

Pemanfaatan Satelit Himawari-8 dengan Metode NWP dan RGB untuk Menganalisis Kondisi Atmosfer Saat Banjir di Sidoarjo Tanggal 28 Mei 2020

Estri Diniyati^{1*}, Dhiyaul Qalbi Syofyan², Aditya Mulya³,

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

²Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
(BMKG), Agam 26151, Sumatera Barat

Email : *estri.diniyati@gmail.com, dhiyaulqalbi@gmail.com, adityamulya@stmkg.ac.id

Dikirim : 14 Januari 2021

Diterima: 26 Maret 2021

Abstrak

Hujan sangat lebat dengan intensitas mencapai 73,6 mm/jam di Kabupaten Sidoarjo tanggal 28 Mei 2020 menyebabkan bencana banjir. Hujan lebat disebabkan oleh adanya aktivitas awan konvektif cumulonimbus. Aktivitas awan ini dapat dianalisis dengan memanfaatkan penginderaan jauh satelit Himawari-8 dengan metode NWP dan RGB yang diolah dengan aplikasi SATAID. Hasil menunjukkan terdapat pola konvergensi dan siklonik di wilayah Jawa Timur yang mengakibatkan potensi pertumbuhan awan konvektif semakin meningkat. Awan mulai terbentuk pada pukul 03.00 UTC dan mulai menutupi wilayah Sidoarjo pada pukul 04.30 UTC. Dengan metode RGB, terpantau awan cumulonimbus yang tinggi dan tebal serta mengandung kristal es. Berdasarkan metode NWP, adanya awan cumulonimbus ini ditandai dengan kondisi atmosfer yang labil dan berpotensi mengalami cuaca buruk dengan nilai SSI -0,1 °C, CAPE 663 J/kg, CIN 20 J/kg, SWEAT 338 pada pukul 06.00 UTC. Selain itu, berdasarkan data reanalisis Copernicus ECMWF diperoleh nilai divergensi $-0,02 \text{ s}^{-1}$ dan nilai kelembapan mencapai $>100\%$. Hal ini menunjukkan bahwa analisis dengan menggunakan metode NWP, metode RGB dan data reanalisis Copernicus ECMWF memiliki kesesuaian dan saling mendukung satu sama lainnya.

Kata kunci : Banjir, Cumulonimbus, Himawari-8, RGB, NWP

Abstract

Very heavy rain with an intensity of up to 73.6 mm/hour in Sidoarjo on May 28, 2020, caused flooding. Heavy rain is caused by cumulonimbus convective cloud activity. This cloud activity can be analyzed by utilizing remote sensing of the Himawari-8 satellite with NWP and RGB methods processed by SATAID application. The results show there are convergence and cyclonic patterns in the East Java region which increasing potential for convective cloud growth. The cloud started to form at 03.00 UTC and began to cover the Sidoarjo at 04.30 UTC. Using RGB method, tall and thick cumulonimbus clouds were observed and contained ice crystals. Based on NWP method, the presence of cumulonimbus clouds is characterized by unstable atmospheric conditions and the potential to experience bad weather with SSI values -0.1°C , CAPE 663 J/kg, CIN 20 J/kg, SWEAT 338 at 06.00 UTC. In addition, based on the Copernicus ECMWF reanalysis data, the divergence value was -0.02 s^{-1} and the humidity value reached $>100\%$. This shows that analysis using NWP method, RGB method and the Copernicus ECMWF reanalysis data are compatible and mutually support one another.

Keywords: Flood, Cumulonimbus, Himawari-8, RGB, NWP

Pendahuluan

Hujan lebat dengan durasi yang panjang dan lama merupakan salah satu faktor meteorologis yang dapat mengakibatkan peristiwa banjir (Hadiansyah et al., 2019). Menurut BMKG, curah hujan dikategorikan lebat apabila berkisar antara 5-10 mm/jam atau 20-50 mm/hari dan dikategorikan sangat lebat apabila curah hujan lebih dari 20 mm/jam atau lebih dari 100 mm/hari. Hujan lebat umumnya ditandai dengan adanya 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). Awan – awan konvektif ini memiliki potensi besar terbentuk diwilayah Indonesia disebabkan karena pemanasan yang diterima wilayah ekuator lebih banyak sehingga uap air yang dihasilkan juga lebih banyak (Putri, 2016).

Pada tanggal 28 Mei 2020, terjadi banjir di wilayah Sidoarjo akibat hujan sangat lebat yang mengguyur dari siang hingga malam hari. Banjir pada wilayah ini menyebabkan rumah warga terendam dan ruas jalan pada lokasi banjir mengalami kemacetan panjang. Peristiwa hujan sangat lebat yang mengakibatkan banjir dapat dianalisis kondisi atmosfer pada saat kejadian dengan memanfaatkan penginderaan jauh citra satelit Himawari-8. Satelit Himawari-8 merupakan satelit penerus dari MTSAT yang dikembangkan oleh JMA (*Japan Meteorological Agency*) dan mulai beroperasi pada tahun 2015. Satelit ini memiliki 16 kanal dimana setiap kanal memiliki fungsi dan karakteristik yang berbeda. Data dari satelit Himawari-8 dapat dijalankan dengan aplikasi SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*).

