

ANALISIS THUNDERSTORM BERDASARKAN NILAI INDEKS LABILITAS ATMOSFER DATA RADIOSONDE DAN CITRA SATELIT HIMAWARI-8 PADA KEJADIAN HUJAN LEBAT DAN BANJIR DI JAKARTA

Juan Idhar Jannata
Muhammad Yusuf Fathoni
Yosafat Donni Haryanto

Program Studi Meteorologi, STMKG
Program Studi Meteorologi, STMKG
Program Studi Meteorologi, STMKG

juanidhar@gmail.com
myfathoni2015@gmail.com
yosafatdonni@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan curah hujan yang tinggi, sehingga sering terjadi fenomena thunderstorm. Fenomena ini dapat menyebabkan hujan lebat, angin kencang, dan sambaran petir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi atmosfer yang mendukung terjadinya thunderstorm pada kejadian hujan lebat dan banjir di Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data radiosonde dan citra satelit Himawari-8. Data radiosonde digunakan untuk memperoleh nilai indeks stabilitas atmosfer, sedangkan data citra satelit Himawari-8 digunakan untuk memperoleh informasi tentang suhu puncak awan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi atmosfer pada saat kejadian hujan lebat dan banjir di Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023 bersifat labil. Hal ini ditunjukkan oleh nilai indeks stabilitas atmosfer yang tinggi, yaitu T-Indeks sebesar 42.90, K-Indeks sebesar 38,4 dan SWEAT-Indeks sebesar 273.82. Suhu puncak awan pada saat itu juga rendah, yaitu $-79,0^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa kondisi atmosfer yang labil dan suhu puncak awan yang rendah merupakan faktor yang mendukung terjadinya thunderstorm pada kejadian hujan lebat dan banjir di Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023.

Kata kunci: thunderstorm, T-Indek, K-Indeks, SWEAT Indeks, Himawari-8

Abstract

Indonesia is a country with high rainfall, so thunderstorms are common. This phenomenon can cause heavy rain, strong winds, and lightning strikes. This study aims to analyze the atmospheric conditions that support the occurrence of thunderstorms in heavy rain and flooding events in Jakarta on February 24, 2023. The data used in this study are radiosonde data and Himawari-8 satellite images. Radiosonde data is used to obtain the value of the atmospheric stability index, while Himawari-8 satellite image data is used to obtain information about cloud top temperature. The results of the analysis show that atmospheric conditions at the time of heavy rain and flooding in Jakarta on February 24, 2023 were unstable. This is indicated by high atmospheric stability index values, namely T-Index of 42.90, K-Index of 38.4, and SWEAT-Index of 273.82. The cloud top temperature at the time was also low, at -79.0°C . Based on the results of this analysis, it can be concluded that unstable atmospheric conditions and low cloud top temperatures are factors that support the occurrence of thunderstorms in heavy rain and flooding events in Jakarta on February 24, 2023.

Keywords: thunderstorm, T-Indek, K-Indeks, SWEAT Indeks, Himawari-8

PENDAHULUAN

Salah satu elemen penting dalam kehidupan sehari-hari yang memengaruhi aktivitas manusia dan lingkungan sekitarnya secara langsung adalah cuaca. Suhu udara, tekanan udara, kelembaban, angin, dan presipitasi adalah beberapa kondisi atmosfer yang membentuk fenomena cuaca. Cuaca menciptakan iklim di berbagai tempat di seluruh dunia dengan membentuk pola dan sistem yang kompleks pada skala besar. Dalam banyak industri, seperti transportasi, energi, pertanian, dan kegiatan luar ruangan, memahami cuaca menjadi penting. Cuaca merupakan suatu kejadian atmosfer yang mempengaruhi kehidupan manusia, sehingga manusia akan selalu berusaha untuk menyesuaikan diri terhadap kondisi cuaca yang terjadi. Salah satu unsur cuaca yang mempengaruhi kehidupan manusia ialah curah hujan. Curah hujan yang dianggap mengganggu kehidupan manusia adalah curah hujan yang memiliki intensitas tinggi karena pada daerah tertentu dapat menimbulkan banjir. Akan tetapi curah hujan yang memiliki intensitas tinggi dapat membuat bencana yang berbahaya dan tidak diinginkan seperti halnya karena hujan yang deras di wilayah pegunungan dapat membuat tanah longsor kemudian yang di kota dapat menimbulkan banjir hal ini dapat mengganggu aktivitas manusia dan merugikan wilayah tersebut.

Indeks Labilitas Atmosfer (ILA) merupakan suatu parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat perubahan atau ketidakstabilan atmosfer dalam jangka waktu tertentu. Indeks ini menjadi kunci dalam pemahaman dinamika atmosfer dan perubahan cuaca yang dapat mempengaruhi lingkungan hidup dan aktivitas manusia. Cuaca ekstrem, seperti hujan lebat yang sering disertai badai petir, menjadi tantangan signifikan dalam pengelolaan risiko bencana dan keberlanjutan perkotaan. Analisis mendalam terhadap thunderstorm, atau badai petir, menjadi kunci untuk memahami dinamika atmosfer yang dapat memicu kejadian hujan lebat. Salah satu parameter penting dalam analisis ini adalah Indeks Labilitas Atmosfer.

