

PEMANFAATAN DATA RADIOSONDE DAN SATELIT CUACA HIMAWARI-8 PADA ANALISIS KEJADIAN HUJAN LEBAT

Alwan Dzaky Hawari
Calvin Army Setya Yudha Nurdianto
Yosafat Donni Haryanto

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

Abstrak

Pada tanggal 2 dan 3 Januari 2023, terjadi hujan lebat dengan intensitas tinggi di Kabupaten Tangerang, Banten. Analisis dilakukan menggunakan data satelit Himawari-9 yang diolah menggunakan SATAID. Data satelit Himawari-9 digunakan untuk mengetahui kondisi perawanan dan nilai indeks stabilitas atmosfer. Berdasarkan analisis dari data satelit Himawari-8 dengan menggunakan SATAID, ditemukan adanya awan konvektif yaitu Cumulonimbus. Berdasarkan visualisasi spasial dan trend suhu puncak awan menunjukkan adanya fase pertumbuhan, matang hingga purnah dengan inti awan yang diindikasikan sebagai awan Cumulonimbus mencapai -72.4°C dan -68.9°C . Hujan yang terjadi memiliki kemungkinan disertai adanya thunderstorm berdasarkan nilai indeks stabilitasnya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada wilayah Tangerang terdapat aktivitas awan konvektif yang memungkinkan terjadinya hujan lebat. Analisis suhu puncak awan berdasarkan kriteria yang ditetapkan menampilkan bahwa jenis awan yang berada di wilayah Tangerang merupakan jenis awan cumulonimbus yang menyebabkan terjadinya hujan dengan intensitas tinggi.

Kata Kunci: Hujan, Satelit Himawari-9, SATAID, Indeks Stabilitas

Abstract

Abstract. On January 2 and 3, 2023, heavy rain with high intensity occurred in Tangerang Regency, Banten. The analysis was conducted using Himawari-9 satellite data processed using SATAID. Himawari-9 satellite data is used to determine the condition of the clouds and the value of the atmospheric stability index. Based on the analysis of Himawari-8 satellite data using SATAID, it was found that there were convective clouds, namely Cumulonimbus. Based on the spatial visualization and trend of cloud top temperature it shows the phases of growth, maturity to extinction with the cloud core indicated as Cumulonimbus clouds reaching -72.4°C and -68.9°C . The rain that occurs has the possibility of being accompanied by thunderstorms. The rain that occurs has the possibility of being accompanied by a thunderstorm based on the stability index value. The observation results show that in the Tangerang area there is convective cloud activity that allows heavy rain to occur. Analysis of the cloud top temperature based on the established criteria shows that the type of cloud in the Tangerang area is a cumulonimbus cloud type that causes rain with high intensity

Keyword: Rain, Himawari-9 Satellite, SATAID, Stability Index.

PENDAHULUAN

Kejadian hujan lebat merupakan salah satu fenomena alam yang memiliki dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk pertanian, lingkungan, dan infrastruktur. Hujan sangat lebat dengan intensitas hujan lebih dari 100 mm dapat diindikasikan sebagai indikator terjadinya cuaca ekstrem [1]. Hujan Lebat merupakan hujan dengan intensitas paling rendah 50 milimeter /24 jam dan/atau 20 milimeter /jam [2]. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi dan mengakibatkan hujan lebat menjadi sangat penting dalam upaya mitigasi risiko bencana dan pengelolaan sumber daya alam.

Salah satu cara untuk memahami penyebab terjadinya hujan lebat adalah dengan menganalisis data atmosfer. Data atmosfer dapat diperoleh dari berbagai sumber, salah satunya adalah data radiosonde dan satelit cuaca. Radiosonde merupakan sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengamati parameter cuaca yang terdiri dari unsur parameter meteorologi. Radiosonde ini juga dilengkapi dengan transmitter dan receiver. Transmitter ini dilengkapi dengan sensor pengukur cuaca lapisan atas yang diterbangkan dengan bantuan balon udara yang diisi dengan gas hidrogen. Hasil pengamatan radiosonde berguna dalam menganalisis pada kejadian cuaca buruk di suatu wilayah [3]. Pengamatan udara atas menggunakan alat radiosonde untuk mengetahui kondisi atmosfer dilakukan melalui analisis indeks labilitas yaitu LI (Lifted Index), SWEAT (Severe Weather Threat Index), CAPE(Convective Available Potential Energy), KI (K Index), CIN (Convective Inhibition), TT (Total Totals), dan SI (Showalter Index).