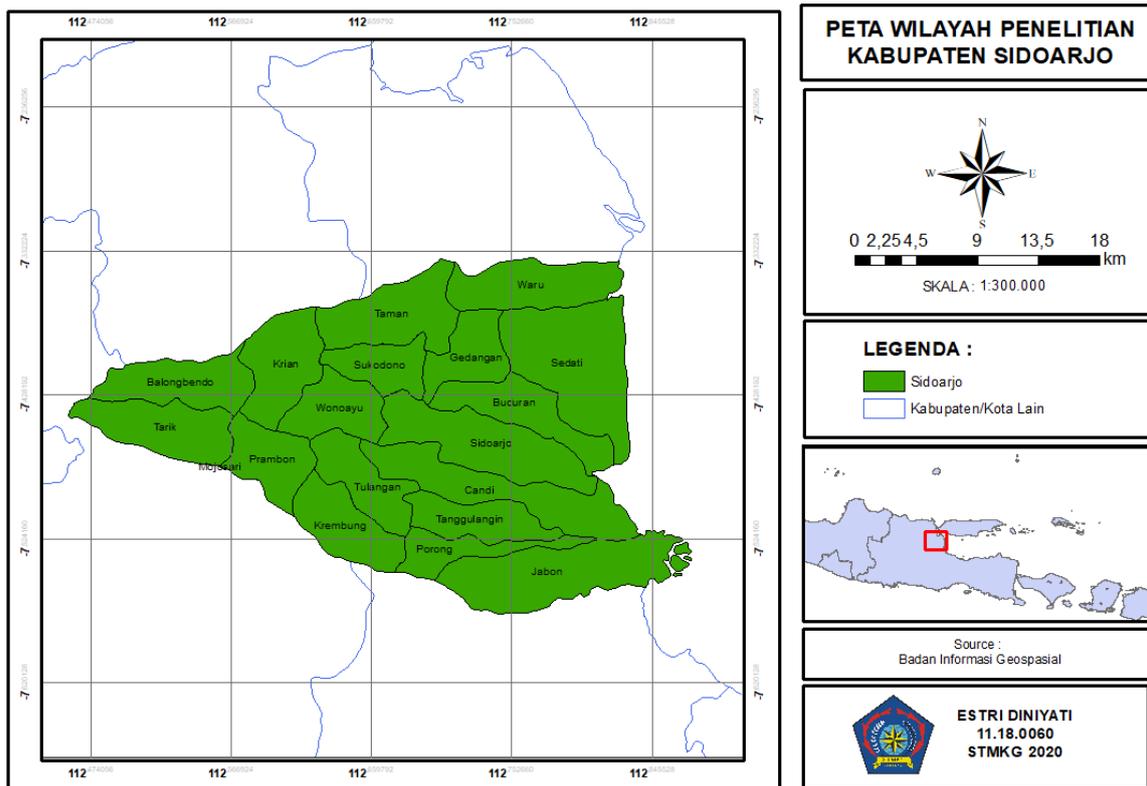
Aplikasi SATAID merupakan aplikasi untuk mengolah data jenis *binary* dari citra satelit secara *real time* dan dapat diakses dengan mudah. Aplikasi ini telah banyak dimanfaatkan untuk menganalisis fenomena cuaca ekstrem yang sulit diamati dari permukaan bumi sehingga dapat diperoleh informasi sesuai dengan kondisi yang terjadi (Prasetyo & Pusparini, 2018). Terdapat beberapa metode yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi SATAID. Salah satunya metode NWP (*Numerical Weather Prediction*) yang dapat dimanfaatkan untuk memperoleh data indeks stabilitas atmosfer pada saat terjadinya cuaca ekstrem. Analisis kondisi atmosfer dapat membantu prakirawan cuaca dalam menganalisis kondisi yang mendukung terjadinya cuaca ekstrem (Nurrohman & Tjasyono, 2016).

Analisis mengenai indeks stabilitas atmosfer dengan memanfaatkan satelit Hiawari-8 telah banyak dilakukan, diantaranya yaitu penelitian dari (Mughozali et al., 2017), (Sulton & Laksita, 2018), (Rizkiafama et al., 2018) dan (Prasetyo & Pusparini, 2018). Selain metode NWP, terdapat juga metode lain yang dapat dimanfaatkan yaitu metode RGB (*Red, Green, Blue*). Metode RGB adalah metode yang memanfaatkan kombinasi dari tiga primer warna yaitu merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*) dengan panjang gelombang yang berbeda. Metode ini menghasilkan warna sekunder yang lebih bervariasi sehingga dapat diinterpretasikan lebih baik dalam satu kanal (Paski et al., 2017).

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode NWP dan RGB dalam menganalisis kondisi atmosfer pada saat kejadian bencana banjir di Sidoarjo. Selain itu, analisis juga didukung dengan data pemodelan dari *Copernicus* ECMWF guna meniadakan analisis yang lebih baik.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan metode deskriptif. Metode ini dipilih oleh penulis karena data indeks stabilitas dan curah hujan berupa angka kemudian diolah menjadi grafik agar mudah dianalisis. Selain itu, peta hasil metode RGB juga dapat dideskripsikan oleh penulis dan dipahami oleh pembaca dengan mudah.



Gambar 1. Peta Kabupaten Sidoarjo

Lokasi penelitian dilakukan pada wilayah Sidoarjo, Jawa Timur (gambar 1). Wilayah Kabupaten Sidoarjo terletak pada koordinat $112^{\circ}5' - 112^{\circ}9'$ BT dan $7^{\circ}3' - 7^{\circ}5'$ LS. Secara geografis, Kabupaten Sidoarjo pada sebelah Utara berbatasan dengan Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik sedangkan pada sebelah Selatan berbatasan dengan wilayah Kabupaten Pasuruan. Untuk sebelah Barat, Kabupaten Sidoarjo berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto sedangkan sebelah Timur berbatasan dengan Selat Madura.

Pengumpulan Data

Data yang diolah dalam penelitian ini meliputi :

1. Data Satelit Himawari-8 tanggal 28 Mei 2020 pukul 03.00 UTC-20.00 UTC yang diperoleh dari BMKG, Sub Bidang Pusat Pengelolaan Citra Satelit.meliputi data format

- .z (kanal 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15 dan data pemodelan), data format .txt (data synop, data METAR dan data UA dan data UB), dan data format .nc (data pemodelan).
2. Data curah hujan tanggal 28 Mei 2020 pukul 03.00 UTC-23.00 UTC yang diperoleh dari ARG Seruni Gedangan Sidoarjo melalui website AWS Center BMKG (<http://202.90.198.206/aws/base>).
 3. Data Copernicus ECMWF (<https://cds.climate.copernicus.eu/>) tanggal 28 Mei 2020 pukul 03.00-14.00 UTC dengan format .nc yang meliputi data divergensi dan kelembapan.

