

PEMANFAATAN METODE RGB DALAM ANALISIS AWAN KONVEKTIF SAAT KEJADIAN BANJIR DI SURAKARTA

Wahyu Sulistiyono¹, Rino Surya Ramadhan², Helena Adianova³, Yosafat Donni Haryanto⁴

¹²³⁴Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika
e-mail: wahyu.sulistiyono@stmkg.ac.id

ABSTRAK

Analisis pemanfaatan citra Satelit Himawari-8 pada kasus terjadinya Banjir di Kota Surakarta diperlukan untuk mengetahui dinamika kondisi atmosfer yang menyebabkan terjadinya hujan penyebab Banjir saat tanggal 3 Februari 2021. Metode visualisasi citra satelit Himawari-8 yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari metode *Airmass*, *24H Microphysics*, dan *Cloud Convective Overlay*. Berdasarkan hasil kajian dengan citra satelit metode *Airmass* dan *24H Microphysics* menunjukkan adanya susunan awan konvektif yang berkembang pada wilayah Kota Surakarta. Perkembangan awan konvektif ini dimulai pada jam 09.00-12.00 UTC. Perkembangan awan konvektif pada Kota Surakarta diakibatkan adanya pola konvergensi dan pola vortisitas potensial negatif yang meningkatkan perkembangan awan konvektif dengan nilai vortisitas potensial sebesar $-6e-07 \text{ K m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ dan nilai divergensi negatif sebesar $-1e-05$ sampai $-5e-05 \text{ s}^{-1}$. Berdasarkan citra satelit metode *24H Microphysics*, fase matang perkembangan awan konvektif tercapai saat jam 12.00-13.00 UTC yang ditandai dengan penebalan dari tutupan awan Cumulonimbus, sementara fase peluruhan dimulai setelah jam 13.00 UTC.

Kata Kunci: *Awan Konvektif, Citra Satelit, Cumulonimbus*

ABSTRACT

Analysis of the use of Himawari-8 Satellite imagery in cases of flooding in Surakarta City is needed to determine the dynamics of atmospheric conditions that cause rain to cause flooding on February 3, 2021. The Himawari-8 satellite image visualization method used in this study consists of the Airmass, 24H method. Microphysics, and Cloud Convective Overlay. Based on the results of a study with satellite imagery using the Airmass and 24H Microphysics methods, it shows that there is a convective cloud structure that develops in the Surakarta City area. The development of this convective cloud begins at 09.00-12.00 UTC. The development of convective clouds in Surakarta City is caused by a convergence pattern and a potential negative vorticity pattern which increases the development of convective clouds with a potential vorticity value of $-6e-07 \text{ K m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ and a negative divergence value of $-1e-05$ to $-5e-05 \text{ s}^{-1}$. Based on the 24H Microphysics satellite imagery, the mature phase of convective cloud development is reached at 12.00-13.00 UTC which is marked by thickening of the Cumulonimbus cloud cover, while the decay phase begins after 13.00 UTC.

Keywords: *Convective Clouds, Satellite Imagery, Cumulonimbus*

PENDAHULUAN

Letak wilayah Indonesia yang dekat dengan garis ekuator menyebabkan penerimaan insolasi yang stabil dalam satu tahun periode (Tjasyono dkk., 2008). Kondisi ini memungkinkan terjadinya pertumbuhan awan konvektif secara vertikal akibat konveksi yang dihasilkan dari pemanasan permukaan (Hastuti dan Mulsandi, 2017). Meningkatnya suhu permukaan menyebabkan parcel udara mengembang dan naik ke atmosfer (Nugroho dkk., 2019). Pada ketinggian tertentu parcel udara akan mengalami pendinginan adiabatik sehingga menyebabkan suhu pada parcel udara berkurang dan mengalami proses kondensasi yang pada akhirnya membentuk susunan awan (Syaifullah, 2018). Pembentukan awan konvektif khususnya awan Cumulonimbus dapat terjadi apabila kondisi atmosfer tidak stabil sehingga perkembangan awan secara vertikal akan semakin besar (Muttaqin dkk., 2016). Awan konvektif yang terbentuk dapat menghasilkan curah hujan dengan intensitas tinggi dalam waktu yang relatif singkat (Hastuti dan Mulsandi, 2016).

