

Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Lebat Di Surabaya 30 Maret 2023

Joseph Damian Cekarus^{1*}, Muhammad Ariel Taufik Muharram² Yosafat Donni
Haryanto³

^{1,2,3} Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
(STMKG), Tangerang Selatan 15221, Banten

Email : *damiancekarus05@gmail.com, muhammad.ariel.taufik.muhammad@gmail.com,
yosafatdonni@gmail.com

Dikirim: 23 Januari 2024; Revisi: 2 Januari 2025; Diterima: 19 Januari 2025

Abstrak: Pada tanggal 30 Maret, terjadi hujan lebat dengan intensitas 25 mm/jam. Hujan lebat disebabkan oleh adanya aktivitas awan konvektif cumulonimbus. Aktivitas awan ini dapat dianalisis dengan memanfaatkan penginderaan jauh satelit Himawari-8 dengan metode RGB, CCO, dan menggunakan metode pengamatan udara atas dengan radiosonde pada jam 00 UTC di daerah Surabaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi hujan lebat di beberapa wilayah Surabaya menurut beberapa berita di daerah tersebut. Hasil pengamatan dari metode RGB terjadi kondisi awan berakibat hujan lebat yang tinggi. Hasil pengamatan metode CCO terjadi awan - awan konvektif pada saat kejadian hujan lebat dengan intensitas tinggi. Hasil pengamatan pengamatan udara atas dengan radiosonde pada jam 00 UTC menunjukkan indeks stabilitas atmosfer mengindikasikan adanya peluang terjadi cuaca ekstrem di wilayah Surabaya. Selain itu, berdasarkan data reanalisis Copernicus ECMWF menunjukkan terdapat aliran udara hangat dan lembap dari Laut Jawa ke daratan yang menyebabkan pembentukan awan dan hujan lebat. Selain itu, diperoleh nilai negatif dari divergensi dan nilai kelembapan mencapai 80%. Hal ini menunjukkan bahwa analisis dengan menggunakan metode RGB, CCO, data radiosonde, dan data reanalisis Copernicus ECMWF memiliki kesesuaian dan saling mendukung satu sama lainnya.

Kata kunci: Hujan, Cumulonimbus, RGB, CCO, Radiosonde

Abstract: On March 30, there was heavy rain with an intensity of 25 mm/hour. Heavy rains are caused by cumulonimbus convective cloud activity. This cloud activity can be analyzed by utilizing Himawari-8 satellite remote sensing with RGB, CCO, and using the upper air observation method with radiosonde at 00 UTC in the Surabaya area. The purpose of this research is to identify heavy rain in some areas of Surabaya according to some news in the area. The results of observations from the RGB method occurred cloud conditions resulting in high heavy rain. The observation results of the CCO method occurred convective clouds at the time of the heavy rain event with high intensity. The results of observations of upper air observations with radiosonde at 00 UTC showed an atmospheric stability index indicating a chance of extreme weather in the Surabaya area. In addition, based on ECMWF Copernicus reanalysis data, there is a warm and humid airflow from the Java Sea to the mainland which causes cloud formation and heavy rain. In addition, a negative value of divergence is obtained and the humidity value reaches 80%. This shows that the analysis using the RGB method, CCO, radiosonde data, and Copernicus ECMWF reanalysis data are compatible and support each other.

Keywords: Rain, Cumulonimbus, RGB, CCO, Radiosonde

Pendahuluan

Pulau Jawa masuk dalam kategori Zona Musim (ZOM), yang mencakup daerah dengan pola curah hujan yang berbeda secara signifikan antara musim kemarau dan musim hujan. Selain itu, letak pulau Jawa yang dikelilingi lautan menyebabkan penguapan yang terjadi membawa banyak uap air ke atmosfer (Kharisma & Widomurti, 2018). Fenomena ini menyebabkan awan konvektif dapat berkembang dengan subur di Indonesia, terutama di wilayah kepulauan seperti Pulau Jawa. Awan konvektif ini biasanya membawa uap air yang kemudian jatuh sebagai hujan akibat gaya gravitasi.

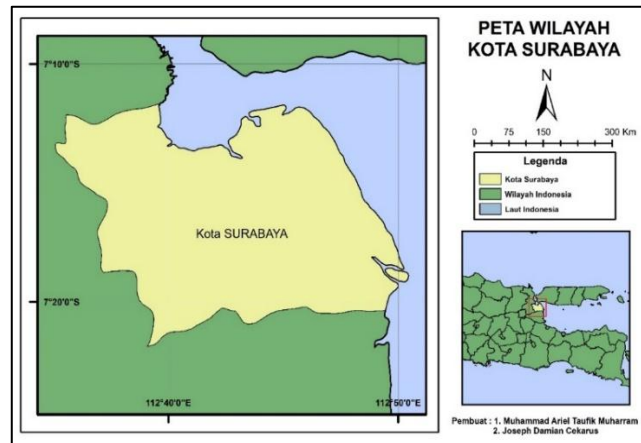
Hujan lebat adalah salah satu peristiwa cuaca yang dihasilkan oleh interaksi proses fisik di atmosfer. Hal ini terjadi karena dinamika dan interaksi gangguan cuaca baik dalam skala global, regional, maupun lokal. Fenomena ini melibatkan pertumbuhan awan konvektif yang dipicu oleh pemanasan udara di atas daratan karena proses konduksi. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), hujan lebat dikategorikan jika curah hujan berkisar antara 5-10 mm/jam atau 20-50 mm/hari, dan diklasifikasikan sebagai sangat lebat jika curah hujan melebihi 20 mm/jam atau lebih dari 100 mm/hari. Hujan lebat biasanya ditandai dengan aktivitas pertumbuhan awan konvektif seperti awan cumulonimbus. Awan cumulonimbus merupakan jenis awan yang tumbuh secara vertikal dan mengandung uap air yang tinggi serta aktivitasnya menghasilkan badai petir (thunderstorm) (Rozi, 2019).