Analisis Data

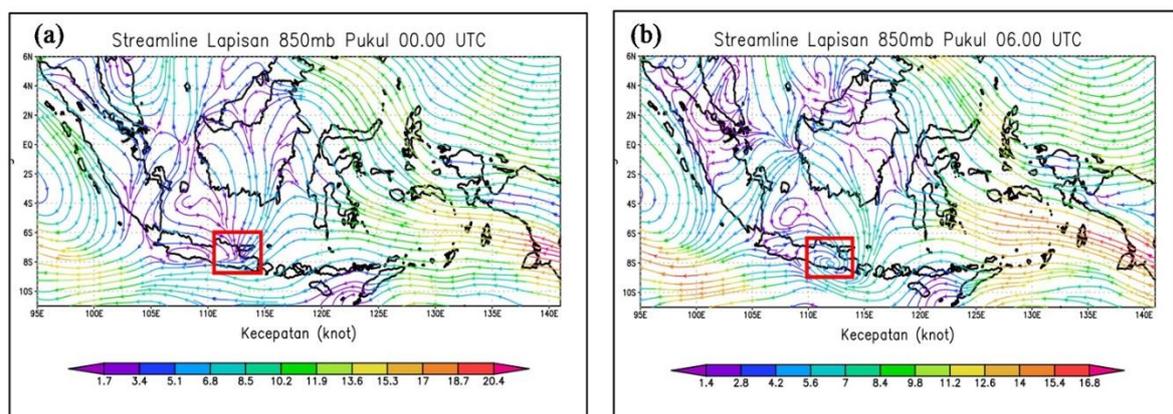
Data format .z diolah dengan aplikasi SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*) dengan beberapa cara yaitu :

1. Fitur *measure*, digunakan untuk memperoleh grafik time series suhu pucak awan sehingga dapat diketahui fase-fase awan dari fase tumbuh hingga punah.
2. Metode NWP (*Numerical Weather Prediction*), digunakan untuk memperoleh data indeks stabilitas atmosfer yang kemudian diolah menjadi grafik dengan *Microsoft Excel*.
3. Metode RGB (*Red, Green, Blue*), digunakan untuk memperoleh peta persebaran awan dengan tampilan yang lebih menarik dan detail sehingga lebih mudah diinterpretasi.

Sedangkan data format .nc dari satelit Himawari-8 dan Copernicus ECMWF diolah dengan aplikasi GrADS (*Grid Analysis and Display System*) untuk memperoleh tampilan spasial *streamline*, divergensi dan kelembapan. Data curah hujan yang telah diunduh, diolah dari data curah hujan persepuluh menit menjadi perjam dengan menggunakan *Microsoft Excel* yang disajikan dalam bentuk grafik. Selanjutnya setelah semua data diolah, data dianalisis dengan metode deskriptif agar mudah dipahami oleh pembaca.

Hasil dan Pembahasan

Peta Streamline

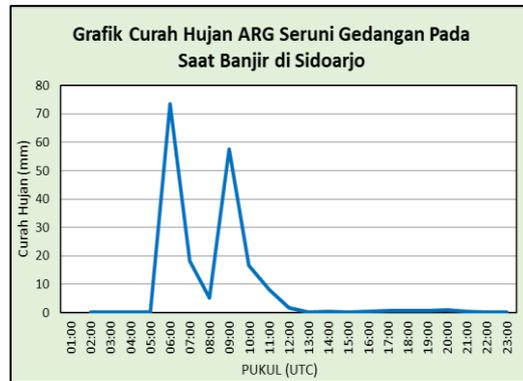


Gambar 2. Peta Streamline Lapisan 850 mb Pada Pukul (a) 00.00 UTC dan (b) 06.00 UTC

Berdasarkan gambar 2, pada wilayah Jawa Timur terdapat pola konvergensi atau pertemuan angin pada pukul 00.00 UTC yang ditandai dengan kecepatan angin yang lebih rendah daripada wilayah sekitarnya (1,7-3,4 knot). Kemudian pada pukul 06.00 UTC terdapat

pola siklonik yang masuk dan tertutup searah dengan jarum jam. Kedua pola ini menyebabkan peningkatan potensi pembentukan awan cumuliform terutama awan cumulonimbus yang menyebabkan cuaca buruk (Mega et al., 2020).

Curah Hujan

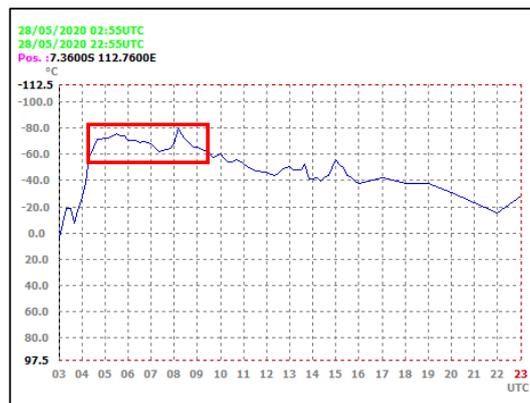


Gambar 3. Grafik Curah Hujan ARG Seruni Saat Banjir di Sidoarjo

Berdasarkan intensitas curah hujan pada gambar 3, hujan mulai terukur pada pukul 06.00 UTC sebesar 73,6 mm. Kemudian curah hujan mulai menurun pada pukul 07.00-08.00 UTC namun curah hujan kembali meningkat pada pukul 09.00 UTC hingga mencapai 57,6 mm. Selanjutnya curah hujan menurun kembali mulai pukul 10.00 UTC dan berlanjut hingga pukul 21.00 UTC. Curah hujan pada pukul 06.00 UTC dan 09.00 UTC mencapai >20 mm/jam sehingga dikategorikan sebagai curah hujan sangat lebat.

Analisis Citra Satelit Himawari-8

Time Series



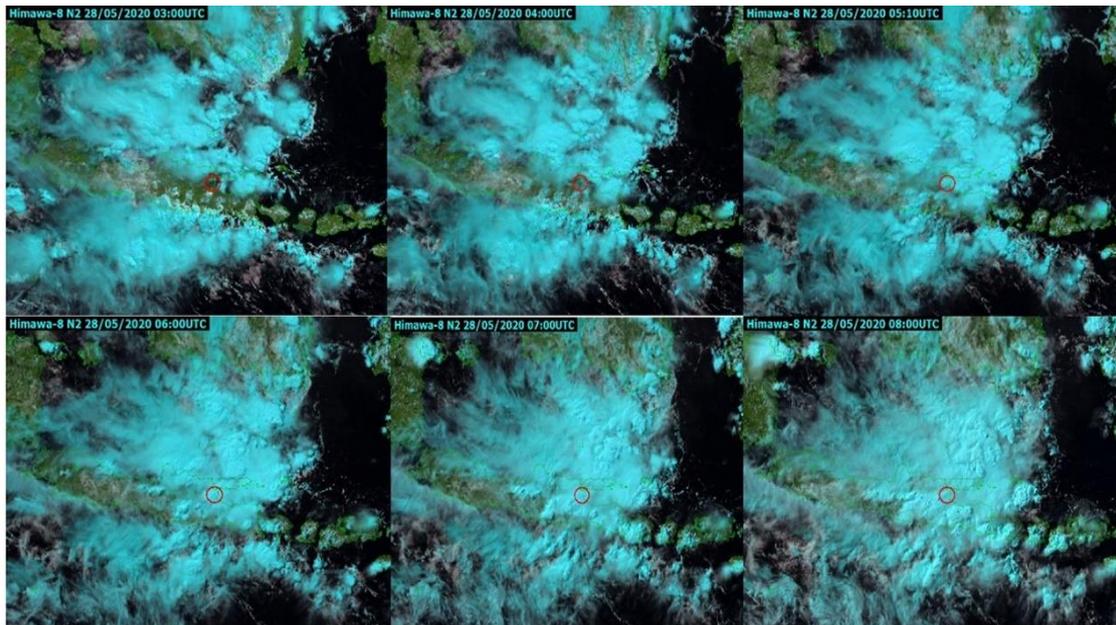
Gambar 4. Grafik Time Series Suhu Puncak Awan Saat Kejadian Banjir di Sidoarjo