Data satelit yang dapat dengan mudah diakses yaitu Satelit Himawari-9. Satelit Himawari-9 merupakan satelit cuaca yang dioperasikan oleh Japan Meteorological Agency (JMA) sejak Maret 2017 hingga saat ini [4]. Salah satu aplikasi untuk penggunaan data Satelit Himawari-8 adalah SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis). Aplikasi ini dikembangkan oleh Satellite Meteorological Center (SMC) Japan Meteorological Agency (JMA) untuk menganalisis citra satelit. Keunggulan aplikasi ini yaitu dapat menampilkan gambar satelit dari data binary dan dapat digunakan untuk belajar dan berlatih dalam mengasah kemampuan menganalisis, selain itu juga dapat digunakan dalam memantau situasi yang sebenarnya [5].

Penelitian ini fokus pada analisis data radiosonde dan satelit cuaca Himawari-8 sebagai upaya untuk memahami dan mengidentifikasi karakteristik kejadian hujan lebat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kejadian hujan lebat di wilayah Tangerang dikarenakan akibat hujan lebat terjadi banjir di beberapa titik di Tangerang menurut beberapa berita. Melalui analisis data radiosonde dan satelit cuaca Himawari-8, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan pemahaman kita terhadap mekanisme pembentukan hujan lebat serta meningkatkan kemampuan prediksi dan mitigasi risiko terkait fenomena cuaca ekstrem ini.

METODE

Lokasi penelitian yang diambil adalah pada wilayah pada kejadian hujan lebat yang terjadi pada 2-3 Januari 2024 yaitu Kabupaten Tangerang, Banten koordinat 6.1200 LS dan 106.800 BT. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit Himawari-9 periode 2 Januari 2024 jam 15.00 UTC hingga 3 Januari 2024 jam 12.00 UTC. Data tersebut digunakan pada kanal VS, WV, dan IR yang akan diolah menggunakan SATAID untuk mengetahui suhu puncak awan secara temporal, citra awan dan stabilitas atmosfer. Data tersebut diperoleh dari subbid pengelolaan citra satelit BMKG. Sedangkan itu data Radiosonde menggunakan data hasil pengamatan udara atas (Radiosonde) dari Wyoming Sounding tanggal 2-3 Januari 2024 yang menghasilkan kondisi cuaca udara atas di daerah Tangerang, Banten. SATAID digunakan untuk menampilkan citra satelit Himawari-9 agar mengetahui suhu puncak awan secara temporal, dan indeks stabilitas atmosfer pada kondisi perawanan sebelum dan saat kejadian hujan lebat secara objektif. Setelah semua data diolah, selanjutnya dilakukan analisis secara deskriptif dengan metode life history.

Stabilitas Atmosfer yang digunakan sebagai berikut [6] :

Tabel 1. Kriteria 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

Lifted Index (LI)

Lifted Index adalah nilai yang diperoleh dari selisih antara suhu udara lapisan 500 mb dengan suhu udara parcel udara pada lapisan 500 mb yang dinaikkan secara adiabatik dari lapisan batas atmosfer [6].

K-Index

K-Index merupakan indikator potensi adanya badai akibat pergerakan konvektif yang dihitung berdasarkan nilai suhu pada lapisan 850, 700, dan 500 mb beserta nilai suhu titik embun pada lapisan 850 dan 700 mb [6].

Showalter Index

Showalter index (SI) merupakan indeks yang digunakan untuk mengetahui ketidakstabilan udara di troposfer tengah, tepatnya antara lapisan 850 dan 500 mb. Nilai-nilai indeks didasarkan pada jumlah uap air dan energi yang terkandung dalam lapisan 850 dan 500 mb yang merupakan selisih antara suhu lingkungan lapisan 500 mb dengan suhu parcel pada lapisan 500 mb yang diangkat secara adiabatik dari lapisan 850 mb [6].