Pada tanggal 30 Maret 2023, terjadi hujan lebat di wilayah Surabaya yang melanda daerah tersebut dengan intensitas 25 mm/jam (Detik.com, 2023). Disinyalir peristiwa tersebut disebabkan oleh pertumbuhan awan konvektif yang terjadi di atas wilayah Jawa timur. Awan konvektif atau awan Cumulonimbus (CB) merupakan awan yang paling produktif menghasilkan hujan di wilayah tropis (Mahrup & Idris, 2018). Awan CB terbentuk melalui sebuah mekanisme yang diawali oleh penguapan yang menghasilkan uap air ke udara. Peristiwa hujan lebat disertai angin kencang dan petir ini dapat dianalisis kondisi atmosfernya pada saat kejadian dengan memanfaatkan data citra satelit Himawari-8 yang diolah dengan software SATAID (Satellit Animation and Interactive Diagnosis), serta dengan menampilkan pola pergerakan dan sebaran awan dengan aplikasi GrADS (Grid Analysis and Display Sysytem), penulis akan melakukan analisis mengenai kondisi dinamika atmosfer pada saat kejadian hujan lebat tersebut dengan menggunakan metode RGB (Red, Green, Blue), CCO (Cloud Convective Overlays), dan NWP (Numerical Weather Prediction).

Metode RGB (Red, Green, Blue) digunakan sebagai teknik multispektral dengan beberapa kanal satelit Himawari-8 untuk memantau pertumbuhan awan. Pengolahan dilakukan dengan menggabungkan tiap kanal yang berbeda untuk menghasilkan produk citra yang mengandung informasi tentang kondisi cuaca. Hasil pengolahan citra satelit menggunakan aplikasi SATAID dengan metode RGB. Selain itu, metode Convective Cloud Overlays (CCO) dengan dua algoritma yang memanfaatkan kanal 13 (IR1), kanal 15 (IR2), dan kanal 8 (IR3) juga digunakan. Analisis mengenai indeks stabilitas atmosfer dilakukan dengan memanfaatkan data dari satelit Himawari-8, sebagaimana telah dilakukan dalam penelitian oleh (Mughozali et al., 2017), (Kharisma & Widomurti, 2018), (Rizkiafama et al., 2018), dan (Prasetyo & Pusparini, 2018). Pengamatan udara atas dilakukan menggunakan alat radiosonde yang memberikan informasi tentang kondisi atmosfer, termasuk parameter-parameter seperti Lifted Index (LI), Severe Weather Threat Index (SWEAT), Convective Available Potential Energy (CAPE), K Index (KI), Convective Inhibition (CIN), Total Totals Index (TTI), dan Showalter Index (SI). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hujan lebat di beberapa wilayah Surabaya, sejalan dengan berita lokal. Oleh karena itu, metode pengamatan yang digunakan meliputi metode RGB, CCO, serta pengamatan udara atas menggunakan radiosonde dengan bantuan aplikasi RAOB 5.7.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan metode deskriptif. Pendekatan kuantitatif memanfaatkan data pengamatan udara atas, peta hasil metode RGB, dan CCO, sementara metode deskriptif dilakukan untuk mendeskripsikan data tersebut oleh penulis.



Gambar 1. Peta Kota Surabaya (Sumber: Badan Informasi Spasial, 2023)

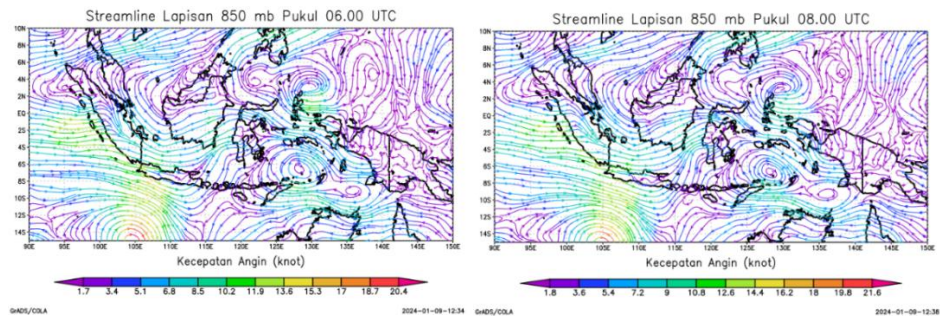
Penelitian dilakukan di wilayah Surabaya, Jawa Timur (Gambar 1). Kota Surabaya terletak pada koordinat $7^{\circ} 9' - 7^{\circ} 21'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ} 36' - 112^{\circ} 54'$ Bujur Timur. Secara geografis, Kota Surabaya berbatasan dengan Selat Madura di Utara dan Timur, Kabupaten Sidoarjo di Selatan, serta Kabupaten Gresik di Barat. Data yang diolah dalam penelitian yaitu: 1) data Satelit Himawari-8 pada tanggal 30 Maret 2023 dari pukul 05.00 hingga 10.00 UTC, data ini tersedia dalam beberapa format, yaitu format .z, format .txt, dan format .nc (untuk data pemodelan); 2) data dari Copernicus ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) pada tanggal 30 Maret 2023 dari pukul 05.00 hingga 10.00 UTC. Data ini diakses melalui situs web <https://cds.climate.copernicus.eu/> dan tersedia dalam format .nc. Data ini mencakup informasi tentang divergensi dan kelembapan. Analisis data dalam penelitian ini data format .z diolah menggunakan aplikasi SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*) dengan tiga cara berikut:

1. Fitur "measure" digunakan untuk menghasilkan grafik time series suhu puncak awan. Hal ini memungkinkan untuk melacak fase-fase awan dari fase pertumbuhan hingga fase peluruhan.
2. Metode RGB (Red, Green, Blue) digunakan untuk menghasilkan peta persebaran awan dengan tampilan yang jelas dan detail. Hal ini memudahkan interpretasi data oleh pengguna.
3. Metode CCO (Convective Cloud Overlays) digunakan untuk menghasilkan peta persebaran awan konvektif yang ditandai dengan warna merah untuk membantu dalam identifikasi awan konvektif yang potensial untuk menyebabkan cuaca ekstrem.

