah tidak mendominasi di lokasi studi, melainkan warna merah tersebar di sekitar Jawa Barat dan Lampung atau di luar lokasi studi. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pada pukul 10.10 UTC tidak tersebar awan konvektif di Jakarta Utara.



Gambar 6. Citra satelit dengan konfigurasi RGB 24-hour microphysics pada 28 Februari 2024 pukul (a) 00.20 UTC, (b) 10.10 UTC, (c) 23.10 UTC

Adapun kontur awan ditunjukkan pada ketiga waktu suhu puncak awan signifikan pada gambar 7. Kontur awan tersebut berubah seiring waktu sesuai dengan kondisi atmosfer dimana pada pukul 00.20 (a) dan 23.10 (b) UTC kontur awan cenderung sama

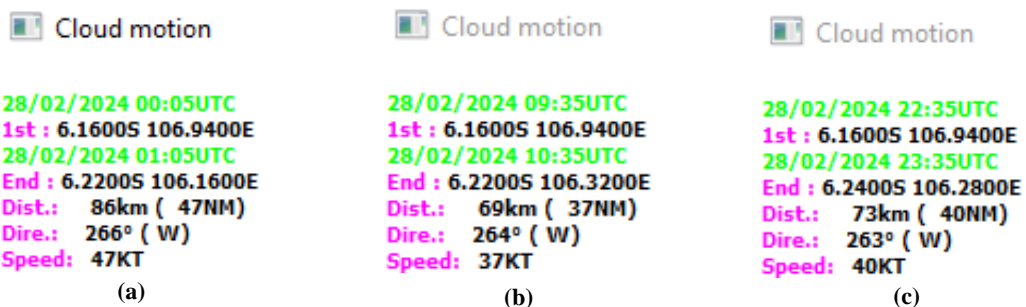
menunjukkan awan berupa satu sel (konvektif), sedangkan pada pukul 10.10 UTC kontur awan berbeda-beda / terpecah-pecah menunjukkan awan yang terbentuk terpisah-pisah / menyebar sehingga kemungkinan minim terjadi hujan.



Gambar 7. Kontur Awan pada 28 Februari 2024 pukul (a) 00.20 UTC, (b) 10.10 UTC, (c) 23.10 UTC

Perubahan kontur awan juga dipengaruhi oleh pergerakan awan yang ditunjukkan pada gambar 8 dimana pergerakan awan selama satu jam diambil tiga waktu ketika terjadi signifikansi suhu

puncak awan. Awan bergerak ke arah barat pada ketiga waktu tersebut dengan sudut sekitar  $260^{\circ}$  dan kecepatan angin sebesar kurang lebih 40 knot.



Gambar 8. Pergerakan Awan pada 28 Februari 2024 pukul (a) 00.10- 01.10 UTC (b) 09.40-10.40 UTC (c) 22.40-23.40 UTC

**Analisis Stabilitas Atmosfer**

Dengan menambahkan data *Global Spectral Model (GSM)*, *Numerical Weather Prediction (NWP)* dapat dianalisis untuk mendapatkan data stabilitas atmosfer yang meliputi *Lifted Index (LI)*, *Severe Weather Threat Index (SWEAT)*, *Convective Available Potential Energy (CAPE)*, *K-Index (KI)*, dan *Total Totals Index (TT)*. Data tersebut ditampilkan dalam Tabel 3 berikut :