Peristiwa Banjir pada tanggal 3 Februari 2021 di Kota Surakarta disebabkan terjadinya hujan dengan intensitas sedang. Berdasarkan informasi dari Sunaryo (2021) peristiwa banjir ini menyebabkan 25 rumah warga terendam dan menimbulkan genangan air setinggi ≤ 70 Cm yang merendam wilayah Kecamatan Jebres dan Pasar Kliwon. Menurut laporan METAR (*Meteorological Report*) dan SPECI dari Bandara Adi Soemarmo (BMKG, 2021), hujan dengan intensitas lebat terjadi pada pukul 12.30 UTC sampai 13.00 UTC sementara pada jam 13.18 UTC jumlah intensitas hujan turun menjadi sedang hingga berhenti pada pukul 17.00 UTC. Untuk menganalisis kondisi awan konvektif saat kejadian hujan tersebut dapat menggunakan analisis citra satelit (Fatkhuroyan dan Wati, 2017). Teknik analisis kondisi tutupan awan dengan citra satelit dapat menggunakan analisis secara objektif dan subjektif. Analisis objektif dilakukan dengan melihat nilai dan parameter numerik yang dihasilkan dari data satelit sementara analisis subjektif dilakukan dengan melihat analisis citra satelit.

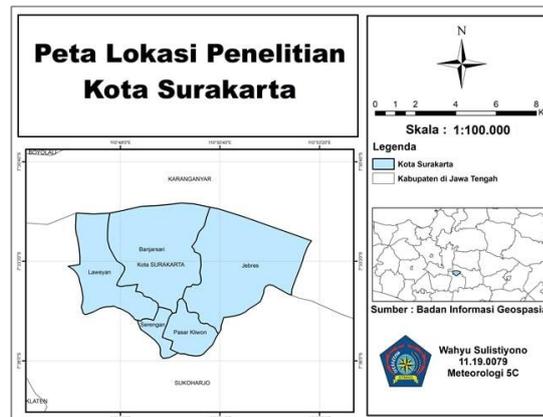
Salah satu teknik yang dapat digunakan dalam analisis awan konvektif secara subjektif dapat dilakukan dengan teknik RGB (*Red, Green, Blue*) (Paski dkk., 2019). Teknik RGB merupakan teknik menampilkan hasil citra satelit melalui tiga warna primer (*Red, Green, Blue*) yang berasal dari beberapa kanal berbeda sehingga dapat menampilkan kenampakan citra satelit dengan jelas daripada tampilan citra satelit dengan satu kanal (Clark, 2009).

METODE

Dalam penelitian ini metode RGB yang digunakan berupa metode *24H Microphysics* dan metode *Airmass*. Metode *24H Microphysics* dapat digunakan untuk mengamati mikrofisis (fase perkembangan awan) dalam cakupan waktu malam hari dan siang hari. Kemudian, metode *Airmass* digunakan untuk analisis pergerakan massa udara dalam perkembangan awan konvektif (Diniyati dkk., 2021). Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan analisis awan konvektif menggunakan teknik SWA (*Split Windows Algorithm*) dengan metode CCO (*Cloud Convective Overlay*). Metode CCO merupakan metode RGB yang ditingkatkan dimana metode ini menggunakan kanal 13, 15 dan 8 pada satelit Himawari-8 sehingga dapat menampilkan persebaran awan konvektif (Diniyati dkk., 2021). Untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi perkembangan awan konvektif dapat

dilakukan dengan mengamati data Peta *Streamline*, Peta Vortisitas Potensial, Peta Divergensi dan Grafik *Timeseries* suhu puncak awan digunakan untuk melihat fase daur hidup awan konvektif.

Penelitian dilakukan pada wilayah Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah dengan Letak Astronomis diantara $110^{\circ} 45' 15''$ dan $110^{\circ} 53' 20''$ Bujur Timur dan antara $7^{\circ} 31'$ dan $7^{\circ} 36'$ Lintang Selatan. Seperti yang terlihat pada peta lokasi wilayah penelitian di tampilan gambar 1.