Data hasil pengamatan udara atas (Radiosonde) dari Wyoming Sounding pada tanggal 30 Maret 2023 memberikan gambaran kondisi cuaca udara atas di wilayah Surabaya. Selain itu, data dalam format .nc dari satelit Himawari-8 dan Copernicus ECMWF diolah menggunakan aplikasi GrADS (Grid Analysis and Display System) untuk mendapatkan visualisasi spasial dari streamline, divergensi, dan kelembapan. Setelah semua data telah diolah, analisis dilakukan menggunakan metode deskriptif agar dapat dipahami dengan mudah oleh pembaca.

Hasil Penelitian

Analisis Peta *Streamline*

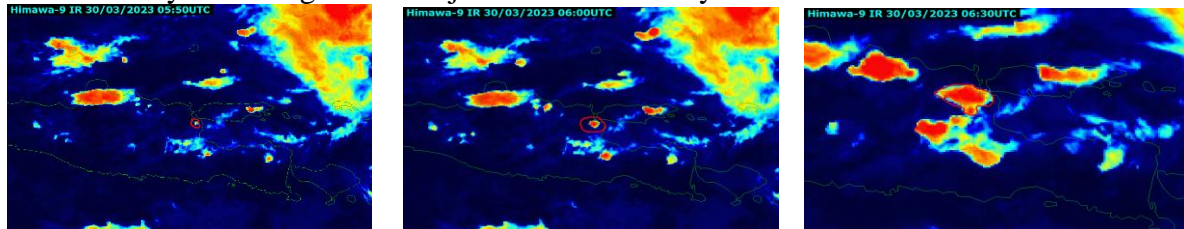


Gambar 2. Peta *Streamline* Lapisan 850 mb Pada pukul 06.00 UTC dan 08.00 UTC (Sumber: Copernicus ECMWF, 2023)

Peta *streamline* lapisan 850 mb memberikan informasi penting untuk memahami kondisi atmosfer dan memprediksi potensi hujan lebat serta memantau perkembangannya. Berdasarkan peta *streamline* lapisan 850 mb di Kota Surabaya pada pukul 06.00 UTC dan 08.00 UTC, pola angin dari arah timur laut ke barat daya dengan kecepatan 10 knot pada 06.00 UTC dan 8 knot pada 08.00 UTC mengindikasikan aliran udara hangat dan lembap dari Laut Jawa ke daratan. Pada pukul 08.00 UTC, kecepatan angin lebih lemah akibat zona konvergensi dan adanya area tekanan rendah di sekitar Kota Surabaya. Faktor-faktor ini, bersama dengan udara hangat dan lembap dari Laut Jawa, menyebabkan pembentukan awan dan hujan lebat. Fase tumbuh awan dimulai pada 05.50 UTC, fase matang terjadi pada 07.50 UTC, dan fase luruh pada 10.00 UTC.

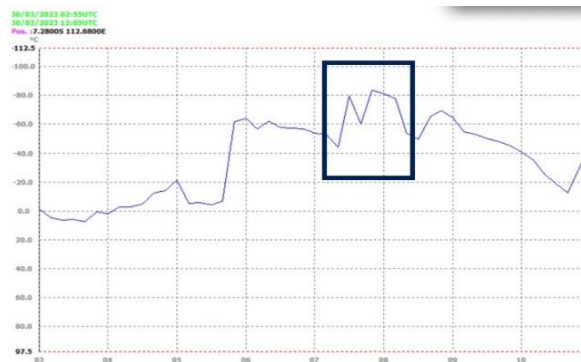
Analisis Pergerakan Awan Konvektif

Awan konvektif merupakan awan yang memiliki suhu puncak awan yang dingin. **Gambar 3** merupakan peta pergerakan awan konvektif pada pukul 05.50, 06.00, dan 06.30 UTC. Pada gambar tersebut awan konvektif bergerak di atas sebagian wilayah Jawa Timur terkhususnya Kota Surabaya dan bergerak menuju ke arah Barat Daya.



Gambar 3. Pergerakan Awan Konvektif (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2023)

Analisis Citra Satelit Himawari-8 *Time Series*

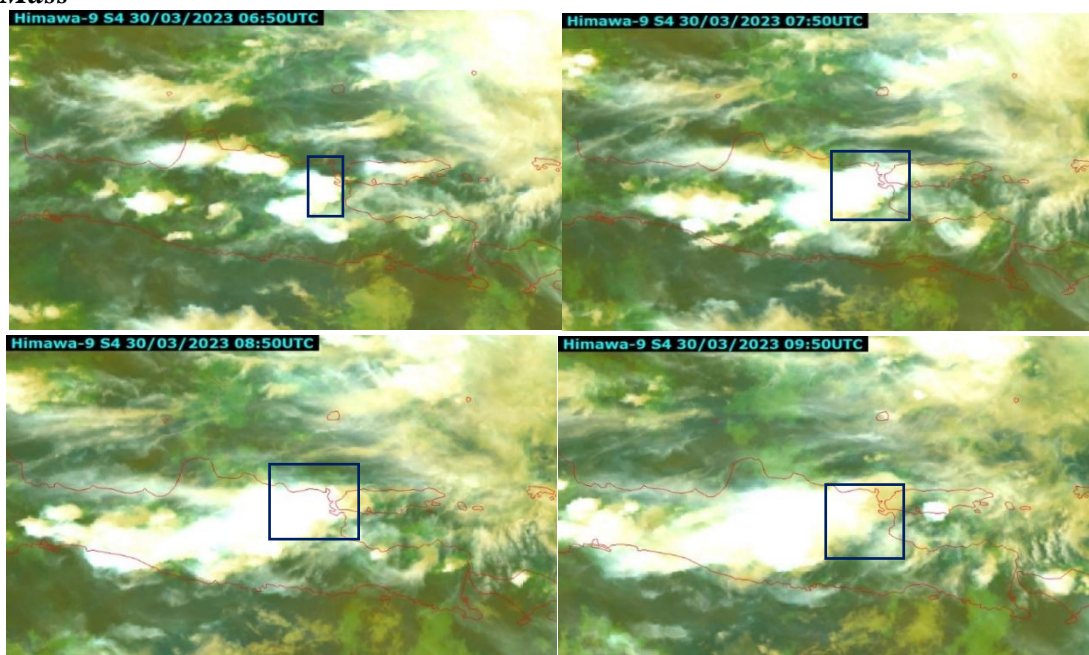


Gambar 4. Grafik *Time Series* (Sumber: Satelit Himawari-8, 2023)