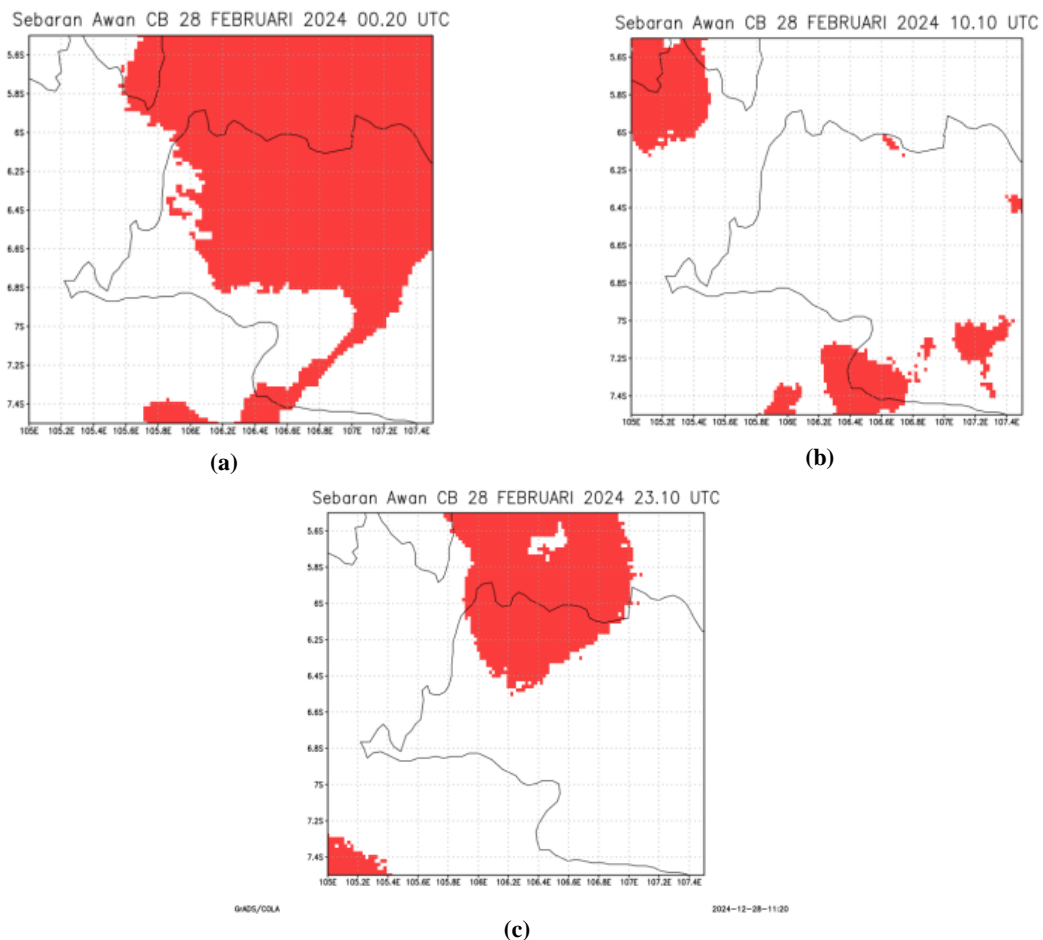
**Tabel 3.** Indeks Stabilitas Atmosfer di Jakarta Utara, 28 Februari 2024

Waktu (UTC)	LI (°C)	SWEAT	CAPE (J/kg)	KI (°C)	TT (°C)
00.20	-2.3	290	479	36.8	42.5
10.10	-2.0	285	447	35.1	41.1
23.10	-1.7	337	491	34.4	40.5

Berdasarkan kriteria pada tabel 2, data pada tabel 3 dapat dianalisis sebagai berikut : nilai LI menunjukkan kondisi ketidakstabilan atmosfer lemah karena bernilai lebih >-2. Kondisi ketidakstabilan atmosfer kuat ditunjukkan pada parameter SWEAT karena bernilai >239. Sama seperti LI, parameter CAPE bernilai <1000 menunjukkan kondisi yang lemah, begitu pula dengan TT indeks yang lemah, bernilai <42 (kecuali pada 00.20 UTC dengan nilai 42.5 berkondisi *moderate*). Kondisi *moderate* ditunjukkan pula oleh indeks KI karena memiliki rentang nilai 29-37 (Kusumawardani N., & Azani A., 2022).

**Analisis Sebaran Awan Konvektif**

*Convective Cloud Overlay (CCO)* atau kondisi awan konvektif terlihat di lokasi penelitian terjadi pada 28 Februari 2024 pukul 00.20 UTC (Gambar 9(a)) dan 23.10 UTC (Gambar 9(c)).