Convective Available Potential Energy (CAPE)

Convective Available Potential Energy (CAPE) adalah energi total dari gaya apung di kolom udara yang tersedia untuk mengangkat parcel udara. CAPE secara langsung berhubungan dengan kecepatan vertikal potensial maksimum dalam updraft [6].

Total Total Index

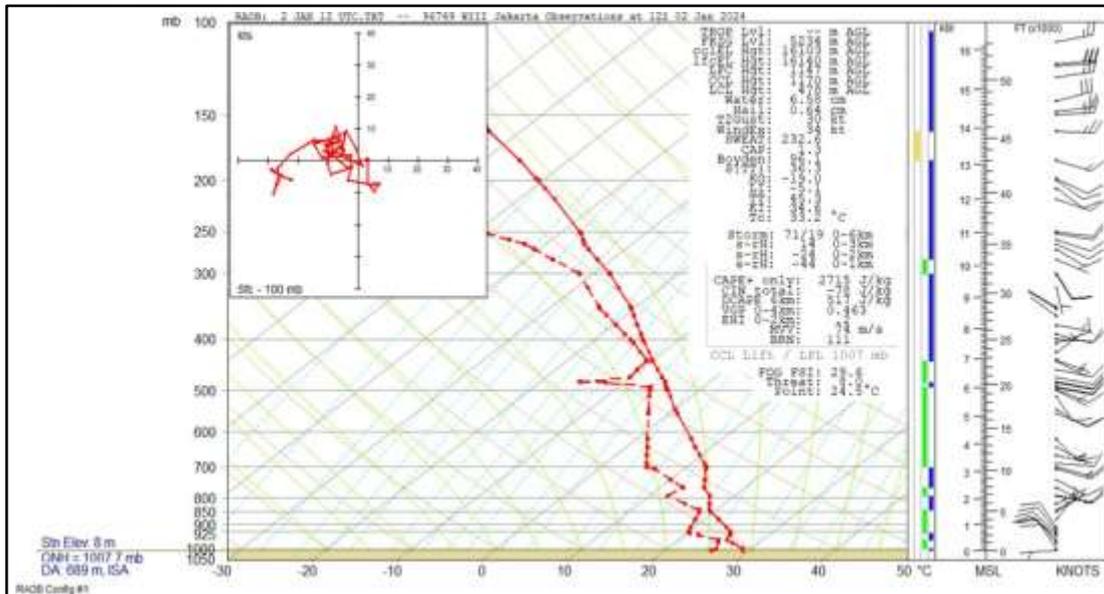
Total-totals Index (TT) merupakan gabungan antara indeks vertikal total (selisih suhu lingkungan lapisan 850 mb dan 500 mb) dengan cross total (selisih suhu titik embun pada lapisan 850 mb dan suhu lingkungan 500 mb) yang dapat menentukan proses konveksi [6].

Severe Weather Threat Index (SWEAT)

Severe Weather Threat Index (SWEAT) merupakan indeks yang digunakan untuk memprediksi potensi cuaca buruk dengan memperhitungkan mekanisme lain selain suhu, yaitu arah dan kecepatan angin [6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