Grafik time series pada **Gambar 4** menunjukkan awal fase pertumbuhan awan pada pukul 06.00 UTC, di mana suhu mencapai *freezing level* dan suhu puncak awan masih menurun hingga mencapai -50°C . Kemudian, awan terus berkembang dan mencapai fase matang pada pukul 07.50 UTC (ditandai dengan kotak berwarna biru) di mana suhu puncak awan mencapai -82.8°C dan tetap stabil hingga sekitar pukul 09.00 UTC. Setelah itu, awan memasuki fase purnah atau meluruh mulai pukul 09.50 UTC, yang ditandai dengan peningkatan suhu puncak awan di bawah *freezing level*.

Analisis Jenis Awan dengan Metode RGB

Air Mass



Gambar 6. Klasifikasi Warna Metode RGB Hasil Produk *Air Mass* (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2023)

Tabel 1. Klasifikasi Warna Metode RGB Hasil Produk *Air Mass*

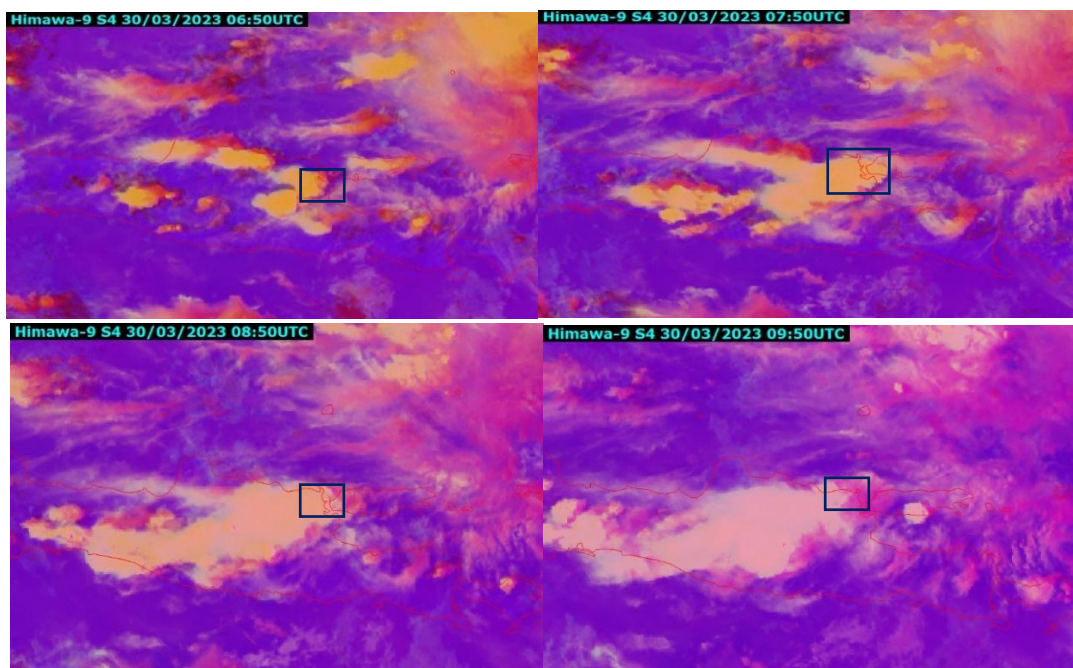
Color	Interpretation
	Thick, high-level clouds
	Thick, mid-level clouds
	Thick, low-level clouds (warm air mass)
	Thick, low-level clouds (cold air mass)
	Jet (high PV, descending dry stratospheric air)
	Cold air mass
	Warm air mass (high upper tropospheric humidity)
	Warm air mass (low upper tropospheric humidity)

(Sumber: JMA, 2020)

Berdasarkan citra Satelit Himawari-8 dengan metode RGB *Air Mass* (**Gambar 6**) dan identifikasi mengenai warna-warna hasil metode RGB dalam **Tabel 1**, pada pukul 06.50 UTC wilayah Kota Surabaya sudah hampir diselimuti oleh awan dengan warna putih pekat. Berdasarkan klasifikasi pada **Tabel 1**, warna putih pekat merepresentasikan awan tinggi atau awan Cumulonimbus (JMA, 2020). Sementara itu di sebagian wilayah lainnya terdapat wilayah dengan warna hijau lumut yang menunjukan masa udara hangat dengan kandungan uap air yang tinggi. Uap air hangat merupakan penyebab proses konvergensi, uap air hangat berperan sebagai sumber utama pertumbuhan awan yang terangkat naik. Sehingga tumbuh menjadi awan Cumulonimbus (CB) (Paski et al., 2017). Pada pukul 07.50 dan 08.50 UTC pertumbuhan awan CB terus berlangsung yang disebabkan oleh masa udara hangat dengan kandungan uap air yang

hangat. Pada pukul 09.50 UTC awan CB terus tumbuh dan bergerak menjauhi wilayah Kota Surabaya menuju ke arah Barat Daya.