Dalam menganalisa suatu cuaca maupun iklim digunakan suatu cara yaitu menggunakan citra satelit. Citra satelit ini sangat berguna dalam hal prakiraan cuaca dan analisis dampaknya. Dengan memberikan data visual tentang kondisi atmosfer di berbagai wilayah, citra satelit memainkan peran penting dalam prakiraan cuaca modern. Ini karena citra satelit memberikan informasi tentang awan, pola awan, cuaca, dan kondisi atmosfer secara real-time, yang sangat berharga dalam memahami dan meramalkan perubahan cuaca. Selain itu, citra satelit memberikan informasi tentang temperatur, kelembaban, dan komposisi kimia lapisan atmosfer tertentu, yang membantu memahami kondisi atmosfer. Pemantauan citra satelit dapat membantu dalam memberikan peringatan dini terhadap cuaca ekstrim seperti badai petir, angin kencang, atau banjir, yang memungkinkan orang dan pemerintah mengambil tindakan pencegahan.

Letak geografis Benua Maritim Indonesia yang terletak di Ekuator dan diapit oleh 2 lautan besar yaitu, Samudra Pasifik dan Samudra Hindia memberikan dampak terhadap dinamika cuaca di Indonesia. Hal ini menyebabkan wilayah Indonesia dilalui oleh Angin Monsunal yang terjadi secara periodik, pada masa bulan Desember, Januari, dan Februari merupakan fase puncak berhembusnya angin Monsun Asia (Susilokarti et al, 2015). Indonesia merupakan negara dengan curah hujan yang tinggi, sehingga sering terjadi fenomena thunderstorm. Fenomena ini dapat menyebabkan hujan lebat, angin kencang, dan sambaran petir. Thunderstorm dapat terjadi di berbagai wilayah di Indonesia, termasuk di Jakarta. Pada tanggal 24 Februari 2023, terjadi hujan lebat dan banjir di Jakarta. Hujan lebat yang terjadi menyebabkan debit air sungai meningkat dan meluap, sehingga menyebabkan banjir di beberapa wilayah di Jakarta. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi atmosfer yang mendukung terjadinya thunderstorm pada kejadian hujan lebat dan banjir di Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023. Data yang diperoleh dari observasi di ketinggian berguna dalam analisis meteorologi. Pengamatan di ketinggian biasanya dilakukan dengan menggunakan instrumen yang disebut radiosonde. Radiosonde adalah suatu alat yang dibawa oleh balon melewati atmosfer, dilengkapi dengan alat pengukur Suhu Potensial, dan dilengkapi dengan pemancar radio untuk mengirimkan informasi ke stasiun pengamat (Fibriantika, E., 2019).

Pengamatan udara dengan radiosonde merupakan salah satu isu terpenting dalam menghasilkan informasi cuaca yang akurat, khususnya di BMKG. Sementara itu, tidak semua stasiun cuaca BMKG melakukan pengamatan udara atas dengan muatan balon atmosfer, sehingga mempengaruhi tingkat kepadatan data dan mempengaruhi analisis cuaca yang dihasilkan. Jika gradien suhu atau ketidakstabilan atmosfer yang signifikan ditunjukkan oleh radiosonde dapat menunjukkan kemungkinan konveksi intensif yang menyebabkan hujan lebat, yang dapat membantu menjelaskan kondisi atmosfer yang mendukung pembentukan dan perkembangan awan hujan lebat. Analisis hujan lebat sering melibatkan data tentang pengukuran curah hujan, durasi hujan, dan lokasi spasial hujan lebat. Bersama-sama, data ini dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang dinamika atmosfer di sekitar kejadian hujan lebat.

METODE

Penelitian ini berfokus pada wilayah DKI Jakarta, yang memiliki Letak Astronomis secara DMS (detik, Menit, Sekon) terletak diantara $5^{\circ}19' 12''$ - $6^{\circ}23' 54''$ Lintang Selatan (LS) dan $106^{\circ}22' 42''$ - $106^{\circ}58' 18''$ Bujur Timur (BT). Informasi koordinat ini mencakup area penelitian yang terletak di sekitar dan antara garis lintang $5^{\circ}19' 12''$ hingga $6^{\circ}23' 54''$ selatan, serta garis bujur $106^{\circ}22' 42''$ hingga $106^{\circ}58' 18''$ timur. Gambar 1 menunjukkan lokasi penelitian secara grafis pada peta, memberikan gambaran visual yang memperjelas letak geografis penelitian di DKI Jakarta.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data radiosonde dan citra satelit Himawari-8. Data radiosonde digunakan untuk memperoleh nilai indeks stabilitas atmosfer, sedangkan data citra satelit Himawari-8 digunakan untuk memperoleh informasi tentang suhu puncak awan. Data radiosonde diperoleh dari laman web Wyoming <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.com>. Data citra satelit Himawari-8 diperoleh dari laman web Japan Meteorological Agency. Analisis data dilakukan secara deskriptif. Nilai indeks stabilitas atmosfer dianalisis untuk mengetahui kondisi atmosfer yang mendukung terjadinya thunderstorm. Suhu puncak awan dianalisis untuk mengetahui potensi terjadinya thunderstorm.

Tabel 1. Data dan Output Data

No.	Data	Output	Keterangan
1	Radiosonde	Upper Air Data, Stability Index	[√] tersedia
2	Satellite Himawari-8	Cloud Reflectivity, Cloud Contour, Infrared Timeseries, Stability Index	[√] tersedia

Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan dalam kajian ini menggunakan pendekatan visualisasi data dan analisis secara deskriptif. Untuk memvisualisasikan data atmosfer, penelitian ini memanfaatkan sumber informasi dari web Wyoming Upper Air dan memanfaatkan aplikasi SATAID. Pada web Wyoming Upper Air, data atmosfer yang terfokus pada pengukuran suhu, tekanan udara, kelembaban, arah serta kecepatan angin pada berbagai tingkat ketinggian, streamline, vertical velocity, nilai kelembaban relatif, nilai CAPE, dan CIN dapat diakses.