**Gambar 9.** Sebaran Awan Konvektif pada 28 Februari 2024 pada pukul (a) 00.20 UTC, (b) 10.10 UTC, (c) 23.10 UTC



Pada pukul 10.10 UTC tidak terlihat awan konvektif (Gambar 9(b)) dikarenakan suhu puncak awan pada waktu tersebut kurang signifikan (Gambar 5) sehingga kemungkinan hanya terbentuk awan-awan stratiform atau awan yang tidak membawa hujan. Sebaran awan konvektif pada pukul 00.20 UTC menunjukkan kondisi ketika fase meluruh, sedangkan pada pukul 23.10 UTC menunjukkan kondisi ketika fase pertumbuhan.

### Analisis Kecepatan Angin dan Streamline

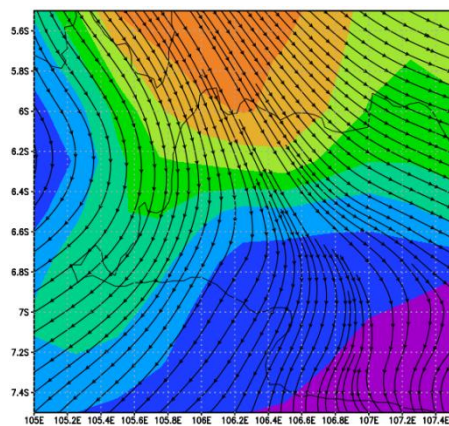
Gambar 10 merepresentasikan arah dan kecepatan angin pada lapisan 925 hPa tanggal 28 Februari 2024 pukul 00.00 UTC, 10.00 UTC, dan 23.00 UTC. Ketiga waktu tersebut diambil berdasarkan waktu sebelum terjadi signifikansi suhu puncak awan pada lokasi studi. Pada ketiga waktu yang diambil, arah angin rata-rata menuju ke Barat Daya dan tidak terlihat adanya konvergensi angin dikarenakan diambil hanya pada satu lapisan saja yaitu lapisan 925 hPa. Namun, terdapat perbedaan kecepatan

angin yang signifikan pada ketiga waktu tersebut. Pukul 23.00 UTC memiliki kecepatan angin paling tinggi yaitu mencapai lebih dari 8 m/s pada bagian barat laut lokasi penelitian. Sedangkan, kecepatan angin terendah terjadi pada pukul 10.00 UTC.

Kecepatan angin yang lebih tinggi memungkinkan transportasi uap air yang lebih banyak dari daerah dengan kelembaban tinggi seperti laut ke daerah angin berhembus sehingga meningkatkan peluang pembentukan awan dan curah hujan (Barde, V., dkk., 2020). Berdasarkan pernyataan tersebut, pada pukul 00.00 UTC dan 23.00 UTC lebih banyak terjadi hujan dibandingkan ketika pukul 10.00 UTC di lokasi studi (Jakarta Utara).

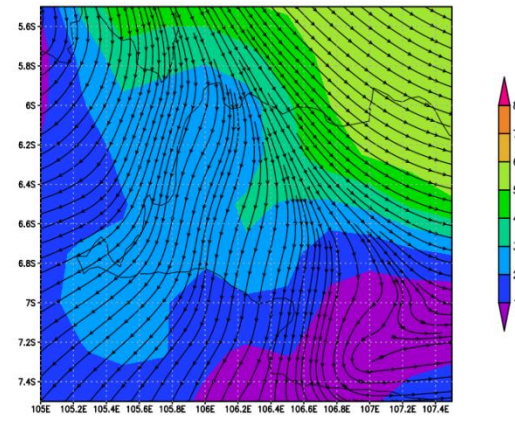
Peta *streamline* tidak menunjukkan arah angin yang sama dengan arah pergerakan awan pada Gambar 8. Hal tersebut menunjukkan bahwa angin pada lapisan 925 hPa tidak mempengaruhi pergerakan awan secara signifikan.