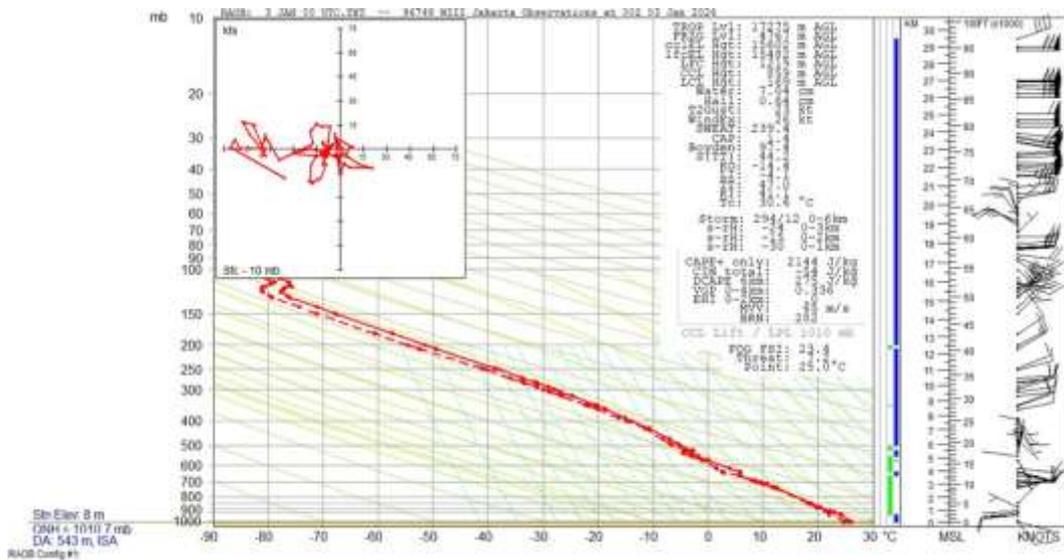
3.1. Analisis Data Radiosonde



Gambar 1. Tampilan Aplikasi Raob Dengan Hasil Pengamatan udara Atas 2 Januari 2024 Jam 12 UTC

Berdasarkan data pengamatan udara atas yang didapat dari Wyoming University pada pukul 12 UTC dihasilkan Showalter Index (SI) -2.19. Parameter Lifted Index (LI) hasilnya -5,1 sebagai kondisi tidak stabil dan kemungkinan terjadi petir. Parameter K Index (KI) hasilnya 34,6 sebagai kemungkinan 60% - 80% terjadi badai petir. Parameter Total Totals (TT) hasilnya 45,3 sebagai terjadi tidak ada aktivitas petir. Parameter SWEAT hasilnya 232,6 hasilnya terdapat badai Parameter Convective Inhibition (CIN) hasilnya - 78 sebagai kemungkinan terjadi cuaca buruk. Parameter Convective Available Potential Energy (CAPE)

hasilnya 2715 sebagai kemungkinan terjadi badai kuat. Maka, waktu 00 UTC wilayah Tangerang dapat dimungkinkan terjadi hujan lebat yang memungkinkan untuk terbentuknya hail



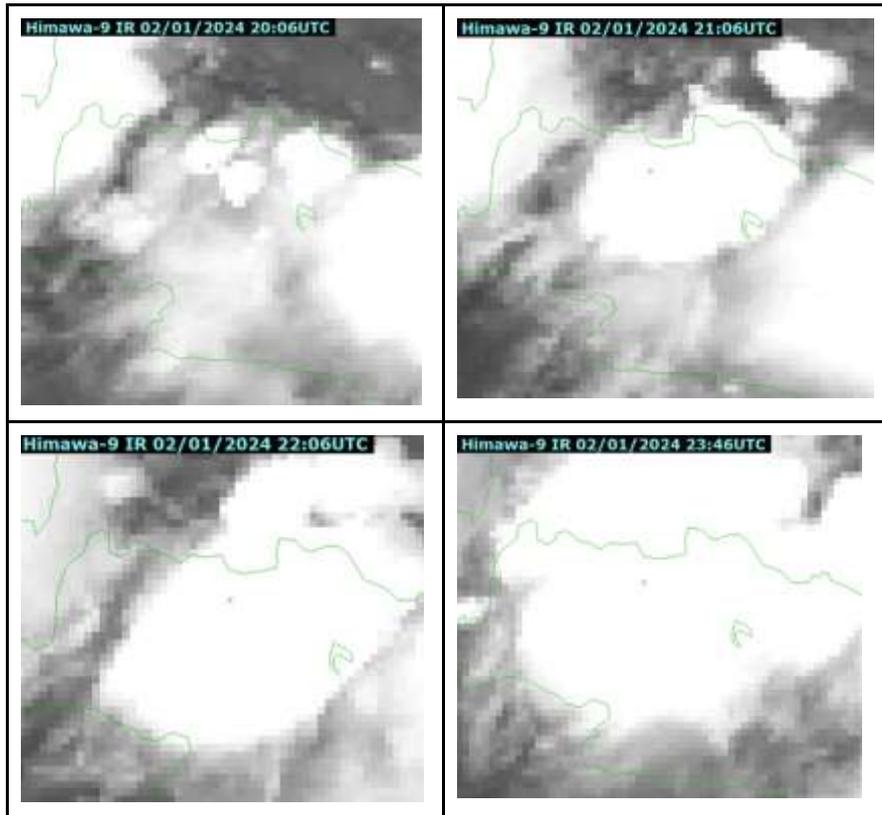
Gambar 2. Tampilan Aplikasi Raob Dengan Hasil Pengamatan udara Atas 3 Januari 2024 Jam 00 UTC