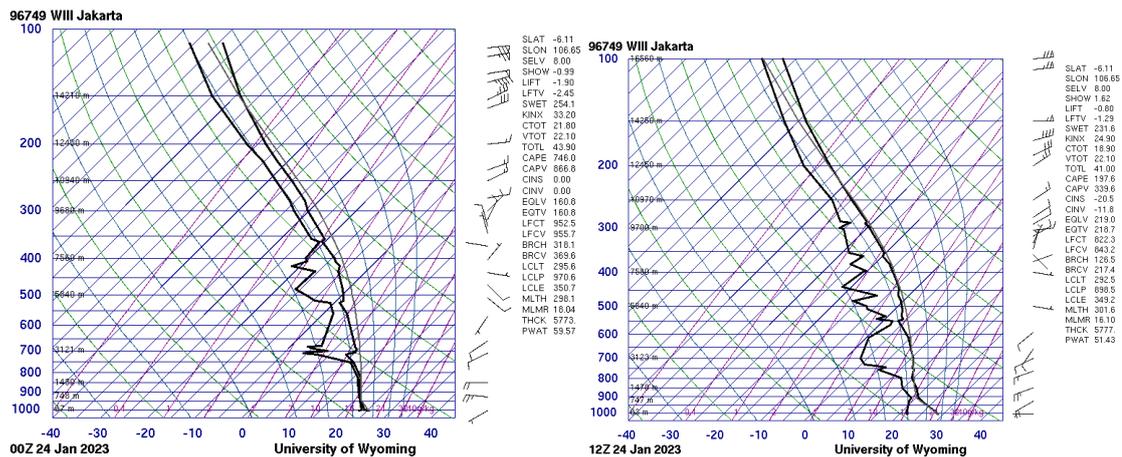
Proses visualisasi data ini memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi atmosfer di lapisan atas atmosfer. Selanjutnya, data yang telah diakses dari web Wyoming tersebut dianalisis dan diinterpretasikan dengan menggunakan metode analisis secara deskriptif. Selain itu, dalam upaya memproses data citra satelit Himawari-8 Kanal Infrared (Band-13), digunakan aplikasi SATAID sebagai platform pengolah data satelit berbasis data Band Satelit. Aplikasi SATAID diimplementasikan untuk menganalisis pertumbuhan awan konvektif dengan memantau suhu puncak awan secara time series dan menyajikan visualisasi dari penampang kontur awan, memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman pola pertumbuhan awan konvektif dalam waktu tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Data Sounding dan Indeks Stabilitas

Tabel 2. Station information and sounding indices

Station identifier: WIII	Station identifier: WIII
Station number: 96749	Station number: 96749
Observation time: 230224/0000	Observation time: 230224/1200
Station latitude: -6.11	Station latitude: -6.11
Station longitude: 106.65	Station longitude: 106.65
Station elevation: 8.0	Station elevation: 8.0
Showalter index: -0.40	Showalter index: -0.94
Lifted index: -2.00	Lifted index: -3.64
LIFT computed using virtual temperature: -2.15	LIFT computed using virtual temperature: -4.06
SWEAT index: 273.82	SWEAT index: 257.20
K index: 38.40	K index: 37.90
Cross totals index: 21.40	Cross totals index: 21.30
Vertical totals index: 21.50	Vertical totals index: 23.10
Totals totals index: 42.90	Totals totals index: 44.40
Convective Available Potential Energy: 1190.61	Convective Available Potential Energy: 1838.60
CAPE using virtual temperature: 1254.64	CAPE using virtual temperature: 1979.77
Convective Inhibition: -0.06	Convective Inhibition: -12.50
CINS using virtual temperature: -0.01	CINS using virtual temperature: -7.74
Equilibrium Level: 133.72	Equilibrium Level: 119.75
Equilibrium Level using virtual temperature: 133.63	Equilibrium Level using virtual temperature: 119.67
Level of Free Convection: 946.01	Level of Free Convection: 884.06
LFCT using virtual temperature: 950.30	LFCT using virtual temperature: 902.33
Bulk Richardson Number: 57.60	Bulk Richardson Number: 79.46
Bulk Richardson Number using CAPV: 60.70	Bulk Richardson Number using CAPV: 85.56
Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 296.00	Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 295.80
Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 975.45	Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 944.78
Equivalent potential temp [K] of the LCL: 351.59	Equivalent potential temp [K] of the LCL: 355.85
Mean mixed layer potential temperature: 298.12	Mean mixed layer potential temperature: 300.66
Mean mixed layer mixing ratio: 18.35	Mean mixed layer mixing ratio: 18.74
1000 hPa to 500 hPa thickness: 5776.00	1000 hPa to 500 hPa thickness: 5785.00
Precipitable water [mm] for entire sounding: 68.37	Precipitable water [mm] for entire sounding: 63.97