Day Convective Storm



Gambar 7. Klasifikasi Warna Metode RGB Hasil Produk *Day Convective Storm* (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2023)

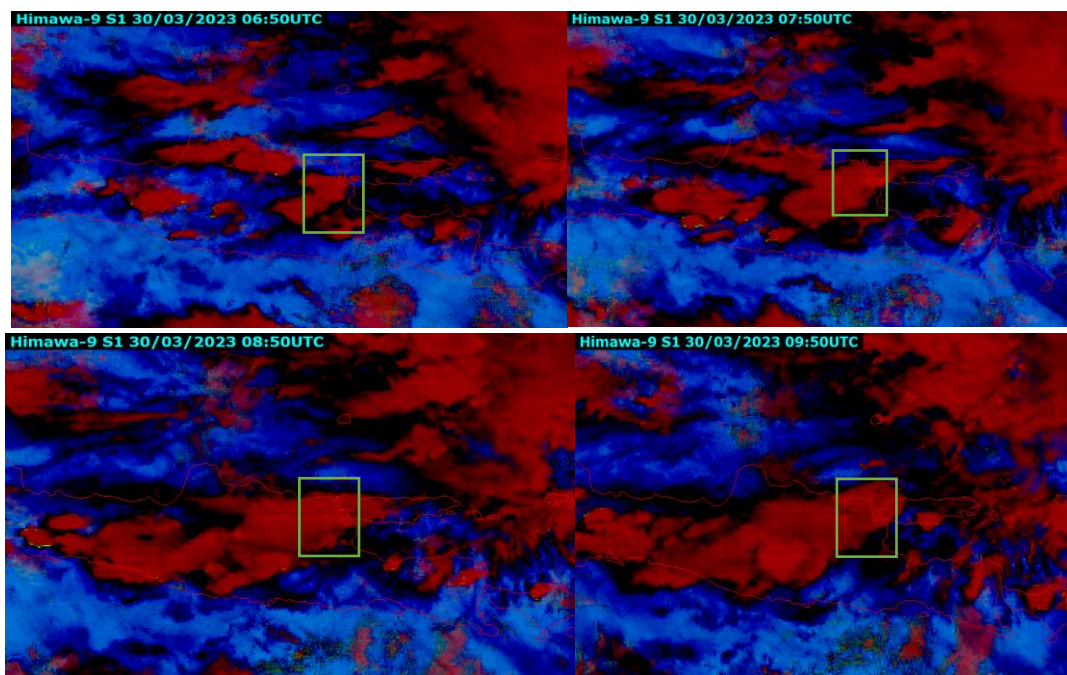
Tabel 2. Klasifikasi Warna Metode RGB Hasil Produk *Day Convective Storm*

Color	Interpretation
Red	Deep precipitating cloud (precipitation is not necessarily reaching the ground) - high-level cloud, large ice particles
Yellow	Deep precipitating cloud (Cb cloud with strong updrafts and severe weather)* - high-level cloud, small ice particles *or thick, high-level lee cloudiness with small ice particles
Purple	Thin cirrus cloud (large ice particles)
Blue	Thin cirrus cloud (small ice particles)
Dark Blue	Ocean
Black	Land

(Sumber: JMA, 2020)

Berdasarkan citra Satelit Himawari-8 dengan metode RGB *Day Convective Storm* (**Gambar 7**) dan identifikasi warna-warna dalam **Tabel 2**, pada pukul 06.50 di wilayah Jawa Timur terdeteksi adanya awan cumulonimbus yang memiliki *updrafts* yang kuat, ditandai dengan warna kuning (JMA, 2020). Awan cumulonimbus ini mulai menutupi wilayah Surabaya sekitar pukul 07.50 UTC, menyebabkan cuaca buruk di wilayah tersebut. Warna kuning yang semakin terang pada peta menunjukkan ekspansi yang semakin luas dari awan cumulonimbus yang mengandung partikel es kecil dan fenomena tersebut berlangsung hingga sekitar pukul 08.50 UTC. Pada pukul 09.50 UTC, terlihat perubahan warna menjadi merah muda, mengindikasikan bahwa awan cirrus mulai mendominasi dan menggantikan awan cumulonimbus.

24-Hours Day Microphysics



Gambar 8. Klasifikasi Warna Metode RGB Hasil Produk 24-Hours Day Microphysics (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2023)

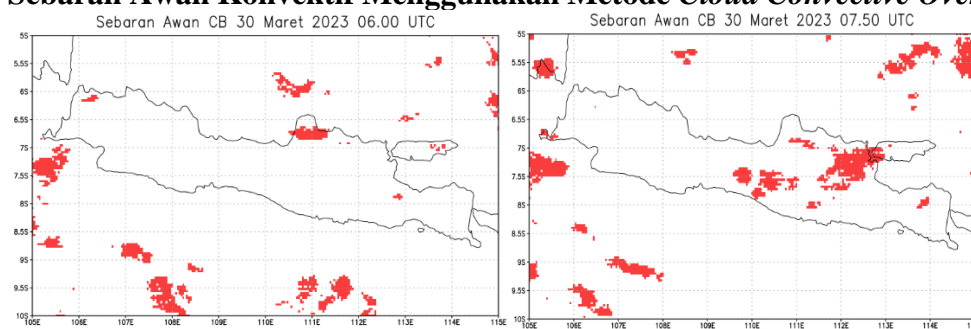
Tabel 3. Klasifikasi Warna Metode RGB Hasil Produk 24-Hours Day Microphysics

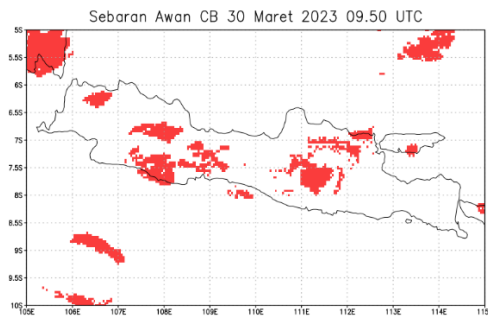
Color	Interpretation
Brown	Thick, high and cold ice clouds
Dark Blue	Thick water clouds
Light Blue	Clouds with small particles
Black	Thin cirrus clouds
Pink	Dust (yellow sand)
Light Green	Sands with quartz mineral