Berdasarkan data pengamatan udara atas yang didapat dari Wyoming University pada tanggal 3 Januari pukul 00 UTC dihasilkan Showalter Index (SI) -2.19. Parameter Lifted Index (LI) hasilnya -4,1 sebagai kondisi tidak stabil dan kemungkinan terjadi petir. Parameter K Index (KI) hasilnya 41,1 sebagai kemungkinan 60% - 80% terjadi badai petir. Parameter Total Totals (TT) hasilnya 47,0 sebagai terjadi tidak ada aktivitas petir. Parameter SWEAT hasilnya 239,4 hasilnya terdapat badai Parameter Convective Inhibition (CIN) hasilnya -54 sebagai kemungkinan terjadi cuaca buruk. Parameter Convective Available Potential Energy (CAPE) hasilnya 2144 sebagai kemungkinan terjadi badai kuat. Maka, waktu 00 UTC wilayah Tangerang dapat dimungkinkan terjadi hujan lebat yang memungkinkan terbentuknya hail. Berdasarkan data pengamatan udara dari Wyoming University pada tanggal 3 Januari pukul 00 UTC, kondisi atmosfer di wilayah Tangerang dapat dianggap tidak stabil dan memang berpotensi mengalami cuaca buruk. Beberapa parameter indeks stabilitas atmosfer menunjukkan indikasi potensial terjadinya badai dan hujan lebat bahkan terdapat kemungkinan terbentuknya hujan es (hail).

3.2. Analisis Data dan Citra Satelit Himawari-9 secara Objektif

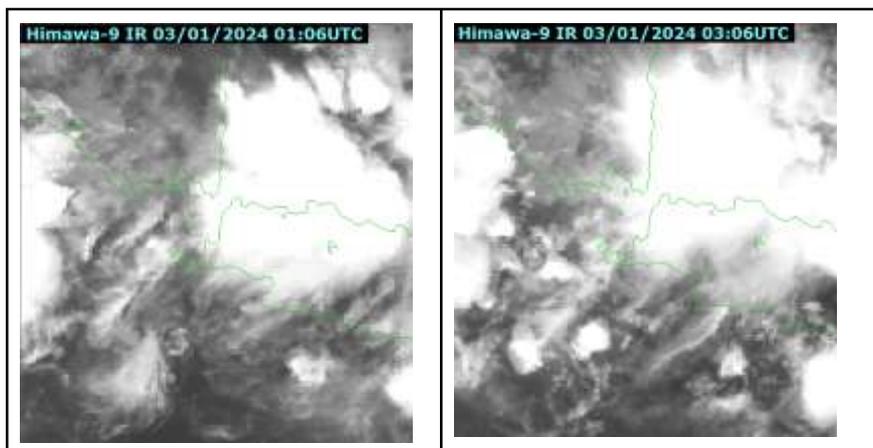
Metode objektif merupakan metode mengenai pengolahan data dari satelit yang memanfaatkan segala sifat dan karakteristik dari tiap kanal yang diolah untuk menjadi hasil pengamatan. Pada penentuan threshold jenis awan secara objektif dapat ditentukan dengan satelit Himawari 8/9 untuk menentukan jenis awan dengan memanfaatkan fitur mengenai selisih suhu pada suatu titik puncak awan dari irisan beberapa produk satelit Himawari 8/9 yaitu IR, S1, dan S3[7]. Suatu sel awan dapat dikatakan memenuhi syarat sebagai awan Cumulonimbus apabila memenuhi syarat pada kanal IR dengan nilai suhu puncak awan bernilai <240 K atau $<-33^{\circ}\text{C}$ karena pertumbuhannya yang mencapai ketinggian kategori awan tinggi dan pada produk S1 produk S1 menunjukkan nilai $<2\text{K}$ sedangkan produk S3 bernilai $<3\text{K}$. Nilai S1 didapatkan dari selisih suhu titik puncak awan dari kanal IR dan I2, sedangkan nilai S3 didapatkan dari selisih suhu titik puncak awan dari kanal IR dan WV [8].