Skew-T



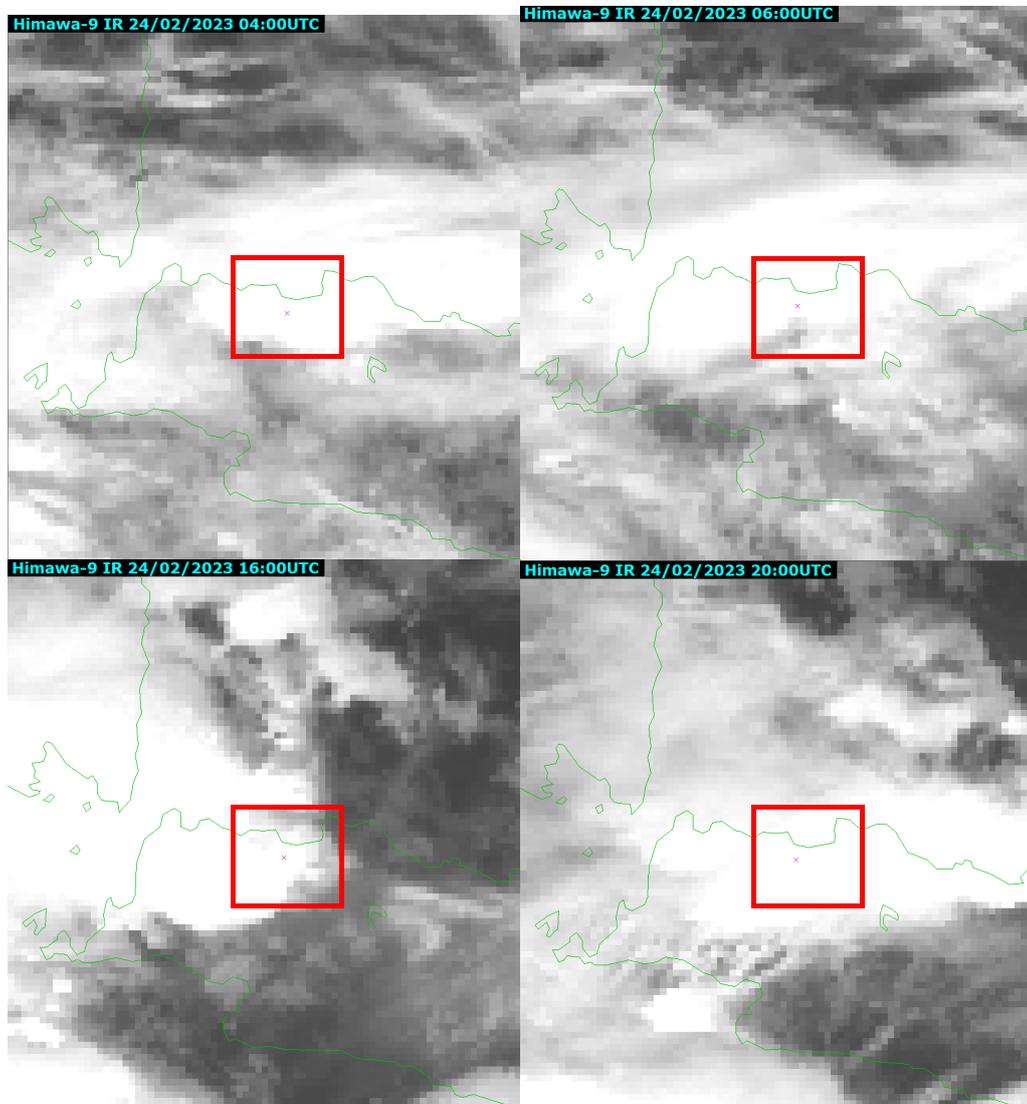
Gambar 2. Skew-T Data Radiosonde

Hasil nilai upper air yang diperoleh melalui data radiosonde di Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta memberikan gambaran mengenai kondisi atmosfer saat terjadi hujan lebat dan banjir di Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023. Analisis menunjukkan bahwa kondisi atmosfer pada waktu tersebut bersifat labil, yang secara khusus tercermin dalam nilai indeks stabilitas atmosfer yang tinggi.

Dalam konteks ini, nilai T-Indeks mencapai rentang antara 42,90 hingga 44,40, sedangkan K-Indeks berkisar antara 38,40 hingga 37,90. Selain itu, SWEAT-Indeks juga mencapai rentang yang signifikan, yakni antara 273,82 hingga 257,20. Kedua indeks tersebut, T-Indeks, K-Indeks dan SWEAT-Indeks, secara kolektif mencerminkan tingkat ketidakstabilan atmosfer yang dapat menjadi faktor pendorong untuk terjadinya kondisi cuaca ekstrem,

seperti hujan lebat dan banjir. Hasil ini memberikan pemahaman lebih mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian cuaca ekstrem pada tanggal 24 Februari 2023 di Jakarta, dengan nilai indeks stabilitas atmosfer yang tinggi menjadi indikator utama dalam menganalisis dan merinci kondisi atmosfer pada waktu tersebut.