Kecepatan Angin dan Streamline di Jakarta Utara  
28 Februari 2024 00.00 UTC



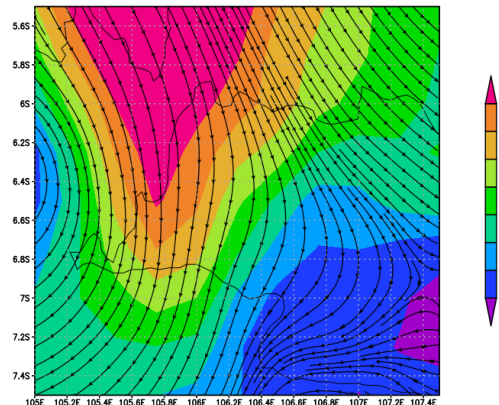
(a)

Kecepatan Angin dan Streamline di Jakarta Utara  
28 Februari 2024 10.00 UTC



(b)

Kecepatan Angin dan Streamline di Jakarta Utara  
28 Februari 2024 23.00 UTC



(c)

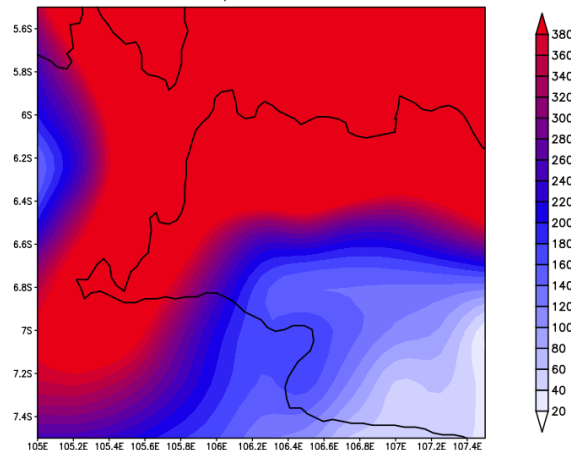
Gambar 10. Kecepatan Angin dan *Streamline* di Jakarta Utara 28 Februari 2024 pada (a) 00.00 UTC, (b) 10.00 UTC, (c) 23.00 UTC. Indikator warna mewakili kecepatan (m/s).

### Analisis *Low Level Moisture Transport* (LLMT)

Pengangkutan uap air di atmosfer dalam menentukan potensi pembentukan awan dan hujan direpresentasikan oleh gambar 11. Gambar 11 menunjukkan kondisi rata-rata harian di lokasi studi

(Jakarta Utara). Terdapat warna merah yang berarti intensitas LLMT besar yaitu mencapai  $380 \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-2}$  bahkan lebih di perairan Laut Jawa. Kondisi ini mengindikasikan terjadi penguatan proses konvektif di atmosfer sehingga banyak terjadi hujan di Jakarta Utara.

Low Level Moisture Transport 925 hPa, 28 Februari 2024

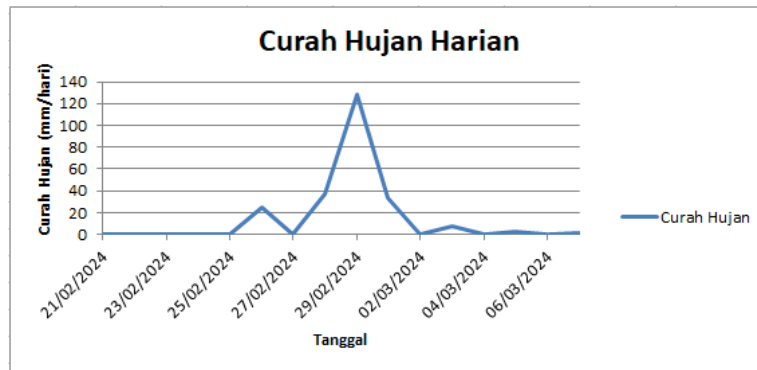


Gambar 11. Peta *Low Level Moisture Transport* (LLMT) ( $\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-2}$ ) harian

### Analisis Curah Hujan

Sejalan dengan informasi dari BMKG bahwa terjadi curah hujan ekstrem pada tanggal 29 Februari 2024, data dari ogimet (Gambar 9) juga menunjukkan terjadi curah hujan ekstrem pada tanggal 29 Februari 2024 dengan