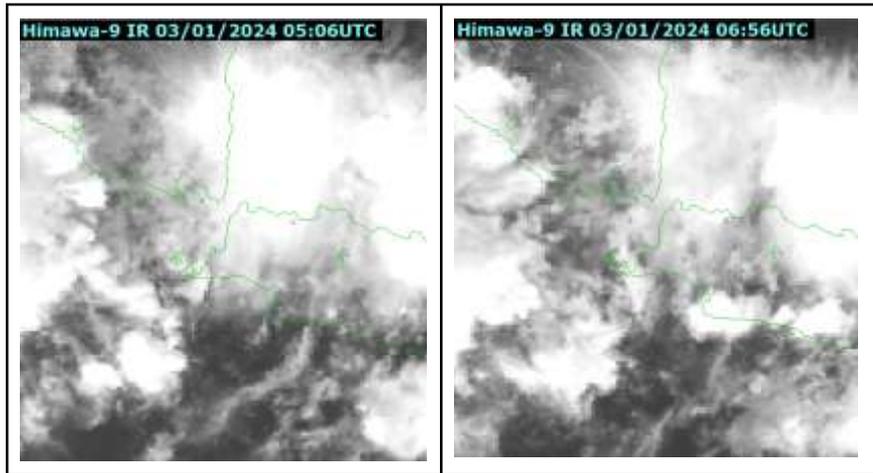
3.2.1 Analisis Citra Satelit Himawari-9



Gambar 3. Tampilan Citra Satelit Himawari-9 Kanal Infrared

Tampilan Citra Satelit Himawari-9 pada Kanal Infrared menandakan perbedaan suhu berdasarkan warnanya. Warna semakin putih menunjukkan suhu yang semakin rendah, sedangkan semakin hitam menunjukkan suhu yang semakin tinggi. Berdasarkan hasil citra satelit himawari pada tanggal 2 Januari 2024 yang ditunjukkan gambar 3 dapat diamati bahwa pada pukul 20.06 UTC didapatkan bahwa terdapat pertumbuhan awan berwarna putih cerah di wilayah Jakarta dan Tangerang yang menandakan suhu yang begitu rendah pada awan tersebut. Awan tersebut dapat diamati bersifat konvektif karena pada pukul 21.06 UTC pertumbuhan awan sangat masif dan semakin luas areanya. Pertumbuhan awan terus terjadi hingga pukul 23.46 UTC dengan terlihat area yang tertutupi awan putih semakin luas.

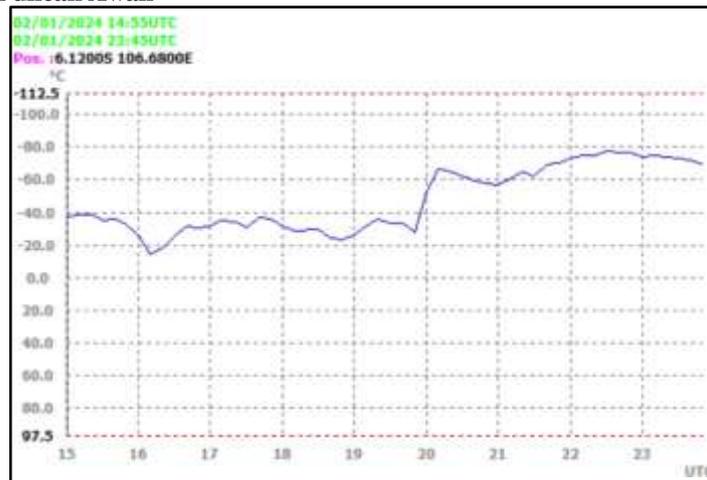




Gambar 4. Tampilan Citra Satelit Himawari-9 Kanal Infrared

Berdasarkan hasil citra satelit himawari yang ditunjukkan gambar 4 dapat diamati bahwa pada tanggal 3 Januari 2024 pukul pukul 01.06 UTC didapatkan bahwa awan masih berwarna putih cerah yang menandakan suhu yang begitu rendah pada awan tersebut dan awan konvektif tersebut masih berada pada fase matang. Pertumbuhan awan mulai meluruh pada pukul 05.06 UTC dengan terlihat area yang tertutupi awan putih semakin berkurang.