Citra Satelit Himawari Kanal Infrared

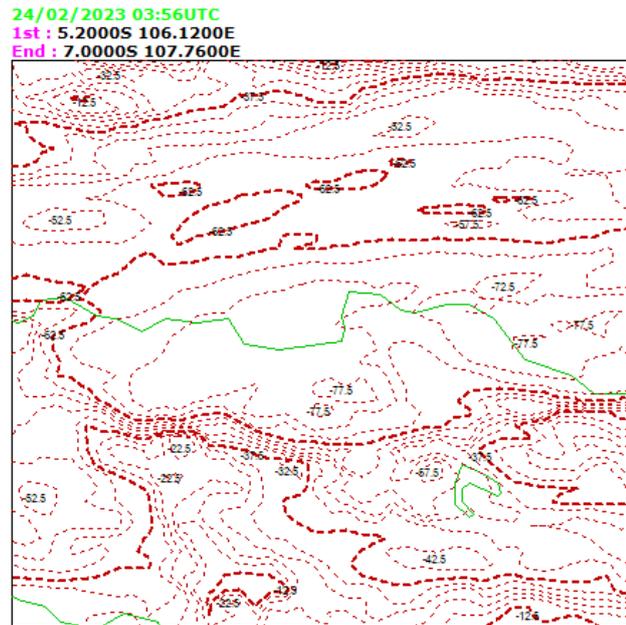


Gambar 3. Citra Satelit Himawari

Berdasarkan gambar 3 yang merupakan hasil citra satelit Himawari dapat kita lihat bahwa pada pukul 07.00 UTC pada daerah DKI Jakarta terlihat dari kanal infrared bahwa tutupan menutupi wilayah Jakarta dan Bekasi. Kemudian, pada jam 06.00 UTC jumlah sebaran makin meningkat meluas sampai ke wilayah Banten dan tutupan awan yang tadinya di Bekasi mulai berkurang dan hanya sebagian wilayahnya yang tertutup awan, sebaran awan ini berasal dari Laut Utara Jawa yang bergerak ke arah Barat. Berikutnya, pada Jam 16.00 UTC sampai pukul 20.00 UTC sejumlah awan mulai meningkat menyelimuti Depok, Bekasi, Karawang, dan sekitarnya.

Nilai indeks stabilitas atmosfer yang tinggi mengindikasikan bahwa terdapat potensi terjadinya konveksi atmosfer. Konveksi atmosfer merupakan proses pengaliran energi dari permukaan bumi ke atmosfer melalui proses pemanasan. Proses pemanasan ini dapat terjadi karena adanya radiasi matahari, gesekan angin, atau aktivitas gunung berapi. Suhu puncak awan pada saat itu juga rendah, yaitu $-79,0^{\circ}\text{C}$. Suhu puncak awan yang rendah mengindikasikan bahwa terdapat potensi terjadinya thunderstorm. Suhu puncak awan yang rendah dapat terjadi karena adanya proses pendinginan awan oleh arus udara dingin. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa kondisi atmosfer yang labil dan suhu puncak awan yang rendah merupakan faktor yang mendukung terjadinya thunderstorm pada kejadian hujan lebat dan banjir di Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023.

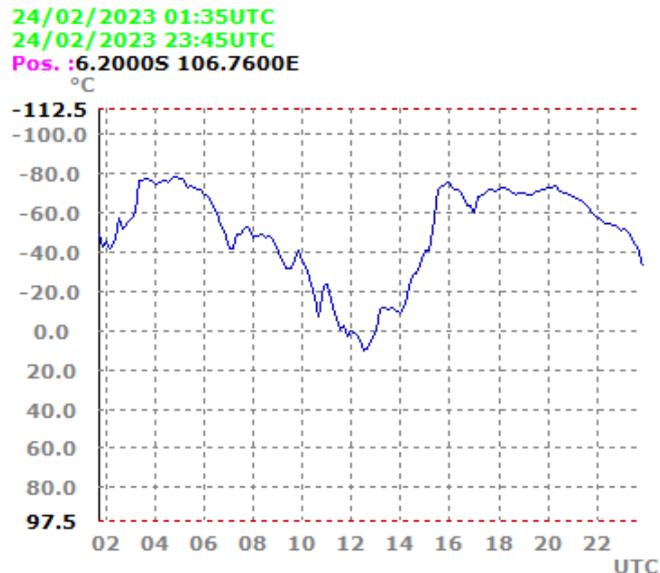
Pola Kontur Awan



Gambar 4. Pola Kontur Awan

Pada gambar pola kontur awan saat jam 03.56 UTC dapat dilihat ada 5 Sel Awan Cumulonimbus. Ketika kita lihat pada peta pola kontur awan terdapat dua sel awan yang berada di daerah Jakarta Timur dan Jakarta Selatan dua sel awan cumulonimbus ini mempunyai nilai suhu puncak awan -77.5°C . Kemudian tiga sel awan cumulonimbus berada di utara laut jawa mempunyai suhu puncak awan yaitu -72.5°C , -77.5°C , dan -77.5°C . Berdasarkan data pola kontur awan hal ini mengakibatkan awan cumulonimbus menghasilkan hujan cukup lebat di daerah Jakarta Selatan, Jakarta Timur, Bekasi, Jakarta Utara, dan daerah sekitarnya.

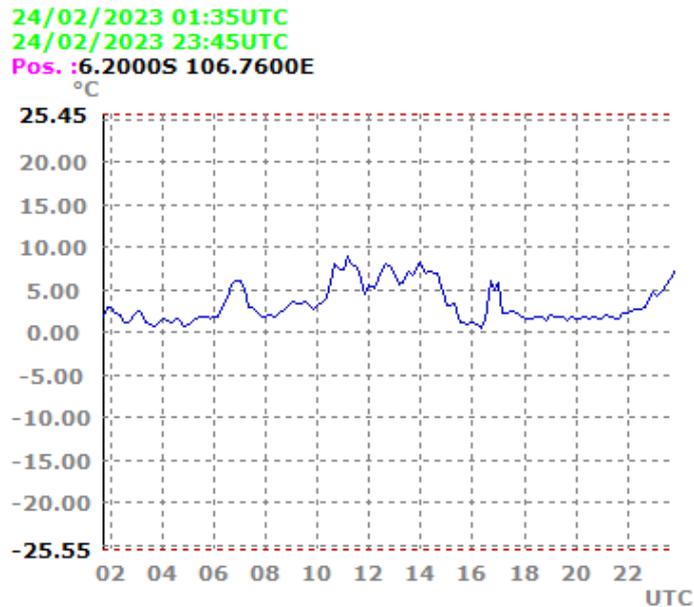
Time Series IR, IR 1 - IR 2 (S1), IR - WV (S3)