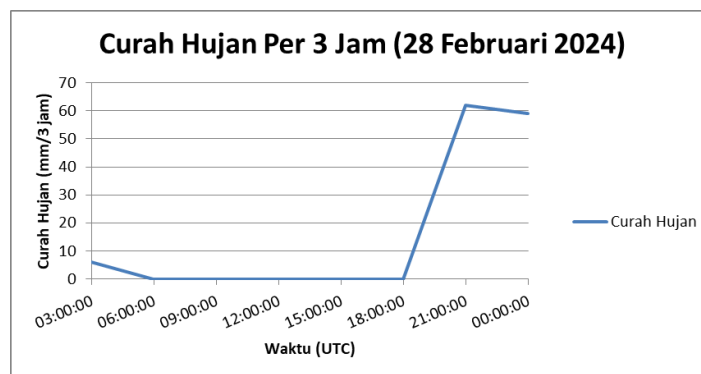
intensitas  $>120 \text{ mm/hari}$ . Sementara satu minggu pra dan pasca tanggal 29 Februari 2024 tidak terjadi curah hujan yang signifikan bahkan tidak terjadi hujan (intensitas curah hujan sebesar  $0 \text{ mm/hari}$ ).



Gambar 9. Time Series Curah Hujan Harian di Jakarta Utara

Curah hujan >120 mm/hari tersebut merupakan data akumulasi satu hari atau 24 jam sebelum tanggal 29 Februari 2024. Oleh karena itu, data 24 jam sebelum tanggal 29 Februari 2024 disajikan dengan rincian data curah hujan tanggal 28 Februari 2024 pukul 03.00 UTC sampai 29 Februari 2024 pukul 00.00 UTC (Gambar 10). Data tersebut merupakan data akumulasi curah hujan

per 3 jam. Pada interval waktu tersebut, curah hujan mulai naik pada 28 Februari 2024 pukul 21.00 UTC dengan intensitas kurang lebih 60 mm per 3 jam. Kondisi ini berhubungan dengan *time series* suhu puncak awan pada gambar 4 bahwa terjadi fase pertumbuhan awan. Dengan adanya data tersebut, dapat diketahui bahwa ketika terjadi pertumbuhan awan juga terjadi kenaikan curah hujan.



Gambar 10. Time Series Curah Hujan Per 3 Jam di Jakarta Utara 28 Februari 2024

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya hubungan antara curah hujan dan kondisi atmosfer berdasarkan analisis citra satelit Himawari-9. Hasil analisis suhu puncak awan menunjukkan nilai paling signifikan sebesar  $-68,5^{\circ}\text{C}$  pada 28 Februari 2024 pukul 00.20 UTC, dengan pergerakan awan ke arah barat pada kecepatan sekitar 40 knot. Stabilitas atmosfer ditinjau melalui berbagai indeks menunjukkan ketidakstabilan yang bervariasi, dengan kondisi lemah pada indeks TT, CAPE, dan LI; kondisi

moderat pada indeks KI; serta kondisi kuat pada indeks SWEAT. Sebaran awan Cumulonimbus (CB) terdeteksi pada fase peluruhan dan pertumbuhan awan. Analisis streamline angin pada lapisan 925 hPa menunjukkan bahwa kecepatan angin yang tinggi berkontribusi pada pembentukan awan dan curah hujan, namun tidak secara signifikan memengaruhi arah pergerakan awan. Peta Low Level Moisture Transport (LLMT) harian mengindikasikan intensitas sebesar  $380 \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-2}$ , yang menandakan adanya penguatan proses konvektif di atmosfer, sehingga meningkatkan potensi