3.2.2 Analisis Suhu Puncak Awan

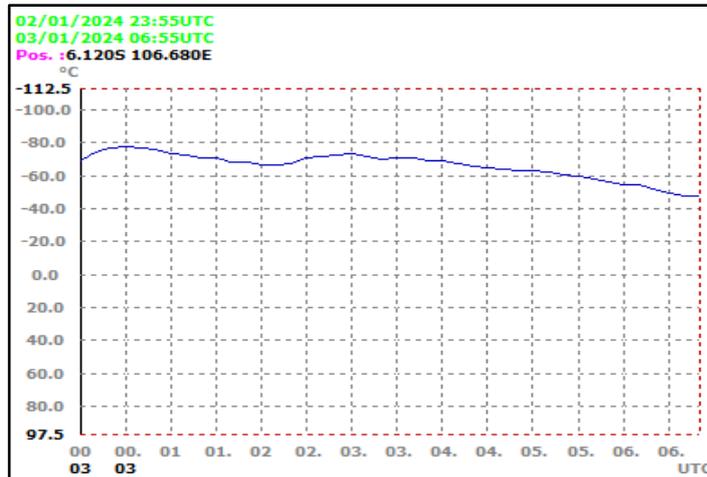


Gambar 5. Time Series Perubahan Suhu pada Tanggal 2 Januari 2024

Suhu	S1	S3
02/01/2024 19:55UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : -52.1°C	02/01/2024 19:55UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 4.54 K	02/01/2024 19:55UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 9.21 K
02/01/2024 20:05UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : -66.0°C	02/01/2024 20:05UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 1.51°C	02/01/2024 20:05UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 1.42°C
02/01/2024 21:55UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : -72.4°C	02/01/2024 21:55UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 1.61 K	02/01/2024 21:55UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 0.08 K
02/01/2024 23:45UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : -68.9°C	02/01/2024 23:45UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 1.92°C	02/01/2024 23:45UTC Pos. :6.1200S 106.6800E Bri. : 1.16°C

Gambar 6. Hasil Pengukuran Suhu pada Tanggal 2 Januari 2024

Time series yang ditampilkan pada gambar 5 merupakan trend dari perubahan suhu puncak awan. Pada ditunjukkan bahwa pada pukul 15-20 UTC perubahan suhu pada puncak awan cenderung tidak terlalu besar dengan kisaran -20°C hingga -40°C , tetapi pada pukul 20 UTC terjadi perubahan suhu yang signifikan yakni suhu turun hingga lebih rendah dari -60°C . Hal ini menandakan awan yang tumbuh sudah merupakan awan Cumulonimbus karena nilai suhu puncak awan yang lebih rendah dari -60°C . Hal ini ditampilkan dengan lebih detail bahwa pada pukul 20.05 UTC suhu puncak awan bernilai -66°C . Selain itu sesuai syarat nilai S1 dan S3, pada pukul 20.05 UTC awan yang diamati memenuhi persyaratan dikatakan sebagai awan Cumulonimbus karena nilai S1 yaitu 1.51°C dan nilai nilai S3 1.42°C . Berdasarkan pengamatan ini didapati juga bahwa hingga pukul 23.45 UTC awan Cumulonimbus masih dalam fase matang.



Gambar 7. Time Series Perubahan Suhu pada Tanggal 3 Januari 2024

Suhu	S1	S3
03/01/2024 01:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : -71.6°C	03/01/2024 01:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : 1.31°C	03/01/2024 01:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : 0.08°C
03/01/2024 03:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : -72.4°C	03/01/2024 03:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : 1.21°C	03/01/2024 03:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : -0.68°C
03/01/2024 05:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : -62.7°C	03/01/2024 05:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : 2.12°C	03/01/2024 05:05UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : 1.60°C
03/01/2024 06:55UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : -47.3°C	03/01/2024 06:55UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : 5.34°C	03/01/2024 06:55UTC Pos. :6.120S 106.680E Bri. : 8.92°C