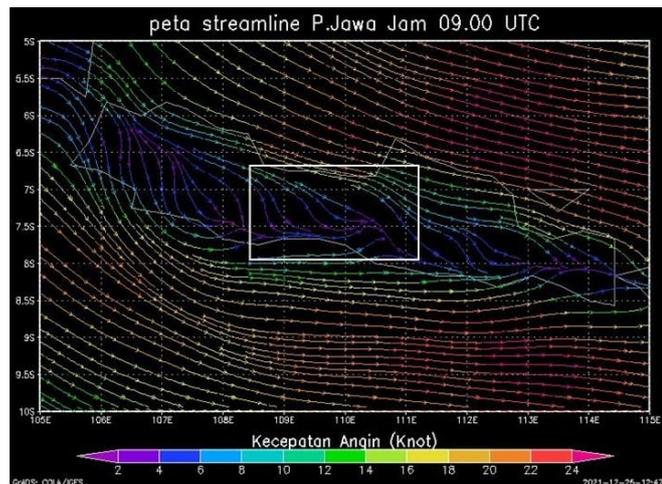


Gambar 1. Peta lokasi penelitian pada wilayah Kota Surakarta

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data Peta Streamline, Vortisitas Potensial, dan Divergensi yang merupakan data ERA-5 *Reanalysis* milik ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*) dan Data satelit Himawari-8 Band 8, Band 10, Band 11, Band 12, Band 13 dan Band 15. Data satelit Himawari-8 digunakan untuk menampilkan tampilan tutupan awan dengan metode RGB dan SWA. Data ERA-5 *Reanalysis* diolah dengan menggunakan piranti lunak GrADS dengan skrip yang telah disesuaikan dengan masing-masing variabel yang ditampilkan. Kemudian, untuk data Satelit Himawari-8 diolah dengan menggunakan aplikasi SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*) yang diolah menggunakan teknik RGB *Airmass* dan Teknik RGB *24H Microphysics*. Pengaturan dari teknik RGB pada *24H Microphysics* menggunakan pengaturan *Red* ($IR_{10.4} \mu m - IR_{12.4} \mu m$) dengan nilai gamma 1.0, *Green* ($MI_{8.6} \mu m - IR_{10.4} \mu m$) dengan nilai gamma 1.3, dan *Blue* ($IR_{10.4} \mu m$) dengan nilai gamma 1.0. Pada metode *Airmass* menggunakan pengaturan *Red* ($WV_{6.2} \mu m - WV_{7.3} \mu m$) dengan nilai gamma 1.0, *Green* ($IR_{9.7} \mu m - IR_{10.8} \mu m$) dengan nilai gamma 1.0, dan *Blue* ($WV_{6.2} \mu m$) dengan nilai gamma 1.0. Untuk Metode SWA dilakukan dengan menggunakan metode CCO (*Cloud Convective Overlay*), metode ini menggunakan data dari Band 13 ($IR_{10.4} \mu m$), Band 8 ($WV_{6.2} \mu m$), dan juga Band 15 ($IR_{12.4} \mu m$) yang kemudian diolah melalui aplikasi GrADS menggunakan Algoritma SWA (*Split Windows Algorithm*) dengan nilai ambang batas $IR-IR2 \leq 1-2K$ dan nilai $IR-WV \leq 2-3K$. Metode Penelitian yang digunakan dalam kajian ini menggunakan metode analisis deskriptif dengan mendeskripsikan hasil gambar citra satelit yang telah diolah dengan teknik RGB *Airmass*, teknik RGB *24H Microphysics* dan teknik CCO untuk melihat tutupan awan konvektif saat kejadian banjir di Surakarta. Pada Peta *Streamline*, Peta Vortisitas Potensial dan Divergensi dianalisis berdasarkan nilai numerik pada masing masing parameter yang kemudian di deskripsikan secara singkat melalui pembahasan yang mudah dipahami.

HASIL DAN PEMBAHASAN

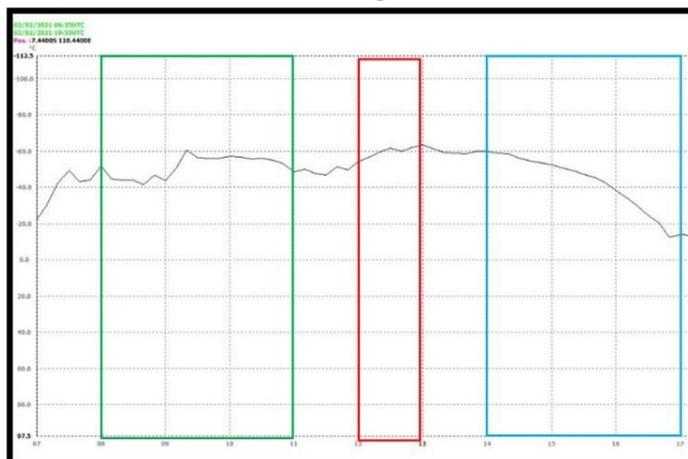
1. Analisis Peta *Streamline*



Gambar 2. Gambar Peta *Streamline* di Pulau Jawa jam 09.00 UTC.