(Sumber: JMA, 2020)

Berdasarkan citra Satelit Himawari-8 dengan metode RGB 24-Hours Day Microphysics pada **Gambar 8**, dan identifikasi warna-warna dalam **Tabel 3**, warna coklat tua menunjukkan keberadaan awan tebal dengan puncak yang tinggi (awan cumulonimbus), sementara warna hitam menandakan keberadaan awan tipis yang tinggi (awan cirrus) (JMA, 2020). Pada pukul 06.50 UTC, awan cumulonimbus terlihat menutupi perairan sekitar Pulau Jawa, terutama di bagian timur. Kemudian, pada pukul 07.50 dan 08.50 UTC, awan cumulonimbus mulai menutupi wilayah Surabaya. Awan cumulonimbus tersebut semakin berkembang dan meluas ke seluruh wilayah Jawa Timur pada pukul 09.00 UTC. Selanjutnya, hingga pukul 09.50 UTC, awan mulai meluruh dan digantikan oleh jenis awan cirrus.

Analisis Sebaran Awan Konvektif Menggunakan Metode Cloud Convective Overlays



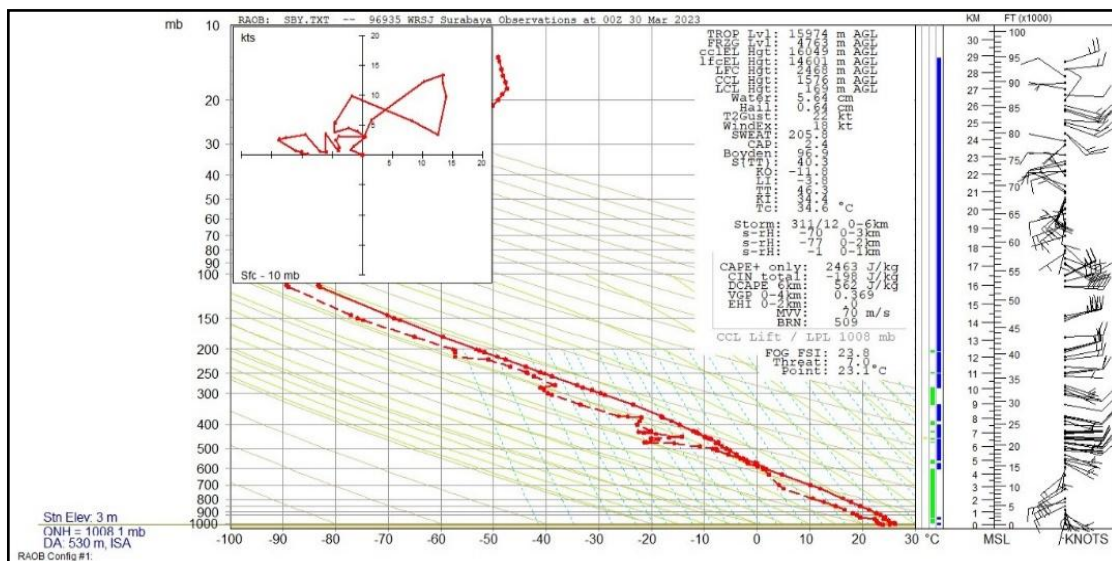


Gambar 9. Sebaran Awan Konvektif Dengan Metode CCO (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2023)

Berdasarkan **Gambar 9** yaitu peta sebaran awan konvektif dengan menggunakan metode CCO pada pukul 06.00 UTC dan 07.50, awan konvektif sedang tumbuh dan berkembang di atas wilayah Kota Surabaya, hal ini bisa menjadi salah satu indikasi penyebab adanya cuaca buruk berupa hujan dengan intensitas lebat yang terjadi pada tanggal 30 Maret 2023, sedangkan pada pukul 09.50 UTC, menunjukkan pertumbuhan awan berada pada fase peluruhan.

Hasil pengolahan data citra Satelit Himawari-8 pada fase matang pukul 07.50 UTC dengan metode CCO menampilkan gambar tutupan daerah konvektif berwarna merah terang, terlihat bahwa sebaran konvektif tepat berada di atas Kota Surabaya. Oleh karena itu, hal ini semakin menguatkan bahwa daerah konvektif di atas Kota Surabaya yang ditampilkan dengan metode CCO terbukti benar adanya sesuai dengan faktor terjadinya pertumbuhan awan konvektif.

Analisis Labilitas Udara



Gambar 10. Data Radiosonde Stasiun Meteorologi Juanda Surabaya Pukul 07.00 WIB Tanggal 30 Maret 2023 (Sumber: Data Radiosonde, 2023)

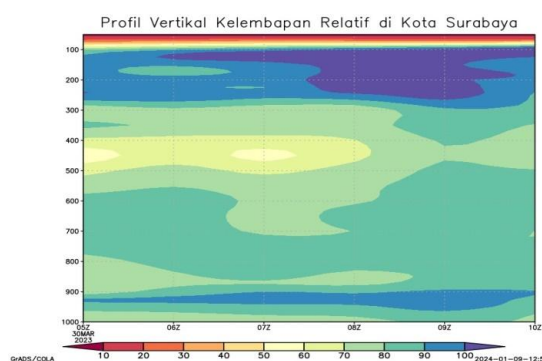
Tabel 4. Indeks Labilitas Udara di Kota Surabaya

Indeks	Nilai
LI	-3,8
SWEAT	205,8
KI	34,4
TTI	46,3
CAPE	2463
CIN	-198

(Sumber: Data radiosonde, 2023)