Gambar 8. Hasil Pengukuran Suhu pada Tanggal 3 Januari 2024

Time series yang ditampilkan pada gambar 7 merupakan trend dari perubahan suhu puncak awan. Pada ditunjukkan bahwa mulai pukul 01.06 - 06.56 UTC perubahan suhu pada puncak awan cenderung meningkat hingga mencapai suhu -47.3°C , sehingga trend nya mengalami penurunan. Hal ini menandakan awan Cumulonimbus telah memasuki fase peluruhan. Hal ini ditampilkan dengan lebih detail bahwa pada pukul 01.06 UTC suhu puncak awan bernilai -71.6°C . Selain itu sesuai syarat nilai S1 dan S3 juga masih memenuhi syarat untuk dikatakan sebagai awan Cumulonimbus, pada pukul 03.06 UTC awan yang diamati juga masih memenuhi persyaratan dikatakan sebagai awan Cumulonimbus karena nilai S1 yaitu 1.21°C dan nilai nilai S3 -0.68°C . Pada pukul 05.05 UTC nilai S1 sudah tidak memenuhi kriteria sebagai awan Cumulonimbus dan pada pukul 06.56 UTC baik nilai S1 maupun S3 sudah tidak lagi memenuhi kriteria sebagai awan Cumulonimbus. Berdasarkan pengamatan ini didapati juga bahwa mulai pukul 05.06 UTC awan Cumulonimbus mulai memasuki fase peluruhan.

KESIMPULAN

Peristiwa hujan lebat yang terjadi di wilayah Tangerang pada tanggal 2 - 3 Januari 2023 memiliki intensitas yang tinggi. Peristiwa tersebut selaras dengan hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa pada wilayah Tangerang terjadi proses konvektif yang memungkinkan terjadinya hujan lebat. Analisis suhu puncak awan berdasarkan kriteria yang ditetapkan menampilkan bahwa jenis awan yang berada di wilayah Tangerang merupakan jenis awan cumulonimbus yang dapat menyebabkan terjadinya hujan dengan intensitas tinggi. Berdasarkan citra satelit terlihat bahwa pada pukul 20.06 awan sudah berwarna putih cerah dimana hal ini menunjukkan bahwa awan cumulonimbus sudah memasuki fase tumbuh, hal ini selaras dengan grafik dari time series dimana grafik perubahan suhu puncak awan mengalami kenaikan pada pukul 20 dimana suhu puncak awan juga mengalami penurunan yang signifikan pada saat itu. Analisis menggunakan stability index juga memberikan hasil yang sama dimana berdasarkan kriteria yang ditetapkan nilai stability index di wilayah Tangerang sudah memenuhi kriteria untuk memungkinkan terjadinya hujan lebat. Nilai CAPE yang besar dan nilai CIN yang kecil juga membuat proses konvektif dapat terjadi secara masif pada saat itu.

DAFTAR PUSTAKA

- I.Gustari, T. W. Hadi, S. Hadi, dan F. Renggono. (2012). Akurasi Prediksi Curah Hujan Harian Operasional Di Jabodetabek : Perbandingan Dengan Model Wrf. *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 13, no. 2, pp. 119–130, 2012.
- BMKG. (2010). Peraturan Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Nomor : KEP. 009 Tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem. Indonesia
- Saragih, R. W. S. (2020). Analisis Kondisi Atmosfir, Indeks Labilitas, dan Citra Satelit Saat Kejadian Puting Beliung di Pontianak Kalimantan Barat (Studi Kasus 17 Juli 2020). *Jurnal Fisika*, 10(2), 62-71.
- JMA (Japan Meteorological Agency).(2015). Himawari User's Guide. <http://www.jmanet.go.jp/msc/en/support/index.html>.
- JMA (Japan Meteorological Agency). (2018). SATAID Operation Manual. <https://www.wis-jma.go.jp/cms/sataid/manual.html>.
- 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).
- Mouri, K., Izumi, T., Suzue, H. and Yoshida, R. (2016) Algorithm Theoretical Basis Document of Cloud Type/Phase Product. Meteorological Satellite Center Technical Note, 61, 19-31
- Houze, Rober Jr. (2014). *Cloud Dynamics* 2nd Edition. Cambridge: Academic Press.
- 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>
- 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>