hujan di Jakarta Utara. Data observasi menunjukkan curah hujan signifikan terjadi pada 29 Februari 2024, sebagai hasil akumulasi curah hujan per 3 jam selama 24 jam sejak 28 Februari 2024. Curah hujan tertinggi tercatat pada periode 21.00 UTC hingga 00.00 UTC. Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan satu titik data observasi curah hujan, yang dapat memengaruhi akurasi hasil analisis. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah titik penakar hujan di lokasi penelitian guna meningkatkan validitas dan representasi data yang lebih komprehensif.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis memberikan ucapan terima kasih kepada Civitas Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, khususnya Program Studi Meteorologi atas bantuan secara moral dan material dalam penelitian berikut.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asmita, A., Malago, J. D., & Subaer, S. (2023). Perbandingan Profil Vertikal Divergensi dan Vortisitas Model ECMWF dan Luaran SATAID saat Kejadian Hujan di Mamuju. *Jurnal Fisika Unand*, 12(4), 658–665. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.4.658-666.2023>
- Asmita, A. S. (2022). Pemanfaatan SATAID Untuk Analisis Kondisi Atmosfer Saat Banjir di Kalukku Menggunakan Metode Numerical Weather Prediction. *Jurnal Fisika*, 12(2), 65–75. <https://doi.org/10.15294/jf.v12i2.40136>
- Barde, V., Nageswararao, M. M., Mohanty, U. C., Panda, R. K., & Ramadas, M. (2020). Characteristics of southwest summer monsoon rainfall events over East India. *Theoretical and Applied*

- Climatology*, 141, 1511-1528.
- BMKG. (2024). Analisis kejadian bencana: Hujan ekstrem Jakarta Utara 29 Februari 2024. Diakses dari <https://pikacu.bmkg.go.id/bencana/analisis-preview/11964>.
- Chen, J., & Dai, A. (2023). The Atmosphere Has Become Increasingly Unstable During 1979–2020 Over The Northern Hemisphere. *Geophysical Research Letters*, 50(20). <https://doi.org/10.1029/2023GL106125>.
- Grieser, J., & Haines, P. (2020). Tornado risk climatology in Europe. *Atmosphere*, 11(7), 768.
- Hawari, A.D., Army, C., Yudha, S., & Haryanto, Y. D. (2023). Pemanfaatan Data Radiosonde Dan Satelit Cuaca Himawari-8 Pada Analisis Kejadian Hujan Lebat, 4(1), 19–27.
- Hutagalung, M. O. R. (2022). Analisis Kejadian Hujan Lebat Berdasarkan Kondisi Atmosfer dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus Kab. Bolaang Mongondow Utara, 4 Maret 2020). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 3(2), 33. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v3i2.6995>
- Kurniati, R., Pakpahan, S. L. H., & Mulya, A. (2021). Analisis Kejadian Hujan Lebat Menggunakan Citra Satelit HIMAWARI-8 (Studi Kasus Pulau Bintan, 7 November 2020). *Prosiding Seminar Nasional*, 3(1), 130–141.
- Kusumawardani, N., & Azani, A. A. (2022). Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Kota Bitung:(Studi Kasus Tahun 2020-2021). *Jurnal Widya Climago*, 4(1).
- Ramdani, R. F. (2021). Analisis Kejadian Hujan Lebat dan Banjir Kabupaten Pati Menggunakan Metode Cloud



- Convective Overlays dan Red Green Blue Convective Storms pada Satelit Himawari 8. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3), 150. <https://doi.org/10.56064/jps.v23i3.647>
- Ramadhanis, Z. (2017). *Jurnal Geodesi Undip Juli 2014. A. Pengukuran*, 3(January), 44–55. Retrieved from 10.13140/RG.2.2.15820.10883
- Siban, F. R., Sumarauw, J. S. F., & Supit, C. J. (2023). Analisis Tinggi Muka Air Dan Debit Banjir Sungai Tateli Di Desa Tateli Tiga Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, 21(85).
- Suhadi, S., Mabruroh, F., Wiyanto, A., & Ikra, I. (2023). Analisis Fenomena Perubahan Iklim Terhadap Curah Hujan Ekstrem. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 94–100. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i1.2738>
- Ulhaq, N. D., & Haryanto, Y. D. (2022). Pemanfaatan Data Satelit Cuaca Himawari-8 dan Radiosonde Dalam Analisis Hujan Lebat (Studi Kasus: Cilacap, 13 Januari 2021). *Jurnal Penelitian Sains*, 24(2), 69. <https://doi.org/10.56064/jps.v24i2.671>