Analisis data radiosonde yang diolah menggunakan RAOB 5.7 pada **Gambar 10** dari Stasiun Meteorologi Juanda (WMO 96935) pada tanggal 30 Maret 2023, jam 00 UTC atau jam 07.00 WIB, menghasilkan nilai indeks labilitas udara di Kota Surabaya (**Tabel 4**). *Showalter Index* (SI): -1,03, menunjukkan bahwa udara cenderung tidak stabil, *Lifted Index* (LI): -3,8, menunjukkan bahwa udara tidak stabil dan memiliki potensi pembentukan awan konvektif, *K Index* (KI): 34,4, menunjukkan kemungkinan tinggi terjadinya *thunderstorm* (60-80%), *Total-totals Index* (TTI): 46,3, menunjukkan kemungkinan terjadi petir, *Severe Weather Threat Index* (SWEAT): 205,8, menunjukkan kemungkinan terjadi cuaca buruk, *Convective Available Potential Energy* (CAPE): 2463 J/Kg, menunjukkan kemungkinan besar terjadi badai petir, *Convective Inhibition* (CIN): -198 J/Kg, menunjukkan bahwa potensi pembentukan awan konvektif sudah ada. Dengan demikian, pada pagi hari, kondisi labilitas atmosfer sudah menunjukkan potensi yang cukup besar bagi pertumbuhan awan konvektif dan terjadinya cuaca buruk, terutama dalam hal badai petir dengan nilai CAPE yang tinggi (Diniyati et al., 2021).

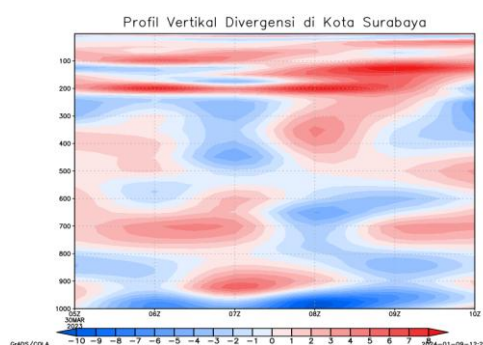
Analisis Data Reanalisis Copernicus ECMWF Kelembaban Udara



Gambar 11. Profil Vertikal Kelembapan Udara Lapisan 100-1000 mb pada Tanggal 30 Maret 2023 (Sumber: Copernicus ECMWF, 2023)

Pada tanggal 30 Maret 2023, antara pukul 05.00-10.00 UTC di Kota Surabaya, profil vertikal kelembaban relatif menunjukkan bahwa hujan lebat disebabkan oleh peningkatan kelembaban relatif di lapisan atmosfer bawah. Pukul 05.00 UTC, kelembaban relatif rendah (sekitar 50%) karena udara kering dari daratan. Pada 07.00 UTC, kelembaban mencapai 80% akibat adveksi udara basah dari lautan, memicu kondensasi uap air dan pembentukan awan. Hujan lebat terjadi antara 05.50-07.50 UTC, ketika awan mencapai ketebalannya maksimum. Pukul 10.00 UTC, kelembaban turun karena presipitasi. Kesimpulannya, hujan lebat dipengaruhi oleh adveksi udara basah dari lautan yang meningkatkan kelembaban relatif di atmosfer bawah.

Divergensi



Gambar 12. Profil Vertikal Divergensi Lapisan 100-1000 mb pada Tanggal 30 Maret 2023 (Sumber: Copernicus ECMWF, 2023)

Profil vertikal divergensi di Kota Surabaya antara pukul 05.00-10.00 UTC mengindikasikan bahwa pada fase tumbuh awan hujan, terjadi divergensi signifikan pada lapisan udara troposfer bagian atas (500-700 mb), menyebabkan udara mengalir ke atas dan membentuk awan cumulonimbus. Pada fase matang, divergensi masih terjadi, tetapi tidak sebesar pada fase tumbuh, menandakan bahwa awan sudah mencapai fase matang dan siap untuk hujan. Pada fase luruh, divergensi melemah hingga menghilang, menunjukkan kehilangan energi awan. Dengan demikian, divergensi menjadi faktor krusial dalam memicu hujan lebat di Kota Surabaya, terutama pada lapisan udara troposfer bagian atas. Suhu dan kelembaban udara di lapisan tersebut juga berperan dalam pembentukan awan hujan.

Pembahasan

Dalam penelitian ini diketahui bahwa hujan lebat terjadi di Surabaya pada tanggal 30 Maret 2023, dengan intensitas mencapai 25 mm/jam akibat aktivitas awan cumulonimbus. Fenomena ini diamati menggunakan metode RGB pada citra satelit Himawari-8 dan data radiosonde, yang menunjukkan indeks atmosfer seperti CAPE dan SWEAT yang mendukung kondisi tidak stabil, sehingga memicu potensi konveksi kuat yang menyebabkan terjadinya curah hujan ekstrem. Hasil ini sejalan dengan peraturan BMKG bahwa curah hujan tinggi di Indonesia sering kali disebabkan oleh pertumbuhan awan konvektif. Namun, berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh (Kharisma & Widomurti, 2018), yang menjelaskan bahwa hujan lebat di wilayah tropis cenderung terjadi pada siang hari, penelitian ini menemukan bahwa aktivitas konvektif yang signifikan juga terjadi pada pagi hari di Surabaya. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh (Diniyati et al., 2021), yang menunjukkan bahwa pola angin dan konvergensi di wilayah tersebut berkontribusi pada pembentukan awan konvektif yang intens.

Tingginya intensitas curah hujan di Surabaya dapat dikaitkan dengan aliran udara hangat dan lembap dari Laut Jawa yang membawa uap air dalam jumlah besar. Kondisi meteorologis di Surabaya pada akhir Maret menunjukkan adanya peningkatan kelembapan relatif yang mencapai 80%, yang berperan penting dalam pembentukan awan cumulonimbus. Selain itu, nilai divergensi negatif yang terukur menunjukkan adanya proses updraft yang kuat di lapisan troposfer, mendukung pembentukan hujan lebat. Dengan mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya, studi ini menyimpulkan bahwa dinamika atmosfer di Surabaya memiliki karakteristik yang unik dan berpotensi menghadirkan cuaca ekstrem pada waktu tertentu. Dalam konteks ini, hasil penelitian berkontribusi pada pemahaman mengenai karakteristik atmosfer lokal di Surabaya serta mendukung pentingnya pengawasan berbasis satelit dalam prediksi cuaca ekstrem.