Grafik time series pada gambar 4 menunjukkan fase pertumbuhan awan dimulai pada pukul 03.00 UTC dimana suhu telah mencapai *freezing level* dan suhu puncak awan masih mengalami penurunan hingga mencapai -60°C . Awan mengalami fase matang sekitar pukul 05.00 UTC (kotak berwarna merah) dimana suhu puncak awan lebih rendah dari -60°C dan bertahan hingga sekitar pukul 09.00 UTC. Bahkan pada sekitar pukul 08.30 UTC, suhu puncak awan hampir mencapai -80°C . Hal ini bersesuaian dengan grafik curah hujan pada ARG Seruni

Gedangan pukul 06.0-09.00 UTC dimana pada saat kondisi awan matang, curah hujan yang diterima juga meningkat. Selanjutnya, awan mengalami fase purnah atau meluruh mulai pukul 10.00 UTC yang ditandai dengan peningkatan suhu puncak awan, dan hingga pukul 23.00 UTC suhu puncak awan masih dibawah *freezing level*.

Analisis Jenis Awan dengan Metode RGB

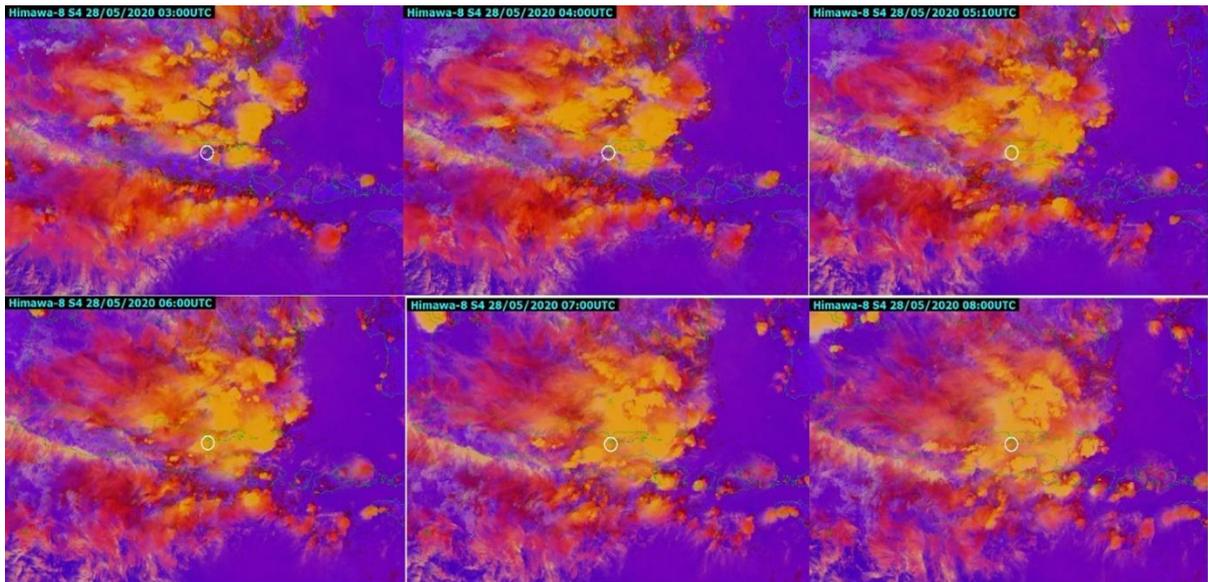
Natural Color



Gambar 5. Citra Satelit Himawari-8 *Natural Color* RGB Pada Tanggal 28 Mei 2020 Pukul 03.00-08.00 UTC

Berdasarkan Citra Satelit Himawari-8 dengan metode RGB *Natural Color* (gambar 5), hampir seluruh Pulau Jawa tertutup oleh awan-awan yang mengandung kristal es yang ditandai dengan warna *cyan* terang (JMA, 2020). Metode RGB dengan *Natural Color* bermanfaat untuk mengidentifikasi karakteristik permukaan seperti vegetasi, tanah dan salju. Pada pukul 03.00 UTC, wilayah Sidoarjo (lingkaran berwarna merah) terdapat vegetasi yang ditandai dengan warna hijau tua. Selanjutnya, pada pukul 05.10 UTC wilayah Sidoarjo mulai tertutup oleh awan-awan kristal es dan semakin meluas hingga pukul 09.00 UTC. Penggunaan metode RGB *Natural Color* ini, memiliki keterbatasan yaitu memiliki panjang gelombang yang pendek sehingga hanya dapat diterapkan pada saat siang hari (JMA, 2020). Oleh karena itu, pada pukul 10.00 UTC (17.00 WIB) tidak dapat dianalisis karena pada wilayah Jawa Timur sinar matahari yang diterima telah berkurang.