Gambar 5. Grafik perkembangan awan Cumulonimbus citra satelit Infrared

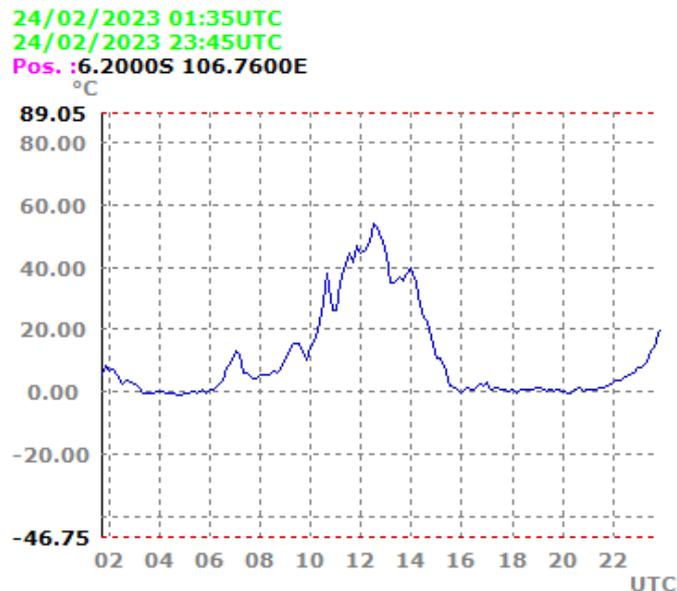
Grafik pada gambar diatas merupakan grafik fase perkembangan Awan Cumulonimbus yang ada di kota DKI Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023. Berdasarkan grafik tersebut, dapat kita lihat bahwa pada jam 02.00 UTC suhu puncak awan sudah berada di nilai -45°C yang menandakan bahwa sel awan ini merupakan sel awan konvektif yang mempunyai jenis cumulus yang akan tumbuh menjadi Awan Cumulonimbus. Pada jam 03.00 sampai 04.00 UTC suhu puncak awan sudah melewati -70°C yang merupakan fase puncak perkembangan, yang menandakan terbentuknya Sel Awan Cumulonimbus.

Fase peluruhan Awan Cumulonimbus terjadi setelah jam 06.00 UTC ditandai dengan grafik yang menurun pada suhu puncak awan secara drastis hingga suhunya mencapai 10 °C pukul 12.00 UTC yang menandakan hujan sangat deras karena kenaikan suhu yang drastis di DKI Jakarta. Kemudian pada pukul 13.00 UTC sampai pukul 16 UTC suhu mulai menurun yang menandakan akan terbentuknya sel awan konvektif jenis cumulus yang akan berkembang menjadi Awan Cumulonimbus. Kemudian pada pukul 18.00 UTC sampai pukul 20.00 UTC merupakan puncak fase perkembangan awan Cumulonimbus dan setelah pukul 20.00 UTC terjadi peluruhan yang mengakibatkan hujan.



Gambar 6. Grafik perkembangan awan Cumulonimbus citra satelit S1

Grafik pada gambar diatas merupakan perkembangan waktu dari Awan Cumulonimbus pada tanggal 24 Februari 2024 yang diolah menggunakan data infrared 1 dikurangi infrared 2. Berdasarkan grafik diatas kita dapat menganalisis kapan terjadinya awan Cumulonimbus dengan melihat bahwa grafik yang kurang atau sama dengan 2°C maka kemungkinan pada waktu itu terdapat awan Cumulonimbus yang bisa menyebabkan hujan. Pada grafik diatas terlihat bahwa pada pukul 02.00 UTC sampai dengan 06.00 UTC terdapat awan Cumulonimbus karena suhunya dibawah 2°C dan waktu tersebut terjadi hujan.. Kemudian pada pukul 17.00 UTC sampai dengan 23.00 UTC terdapat awan Cumulonimbus karena suhunya dibawah 2°C dan waktu tersebut terjadi hujan. Hal ini juga membuktikan adanya kemungkinan hujan lebat yang terjadi pada tanggal 24 Februari 2023.



Gambar 7. Grafik perkembangan awan Cumulonimbus citra satelit S3

Grafik pada gambar diatas merupakan perkembangan waktu dari Awan Cumulonimbus pada tanggal 24 Februari 2024 yang diolah menggunakan data infrared 1 dikurangi Water Vapour. Berdasarkan grafik diatas kita dapat menganalisis kapan terjadinya awan Cumulonimbus dengan melihat bahwa grafik yang nilainya kurang atau sama dengan 3°C maka kemungkinan pada waktu itu terdapat awan Cumulonimbus yang bisa menyebabkan hujan. Pada grafik diatas terlihat bahwa pada pukul 03.00 UTC sampai dengan 06.00 UTC terdapat awan Cumulonimbus karena suhunya dibawah 3°C dan waktu tersebut terjadi hujan. Kemudian pada pukul 16.00 UTC sampai dengan 23.00 UTC terdapat awan Cumulonimbus karena suhunya dibawah 3°C dan waktu tersebut terjadi hujan. Hal ini juga membuktikan adanya kemungkinan hujan lebat yang terjadi pada tanggal 24 Februari 2023.