Kesimpulan

Hujan lebat yang terjadi selama beberapa jam di wilayah Surabaya pada 30 Maret 2023 disebabkan oleh aliran udara hangat dan lembap dari Laut Jawa ke daratan. Aliran udara ini memicu kondensasi uap air dan pembentukan awan cumulonimbus. Berdasarkan analisis kondisi atmosfer menggunakan data citra satelit Himawari-8, teramati bahwa suhu puncak awan terendah mencapai -82.8°C pada sekitar pukul 07.50 UTC. Hal ini menunjukkan bahwa hujan dengan intensitas tertinggi pada hari itu terjadi karena pertumbuhan awan cumulonimbus. Pertumbuhan awan konvektif di wilayah penelitian terlihat mulai pukul 05.50 UTC hingga 09.00 UTC, dan awan tersebut mulai menjauhi wilayah penelitian sekitar pukul 09.50 UTC. Melalui metode RGB dan CCO, dapat diamati bahwa awan konvektif yang terbentuk merupakan jenis awan cumulonimbus yang tinggi dan tebal.

Nilai indeks labilitas atmosfer seperti SI, KI, SWEAT, LI, TTI, CAPE, dan CIN menunjukkan adanya potensi konveksi dan pembentukan awan. Hal ini tercermin dari nilai

yang signifikan pada awal pembentukan awan konvektif hingga saat awan tersebut meluruh. Nilai yang tinggi pada awal pembentukan awan konvektif menunjukkan kondisi atmosfer yang tidak stabil, sementara nilai yang menurun saat awan meluruh menandakan kembalinya kondisi atmosfer ke stabilitasnya. Kelembapan atmosfer yang tinggi, mencapai 80%, juga mendukung adanya pembentukan awan cumulonimbus. Selain itu, nilai divergensi yang negatif menunjukkan adanya proses updraft dari lapisan 500 mb hingga 700 mb. Hasil analisis kondisi atmosfer menggunakan metode RGB, CCO, data radiosonde, dan data reanalisis Copernicus ECMWF menunjukkan konsistensi dan saling mendukung satu sama lain. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan, seperti ketiadaan data radar yang dapat meningkatkan akurasi hasil penelitian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperhatikan kekurangan ini untuk menghasilkan analisis yang lebih akurat dan komprehensif terdampak < 1000 hektar. Sama seperti tahun 2021, pada tahun 2022 penggunaan lahan terdampak pada tahun 2021 yang paling parah adalah hutan dengan luas 27.284 hektar, kemudian disusul perkebunan dengan luas 10.361 hektar. Namun pada penggunaan lahan permukiman dan lahan terbangun serta lahan terbuka, luas area terbakar mengalami kenaikan sebesar 1000 hektar.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada STMKG dan BMKG atas kontribusi ilmu pengetahuan yang telah diberikan serta fasilitas pembelajaran dan data yang telah disediakan kepada penulis. Dengan bantuan dan dukungan dari kedua lembaga ini, penulis dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini dengan baik.

Referensi

- Detik.com. (2023). Hujan Disertai Angin Kencang, Petir Merata Landa Kota Surabaya. <https://www.detik.com/jatim/berita/d-6646394/hujan-disertai-angin-kencang-petir-merata-landa-kota-surabaya>
- Diniyati, E., Qalbi Syofyan, D., & Mulya, A. (2021). Pemanfaatan Satelit Himawari-8 dengan Metode NWP dan RGB untuk Menganalisis Kondisi Atmosfer Saat Banjir di Sidoarjo Tanggal 28 Mei 2020. <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPIG/>
- JMA. (2020a). Himawari 24-Hours Microphysics RGB Quick Guide. In http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html.
- JMA. (2020b). Himawari Airmass RGB Quick Guide. In http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html.
- JMA. (2020c). Himawari Day Convective Storms RGB Quick Guide. In http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html.
- Kharisma, S., & Widomurti, L. (2018). ANALISIS HUJAN LEBAT DENGAN MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT DI KABUPATEN BANJARNEGARA (STUDI KASUS 18 JUNI 2016). In Jurnal Material dan Energi Indonesia (Vol. 08, Issue 01).
- Mahrup, & Idris, H. (2018). ASAL AWAN KONVEKTIF PEMBAWA HUJAN LOKAL DI PULAU LOMBOK (Vol. 1).
- Mughozali, S., Umar Firdianto, P., & Irawan, A. (2017). Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara Study Kasus Rabu 8 November 2017. In UPJ (Vol. 6, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>
- Paski, J., Sepriando, A., & Pertiwi, S. (2017). PEMANFAATAN TEKNIK RGB PADA CITRA SATELIT HIMAWARI-8 UNTUK ANALISIS DINAMIKA ATMOSFER KEJADIAN

- BANJIR LAMPUNG 20-21 FEBRUARI 2017. In Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (Vol. 4, Issue 3). <http://bom.gov.au>.
- Prasetyo, B., & Pusparini, N. (2018). Pemanfaatan SATAID Untuk Analisa Atmosfer di Wilayah Perairan. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya, 14(2), 37. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v14i2.3220>
- Rizkiafama, V., Dzikiro, T., & Safril, A. (2018). Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 Serta Data Curah Hujan Dan Hari Hujan Bulanan Dalam Analisis Kejadian Banjir Kota Padang, 9 September 2017 dan 26 September 2018.
- Rozi, M. (2019). Prediksi Pertumbuhan Awan Cumulonimbus Pada Citra Himawari Ir Enhanced Menggunakan Deep Echo State Network (DEEPESN).