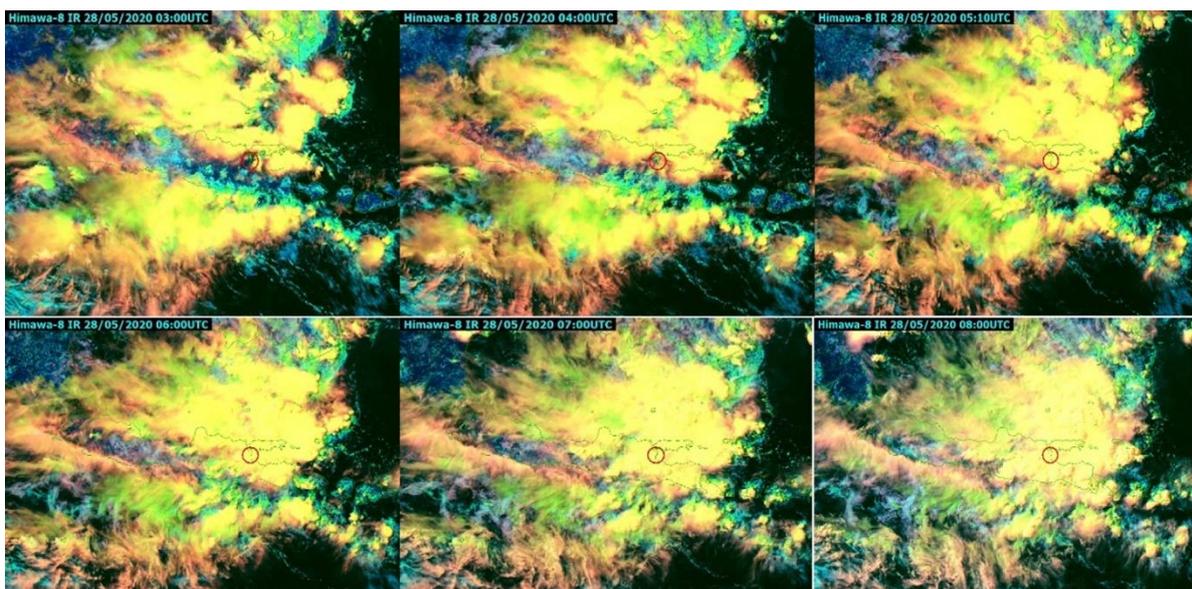
Day Convective Storm



Gambar 6. Citra Satelit Himawari-8 *Day Convective Storm* RGB Pada Tanggal 28 Mei 2020 Pukul 03.00-08.00 UTC

Berdasarkan citra Satelit Himawari-8 dengan metode RGB *Day Convective Storm* (gambar 6), pada pukul 03.00 di wilayah Perairan Utara dan Selatan Pulau Jawa terdapat awan *cumulonimbus* yang memiliki *updrafts* yang kuat ditandai dengan warna kuning (JMA, 2020). Awan *cumulonimbus* ini mulai terlihat menutupi wilayah Sidoarjo (lingkaran berwarna putih) mulai pukul 05.10 UTC dimana awan ini membawa cuaca buruk pada wilayah Sidoarjo. Warna kuning yang semakin terang pada peta menandakan awan *cumulonimbus* yang mengandung partikel es yang kecil ini semakin meluas dan bertahan hingga pukul 08.00 UTC. Sama halnya seperti metode RGB *natural color*, metode *Day Convective Storm* ini hanya dapat diaplikasikan pada siang hari, sehingga mulai pukul 09.00 UTC

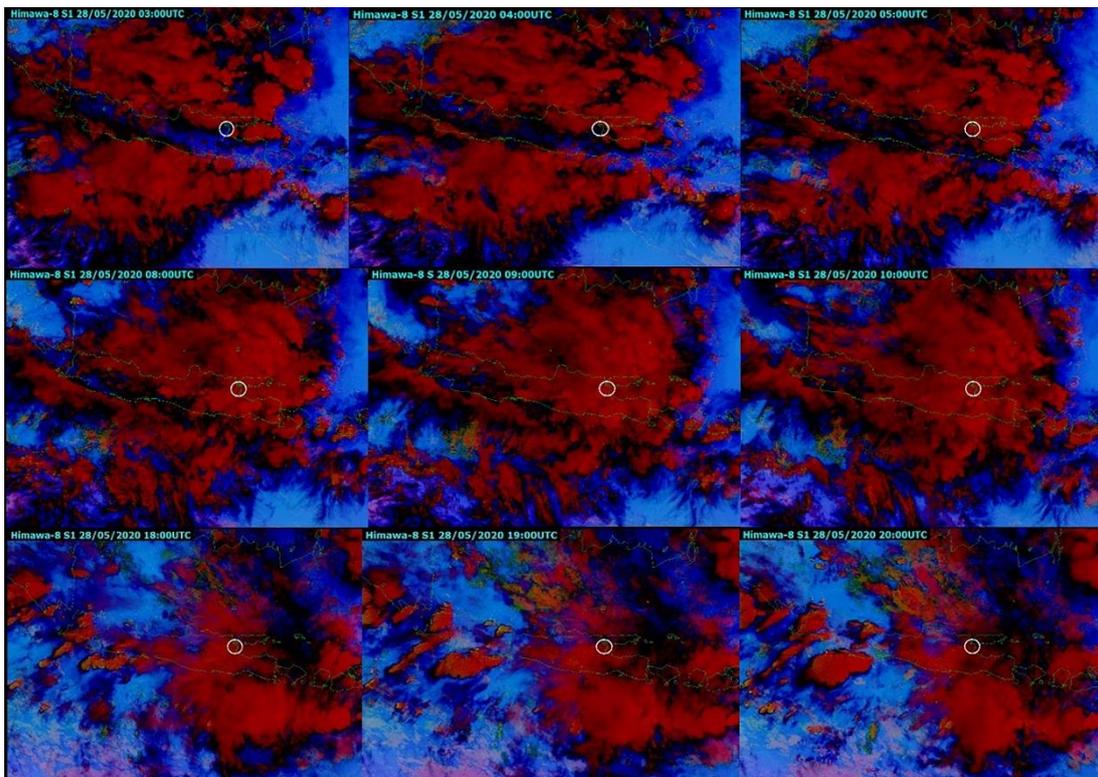
Cloud Phase Distinction



Gambar 7. Citra Satelit Himawari-8 *Day Cloud Phase Distinction* RGB Pada Tanggal 28 Mei 2020 Pukul 03.00-08.00 UTC

Pada metode *Cloud Phase Distinction* RGB, warna kekuningan menandakan awan tebal dan tinggi yang mengandung partikel es (awan *cumulonimbus*). Kemudian warna pastel menandakan awan tipis dan tinggi yang mengandung partikel es (awan *cirrus*). Selain itu, warna hijau muda menandakan awan tebal dan rendah yang mengandung partikel es sedangkan warna *cyan* menandakan awan tebal dan rendah yang mengandung air (JMA, 2020). Pada gambar 7 menunjukkan bahwa pada pukul 03.00 UTC, awan *cumulonimbus* menutupi wilayah perairan di Pulau Jawa bagian Utara dan Selatan. Awan *cumulonimbus* mulai menutupi wilayah Sidoarjo (lingkaran merah) pada pukul 05.10 UTC. Awan ini terus meluas dan dan bertahan hingga pukul 08.00 UTC. Sama halnya dengan dua metode RGB yang sebelumnya, metode *Cloud Phase Distinction* ini juga hanya tersedia pada siang hari, sehingga pada pukul 09.00 UTC data yang diterima mulai tidak optimal karena sinar matahari mulai berkurang.