Stabilitas Atmosfer Berdasarkan Satelit Himawari-8

<p>24/02/2023 01:35UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : 0.999</p> <p>SSI : 1.0 (°C) LI : -1.8 (°C) KI : 35.0 (°C) TT : 41.9 (°C) SWEAT: 266 CAPE : 302 (J/kg) CIN : 13 (J/kg)</p>	<p>24/02/2023 02:55UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : -65.0°C (163hPa) (45115ft)</p> <p>SSI : 1.1 (°C) LI : -2.0 (°C) KI : 34.7 (°C) TT : 41.8 (°C) SWEAT: 264 CAPE : 418 (J/kg) CIN : 10 (J/kg)</p>	<p>24/02/2023 05:55UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : -67.8°C (153hPa) (46335ft)</p> <p>SSI : 1.8 (°C) LI : -2.2 (°C) KI : 33.7 (°C) TT : 41.0 (°C) SWEAT: 255 CAPE : 473 (J/kg) CIN : 8 (J/kg)</p>
<p>24/02/2023 08:55UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : -41.5°C (245hPa) (36490ft)</p> <p>SSI : 1.5 (°C) LI : -2.2 (°C) KI : 33.2 (°C) TT : 41.4 (°C) SWEAT: 247 CAPE : 490 (J/kg) CIN : 14 (J/kg)</p>	<p>24/02/2023 11:55UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : 1.9°C (590hPa) (15250ft)</p> <p>SSI : 1.4 (°C) LI : -2.3 (°C) KI : 33.5 (°C) TT : 41.7 (°C) SWEAT: 236 CAPE : 442 (J/kg) CIN : 18 (J/kg)</p>	<p>24/02/2023 14:55UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : -27.3°C (315hPa) (30789ft)</p> <p>SSI : 1.2 (°C) LI : -2.5 (°C) KI : 33.5 (°C) TT : 42.1 (°C) SWEAT: 221 CAPE : 449 (J/kg) CIN : 15 (J/kg)</p>
<p>24/02/2023 17:55UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : -72.0°C (137hPa) (48621ft)</p> <p>SSI : 1.3 (°C) LI : -2.4 (°C) KI : 33.1 (°C) TT : 42.0 (°C) SWEAT: 209 CAPE : 406 (J/kg) CIN : 11 (J/kg)</p>	<p>24/02/2023 20:55UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : -68.6°C (151hPa) (46509ft)</p> <p>SSI : 1.2 (°C) LI : -1.8 (°C) KI : 33.6 (°C) TT : 42.1 (°C) SWEAT: 211 CAPE : 203 (J/kg) CIN : 23 (J/kg)</p>	<p>24/02/2023 23:45UTC Pos. :6.1600S 106.8400E Bri. : -36.2°C (271hPa) (34218ft)</p> <p>SSI : 1.2 (°C) LI : -1.6 (°C) KI : 34.0 (°C) TT : 42.1 (°C) SWEAT: 215 CAPE : 114 (J/kg) CIN : 33 (J/kg)</p>

Tabel 3. Nilai Indeks Stabilitas Atmosfer

Indeks	Lemah	Moderate	Kuat
TT Indeks	<42	42 - 46	>46
K Indeks	<29	29 - 37	>37
SWEAT	<135	135 - 239	>239
CAPE	<1000	1000 - 2500	>2500
LI Indeks	> -2	-2 s/d -6	< -6
Showalter Indeks	>4	4 s/d -4	< -4

Sumber : Wirjohamidjojo dan Swarinoto (2014), Prasetyo dkk. (2020), dan Fibriantika dan Mayangwulan (2020))

Berdasarkan data stabilitas atmosfer yang diambil dari jam 01.35 UTC sampai pukul 23.45 UTC dapat kita lihat bahwa SSI menunjukkan kisaran SSI 1.0°C sampai 1,8°C hal ini menunjukkan bahwa pada saat itu memungkinkan terjadinya shower. Kemudian jika kita lihat dari nilai lifted index (LI) menunjukkan bahwa data dari pukul jam 01.35 UTC sampai pukul 23.45 UTC mempunyai kisaran nilai -2,2°C sampai (-1,6°C) hal ini menunjukkan pada hari itu stabilitas atmosfernya dalam kategori lemah. Kemudian jika kita lihat dari nilai K Index (KI) dari jam 01.35 UTC sampai pukul 23.45 UTC mempunyai kisaran nilai yaitu 33.1°C sampai 35.0°C yang menunjukkan bahwa stabilitas atmosfernya dalam kategori menengah t.

Jika kita lihat dari nilai Total Index (TT) dari jam 01.35 UTC sampai pukul 23.45 UTC dapat kita lihat bahwa data tersebut mempunyai kisaran nilai yaitu 41.0°C sampai 42,1°C menunjukkan bahwa stabilitas atmosfernya dalam kategori menengah .Kemudian jika kita lihat dari nilai Severe weather Threat Index (SWEAT) dari jam 01.35 UTC sampai pukul 11.55 UTC dapat kita lihat bahwa data tersebut mempunyai kisaran nilai yaitu 236 sampai 266 menunjukkan bahwa stabilitas atmosfernya dalam kategori kuat. Kemudian jika kita lihat dari nilai Convective Available Potential Energy (Cape) dari jam 01.35 UTC sampai pukul 23.45 UTC dapat kita lihat bahwa data tersebut mempunyai kisaran nilai yaitu 119 J/kg sampai 490 J/kg menunjukkan bahwa stabilitas atmosfernya kategori rendah namun masih tergolong cukup kuat di BMI (<1000).