24-Hours Day Microphysics

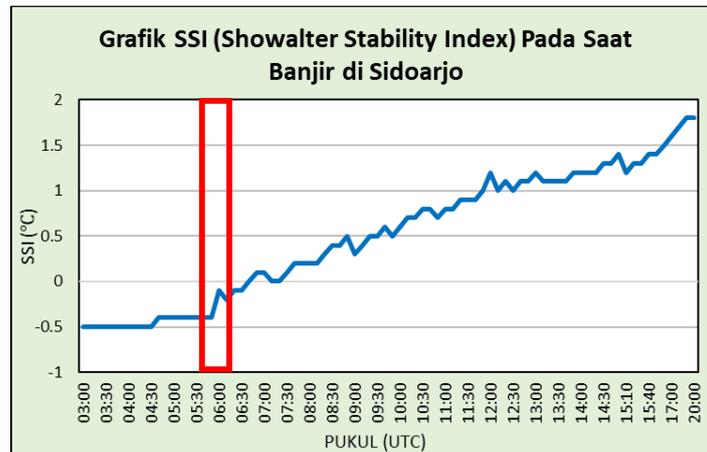


Gambar 8. Citra Satelit Himawari-8 24-Hours Microphysics RGB Pada Tanggal 28 Mei 2020 Pukul 03.00-20.00 UTC

Pada gambar, warna coklat tua menandakan awan tebal dengan puncak yang tinggi (awan *cumulonimbus*), sedangkan warna hitam menandakan awan tipis yang tinggi (awan *cirrus*). Pada pukul 03.00 UTC terlihat awan *cumulonimbus* menutupi perairan Pulau Jawa terutama bagian Utara dan Selatan. Kemudian pada pukul 05.00 UTC awan *cumulonimbus* mulai menutupi wilayah Sidoarjo (lingkaran berwarna putih). Awan *cumulonimbus* semakin matang dan meluas diseluruh wilayah Jawa Timur pada pukul 09.00 UTC. Selanjutnya hingga pukul 18.00 – 20.00 UTC awan mulai meluruh digantikan dengan jenis awan *cirrus*, hal ini sesuai dengan intensitas curah hujan yang mulai berhenti pada pukul 20.00 UTC di ARG Seruni Gedangan pada gambar 8. Metode *24-Hours Microphysics RGB* ini dapat dimanfaatkan baik pada siang hari maupun malam hari sehingga dapat melengkapi data dari metode RGB yang sebelumnya (JMA, 2020)

Analisis Stabilitas Udara dengan Metode NWP

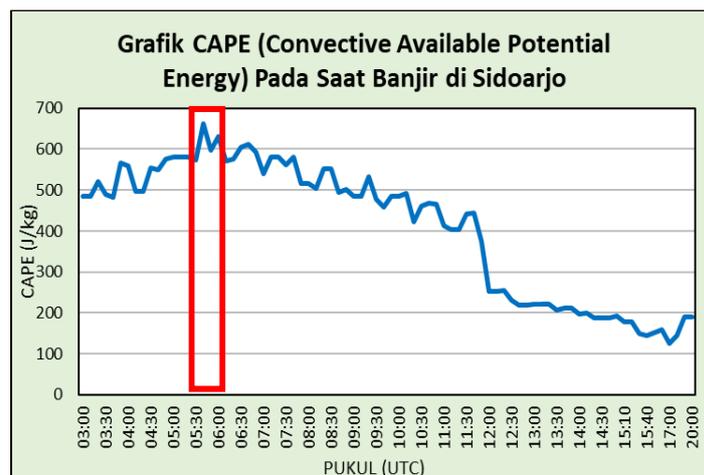
SSI (*Showalter Stability Index*)



Gambar 9. Grafik SSI pukul 03.00-20.00 UTC di Kabupaten Sidoarjo

SSI digunakan untuk mengukur kestabilan atmosfer dengan menghitung gaya angkat keatas suatu parsel udara dari lapisan 850 mb ke lapisan 500 mb. Nilai SSI antara -2 hingga +1 menandakan bahwa pada kondisi tersebut terdapat peluang pertumbuhan *thunderstorm* secara cepat. Sedangkan untuk nilai SSI $< +3$ menandakan bahwa terdapat potensi terjadinya *shower* atau hujan yang terjadi secara tiba-tiba dan dapat dilanjutkan mejadi pertumbuhan *thunderstorm*. Berdasarkan grafik pada gambar 9 pada pukul 03.00 – 11.40 UTC memiliki SSI berkisar antara -0,5 hingga +1 sehingga kondisi pada waktu ini berpeluang mengalami cuaca buruk, hal ini bersesuaian dengan grafik curah hujan dimana terjadinya hujan berlangsung secara signifikan pada pukul 06.00– 12.00 UTC. Kemudian pada pukul 12.00-20.00 UTC nilai SSI lebih lebih dari +1 sehingga berpotensi terjadi *shower*.

CAPE (*Convective Available Potential Energy*)

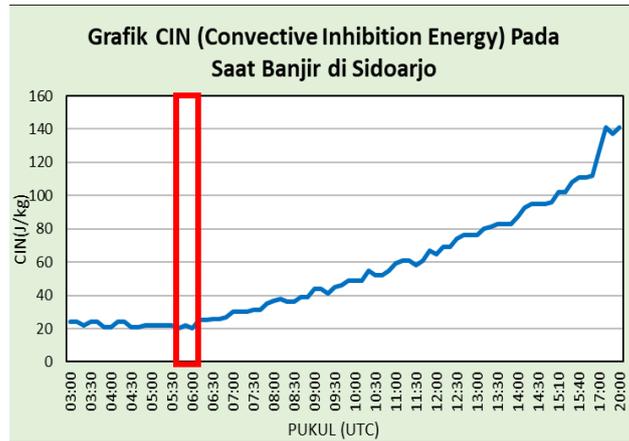


Gambar 10. Grafik CAPE pukul 03.00-20.00 UTC di Kabupaten Sidoarjo

CAPE merupakan indeks stabilitas atmosfer yang menghitung jumlah energi yang dimiliki suatu parsel udara untuk dapat terangkat secara vertikal diatmosfer (Husna & Munandar, 2017). Nilai CAPE < 1000 J/kg dikategorikan memiliki potensi energi yang lemah.

Pada gambar 10, secara keseluruhan mulai pukul 03.00-20.00 UTC nilai CAPE berkisar antara 126-663 J/kg, dan nilai maksimum CAPE terjadi pada pukul 05.40 UTC. Hal ini menandakan bahwa sebelum hujan di Sidoarjo pukul 06.00 UTC terjadi, energi parcel udara meningkat maksimum sehingga curah hujan yang dihasilkan juga tinggi seperti yang ditampilkan pada grafik curah hujan gambar 3.

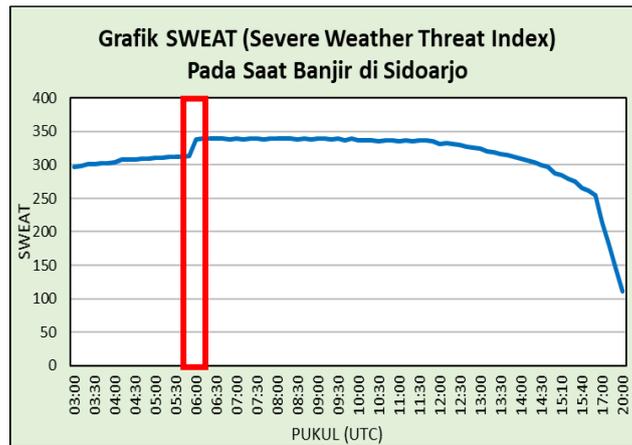
Convective Inhibition Energy (CIN)



Gambar 11. Grafik CIN pukul 03.00-20.00 UTC di Kabupaten Sidoarjo

CIN merupakan indeks stabilitas atmosfer yang menghambat proses *updraft* suatu parcel udara. Sehingga, semakin kecil nilai CIN maka hambatan yang dihasilkan lebih kecil dan potensi untuk parcel udara mengalami *updraft* lebih besar sehingga potensi pembentukan awan juga meningkat. Nilai CIN dikategorikan rendah apabila berkisar antara 0-50 J/kg, sedangkan untuk nilai CIN yang berkisar antara 51-199 J/kg dikategorikan dalam hambatan sedang. Berdasarkan grafik pada gambar 11 nilai CIN pada pukul 03.00-10.10 UTC berkisar antara 20-49 J/kg yang menandakan potensi besar dalam pembentukan awan konvektif. Sedangkan nilai CIN mulai pukul 10.20-20.00 UTC berkisar antara 55-141 J/kg yang menandakan potensi pembentukan awan konvektif lebih kecil karena hambatan dalam kategori sedang. Hal ini bersesuaian dengan grafik *time series* pada gambar 4 dimana pada pukul 10.00 UTC awan sedang mengalami fase meluruh dan curah hujan mengalami penurunan.

Severe Weather Threat Index (SWEAT)

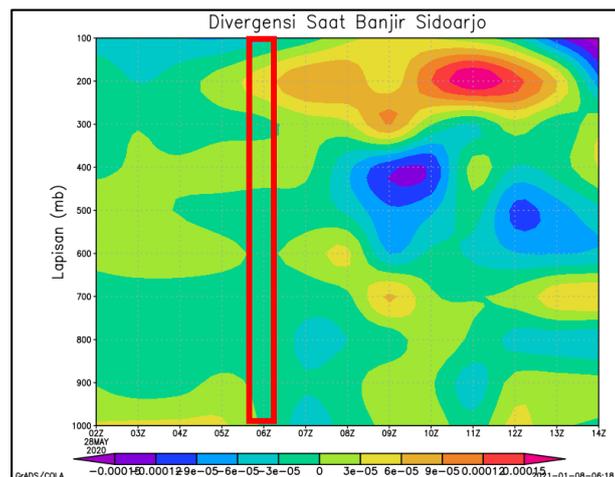


Gambar 12. Grafik SWEAT pukul 03.00-20.00 UTC di Kabupaten Sidoarjo

SWEAT merupakan indeks stabilitas atmosfer untuk memprediksi terjadinya *thunderstorm* atau cuaca buruk. Nilai SWEAT berkisar 300-400 menandakan potensi *thunderstorm* sedang hingga kuat sedangkan untuk SWEAT < 300 menandakan potensi *thunderstorm* ringan. Berdasarkan grafik pada gambar 12 nilai SWEAT berkisar antara 111-340. Pada pukul 03.00-03.10 UTC nilai SWEAT berkisar antara 297-299 sehingga potensi *thunderstorm* masih ringan, kemudian mulai pukul 03.20 UTC nilai SWEAT menjadi potensi *thunderstorm* sedang hingga kuat dan meningkat secara signifikan pada pukul 06.00 UTC daei 314 menjadi 338. Hal ini menandakan bahwa pada saat kejadian hujan yang mengakibatkan banjir terdapat potensi *thunderstorm* sedang hingga kuat. Selanjutnya pada pukul 20.00 UTC nilai SWEAT mengalami penurunan yang signifikan menjadi 111.

Analisis Data Reanalisis Copernicus ECMWF

Divergensi

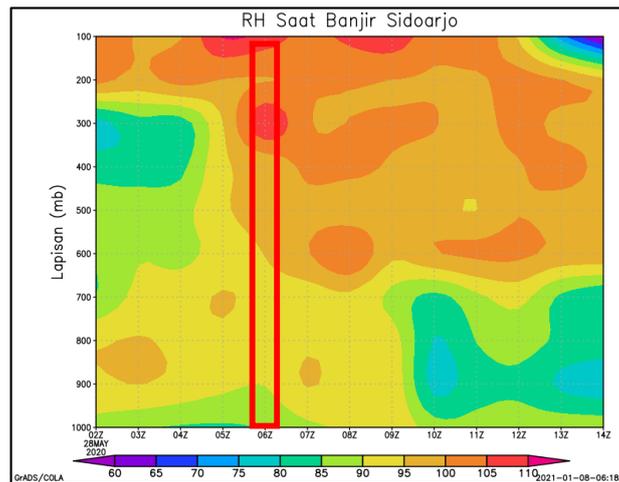


Gambar 13. Profil Vertikal Divergensi Lapisan 1000 – 100 mb pada Tanggal 28 Mei 2020 pukul 03.00-14.00 UTC