Berdasarkan indeks stabilitas atmosfer pada saat itu, maka dapat disimpulkan bahwa ada potensi terjadinya Thunderstorm dan hujan lebat dengan kategori Moderate hingga kuat (melihat nilai konvektif yang tinggi serta nilai hambatan yang rendah)

KESIMPULAN

Berdasarkan temuan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa adanya kondisi atmosfer yang bersifat labil dan suhu puncak awan yang rendah merupakan faktor-faktor penunjang terjadinya thunderstorm pada saat kejadian hujan lebat dan banjir di Jakarta pada tanggal 24 Februari 2023. Tingginya nilai indeks stabilitas atmosfer, terutama ditunjukkan oleh T-Indeks sebesar 42,90 - 44,40, K-Indeks sebesar 38,40 - 37,90, dan SWEAT-Indeks sebesar 273,82 - 257,20, memperkuat pemahaman akan potensi terjadinya kondisi cuaca ekstrem pada waktu tersebut.

Dengan adanya kesimpulan ini, disarankan untuk melaksanakan pemantauan secara rutin terhadap kondisi atmosfer, terutama di wilayah-wilayah yang rentan terhadap terjadinya thunderstorm. Pemantauan ini dapat dilakukan dengan menggunakan data radiosonde untuk memperoleh informasi lebih mendalam mengenai karakteristik atmosfer pada berbagai tingkat ketinggian. Selain itu, penggunaan citra satelit, seperti yang diolah melalui aplikasi SATAID, juga dapat menjadi sumber informasi yang berharga untuk memahami perkembangan awan konvektif dan prediksi potensi terjadinya cuaca ekstrem. Implementasi pemantauan ini dapat membantu dalam meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi bencana alam, serta mendukung upaya mitigasi dan respons cepat terhadap kondisi cuaca yang ekstrem.

DAFTAR PUSTAKA

- Kondisi, A., Pada, A., Hujan, F., Ismail, P., Munandar, M. A., & Atmosfer, D. (2017). SANGAT LEBAT DI JAKARTA dan Siadari (2017), Kadarsah dkk (2015), Rohmawati dkk (2015), dan Fadholi dkk a . Data reanalisis ERA Interim , ECMWF resolusi 0 , 125x0 , 125 derajat berupa. 196–202.
- 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>
- Mughozali S. A, P. U. F. dan A. M. I. (2017). Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 65–69. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj/article/view/21904%0Ahttps://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj/article/download/21904/10405>
- Qordowi, W. (2019). Analisis Kondisi Atmosfer Terkait Kejadian Banjir Menggunakan Data Radiosonde Dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus : Sungailiat, Kabupaten Bangka Tanggal 12 Februari 2018). *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 3, 277. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v3i0.28562>
- Zahroh, N. F., Dewi, N. W. S. P., & Harsanti, D. (2017). Indeks Labilitas Udara Untuk Memprediksi Kejadian Badai Guntur Pada Periode Puncak Musim Hujan Tahun 2016. In *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* (Vol. 18, Issue 1, p. 9). <https://doi.org/10.29122/jstmc.v18i1.1764>
- Kharisma, S., & Widomurti, L. (2018). ANALISIS HUJAN LEBAT DENGAN MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT DI KABUPATEN BANJARNEGARA Negara Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan wilayah perairan sekitar 70 % dan daratan hanya 30 %. Sebagai negara maritim yang dilalui ekuator , I. 08(01), 29–35.
- SETIAWAN, A. (2022). KAJIAN KONDISI ATMOSFER SAAT KEJADIAN HUJAN LEBAT PENYEBAB BANJIR DI KOTA PALEMBANG (Studi Kasus Tanggal 13 September 2021). *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 11(2), 69. <https://doi.org/10.24198/jme.v11i2.37887>
- Lucky Hartanto, R. (2019). Karakteristik Lapisan Batas Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Di Bandara Sukarno-Hatta. In *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika* (Vol. 3, Issue 2, pp. 75–83). <https://doi.org/10.24198/jiif.v3i2.23151>
- Fibriantika, E. (2019). Analisis Profil Vertikal Pada Siklon Tropis Cempaka Dan Dahlia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 19(2), 49. <https://doi.org/10.31172/jmg.v19i2.589>
- Sulistiyono, W., Ramadhan, R. S., & Haryanto, Y. D. (2021). Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Di Kota Surakarta Menggunakan Analisis Skala Meteorologi (Studi Kasus: 3 Februari 2021). *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 32–45.
- Suroyo, H. (2023). Analisa Data Radiosonde Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Phyton. 4(2), 1002–1010. <https://doi.org/C>
- 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.
- Noang, A. V., Putra, Y. S., & Adriat, R. (2021). Analisis Karakteristik Udara Atas Wilayah Bandar Udara Internasional Supadio Berdasarkan Data Radiosonde. *Prisma Fisika*, 9(1), 48. <https://doi.org/10.26418/pf.v9i1.45341>
- Wicaksono, H., Sadarang, F. R., & Fadlan, A. (2019). Analisis Hujan Es Di Kota Lubuklinggau Dengan Memanfaatkan Data Citra Satelit Himawari-8 Dan Radiosonde. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 3, 130. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v3i0.28526>
- Ismanto, H., Mahron, H. N., & Edwin, F. (2023). ANALISIS ANGIN KENCANG DARI AWAN CUMULONIMBUS DENGAN WRF-ARW : STUDI KASUS DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA FEBRUARI 2020 WRF-ARW ANALYSIS OF WINDGUST FROM CUMULONIMBUS CLOUD : CASE STUDY YOGYAKARTA SPECIAL REGION FEBRUARI 2020. 4(6), 20–34.