Divergensi merupakan proses *downdraft* suatu parcel udara dimana pada wilayah tersebut tidak ada pembentukan awan konvektif dan cuaca cenderung cerah. Nilai divergensi

yang negatif menandakan kebalikan dari divergensi yaitu konvergensi. Konvergensi menyebabkan potensi pembentuk awan konvektif lebih tinggi. Pada sekitar pukul 06.00 UTC (gambar 13) saat terjadi hujan lebat, divergensi di wilayah Sidoarjo (kotak berwarna merah) bernilai negatif sebesar $-0,02 \text{ s}^{-1}$ pada lapisan 1000-500 mb, yang menandakan adanya pertumbuhan awan pada lapisan ini. Divergensi kembali bernilai positif pada lapisan 450 mb yang menandakan telah terjadi proses *downdraft* pada lapisan ini.

Kelembapan Udara



Gambar 14. Profil Vertikal Kelembapan Udara Lapisan 1000 – 100 mb pada Tanggal 28 Mei 2020 pukul 03.00-14.00 UTC

Kelembapan udara pada pukul 06.00 UTC (gambar 14) di Kabupaten Sidoarjo pada saat terjadi hujan lebat yang mengakibatkan banjir, berkisar 85-90% di lapisan 1000 mb. Kelembapan terus meningkat hingga lapisan 100 mb dengan nilai lebih dari 100%. Hal ini menandakan bahwa atmosfer dalam keadaan basah dan terdapat pertumbuhan awan-awan konvektif yang mengandung partikel es.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis, peristiwa banjir di Kabupaten Sidoarjo tanggal 28 Mei 2020, disebabkan oleh curah hujan yang sangat lebat mencapai 73,6 mm/jam. Hal ini disebabkan pada saat peristiwa hujan lebat, terdapat pola konvergensi dan siklonik di wilayah Jawa Timur yang mengakibatkan penumpukkan massa udara sehingga potensi pertumbuhan awan konvektif semakin meningkat. Berdasarkan analisis citra satelit Himawari-8, pertumbuhan awan dimulai pada pukul 03.00 UTC dari wilayah Perairan Pulau Jawa sebelah Utara dan Selatan. Kemudian mulai menutupi wilayah Sidoarjo dan mengalami fase matang awan pada pukul 04.30 UTC dengan suhu mencapai lebih dari -60°C . Dengan metode RGB, terpantau awan konvektif yang terbentuk merupakan jenis awan *cumulonimbus* yang tinggi dan tebal serta mengandung kristal es. Adanya awan *cumulonimbus* ini ditandai dengan kondisi atmosfer yang labil dan berpotensi mengalami cuaca buruk dengan nilai SSI sebesar $-0,1^{\circ}\text{C}$, CAPE sebesar 663 J/kg, CIN sebesar 20 J/kg, SWEAT sebesar 338 pada pukul 06.00 UTC. Kemudian divergensi yang bernilai $-0,02 \text{ s}^{-1}$ menandakan adanya proses *updraft* dari lapisan 1000 mb hingga 500 mb. Selain itu, kondisi atmosfer memiliki kelembapan yang tinggi hingga mencapai $>100\%$ juga menandakan adanya awan *cumulonimbus* yang mengandung partikel es.

Hasil kondisi atmosfer dengan menggunakan metode NWP, metode RGB dan data reanalisis Copernicus ECMWF memiliki kesesuaian dan saling mendukung satu sama lainnya.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada STMKG dan BMKG yang telah menyediakan fasilitas pembelajaran maupun data kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini.

Daftar Rujukan

- Hadiansyah, R., Indranata, A. L., Silitonga, A. K., & Winarso, P. A. (2019). Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Ekstrem di Padang Sumatera Barat (Studi Kasus Tanggal 14 Februari 2018). *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 3(0), 246. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v3i0.28556>
- Husna, K., & Munandar, M. A. (2017). Analisis Nilai Convective Available Potential Energy (CAPE) Selama Tahun 2013-2016 Terhadap Hujan di Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*, 1, 30–33.
- JMA. (2020). *Himawari Natural Color RGB Quick Guide*. http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html
- JMA. (2020). *Himawari Day Convective Storms RGB Quick Guide*. http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html
- JMA. (2020). *Himawari Cloud Phase Distinction RGB Quick Guide*. http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html
- JMA. (2020). *Himawari 24-Hours Microphysics RGB Quick Guide*. http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html
- Mega, F., Muh. Ishak, J., Apriansyah, Widada, S., & Miming, S. (2020). Hubungan Pola Garis Arus Angin (Streamline) dengan Distribusi Hujan di Kalimantan Barat. *PRISMA FISIKA*, 8(2), 135–146.
- Mughozali, S. Al, Firdianto, P. U., & Irawan, A. M. (2017). Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara Study Kasus Rabu 8 November 2017. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 65–69.
- Nurrohman, F., & Tjasyono, B. (2016). Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Wilayah Makassar (Studi Kasus Bulan Desember 2013 – 2014). *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 3(2), 18–24.
- Paski, J. A. I., Sepriando, A., & Pertiwi, D. A. S. (2017). Pemanfaatan Teknik RGB Pada Citra Satelit Himawari-8 Untuk Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Banjir Lampung 20 - 21 Februari 2017. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 4(3), 8–15. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v4i3.48>
- 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>

- Putri, R. J. A. (2016). Pemanfaatan Data Satelit Himawari - 8 Untuk Analisis Kejadian Hujan Sangat Lebat di Kabupaten Nabire, Papua Tengah (Tanggal 12, 21, dan 22 Maret 2016). *Prosiding SNSA*, 195–204.
- Rizkiafama, V. A., Dzikiro, T. K., & 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. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 3, 264. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v3i0.28560>
- Rozi, M. F. (2019). *Prediksi Pertumbuhan Awan Cumulonimbus Pada Citra Himawari IR Enhanced Menggunakan Deep Echo State Network (DEEPESN)*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Sulton, K., & Laksita, W. (2018). Analisis Hujan Lebat Dengan Menggunakan Data Citra Satelit Di Kabupaten Banjarnegara (Studi Kasus 18 Juni 2016). *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 08(01), 29–35.