Pada Peta *Streamline* dapat dilihat adanya pergerakan angin dari arah Laut Jawa dan Laut Selatan yang berpengaruh pada peningkatan distribusi uap air dari wilayah lautan menuju wilayah daratan. Hal ini juga didukung dengan kecepatan angin yang berhembus sebesar 10-14 Knot, sehingga meningkatkan laju perpindahan uap air yang mendukung percepatan pembentukan awan pada wilayah Pulau Jawa, khususnya Provinsi Jawa Tengah, dan Yogyakarta. Terdapat pola konvergensi dan belokan angin disekitar wilayah Jawa Tengah. Pola-pola ini membentuk wilayah bertekanan rendah sehingga meningkatkan potensi pengangkatan massa udara secara vertikal yang menghasilkan pembentukan awan konvektif di wilayah Jawa Tengah dan Yogyakarta.

2. Analisis Grafik *Timeseries* Perkembangan Awan

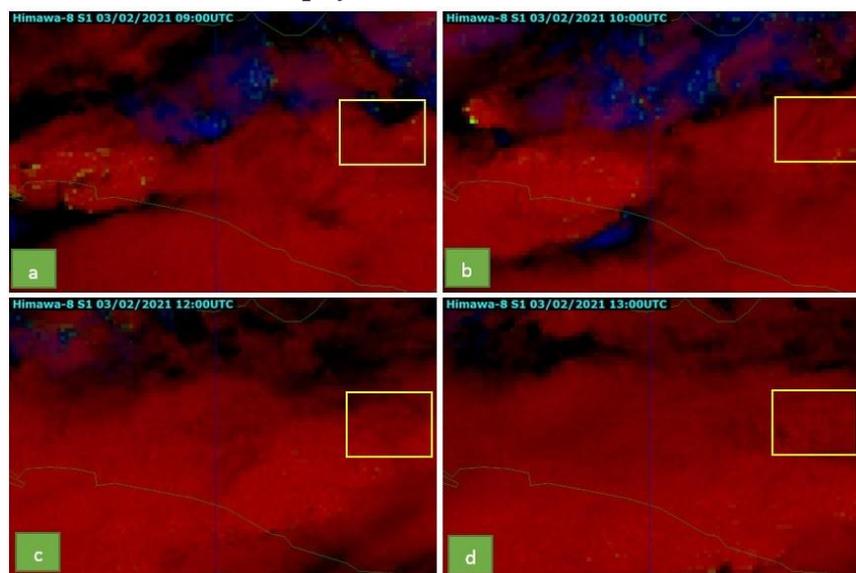


Gambar 3. Grafik *Timeseries* Fase Perkembangan Awan Konvektif berdasarkan nilai suhu puncak awan.

Berdasarkan analisis dari grafik fase perkembangan awan, fase pertumbuhan awan konvektif telah dimulai setelah Jam 07.00 UTC. Dimana suhu puncak awan pada jam ini mulai menurun dari -20°C menjadi -40°C . Tahap Perkembangan awan konvektif dimulai

dari jam 08.00-11.00 UTC (kotak hijau), suhu puncak awan pada fase ini berada dalam rentang -45°C sampai -50°C . Setelah jam 12.00 UTC, suhu puncak awan makin menurun dengan nilai -57.5°C . Tahap perkembangan awan konvektif mencapai Fase Puncaknya pada jam 12.00-13.00 UTC (kotak merah) dengan suhu puncak awan yang mencapai -62.5°C . Fase peluruhan awan dimulai setelah jam 14.00-17.00 UTC (kotak biru) yang menandai terjadinya hujan pada wilayah Surakarta dan sekitarnya. Berdasarkan pantauan METAR (*Meteorological Report*) Stasiun Meteorologi Adi Sumarmo (BMKG, 2021), hujan berlangsung hingga pukul 18.19 UTC dalam nilai intensitas hujan moderat-ringan.

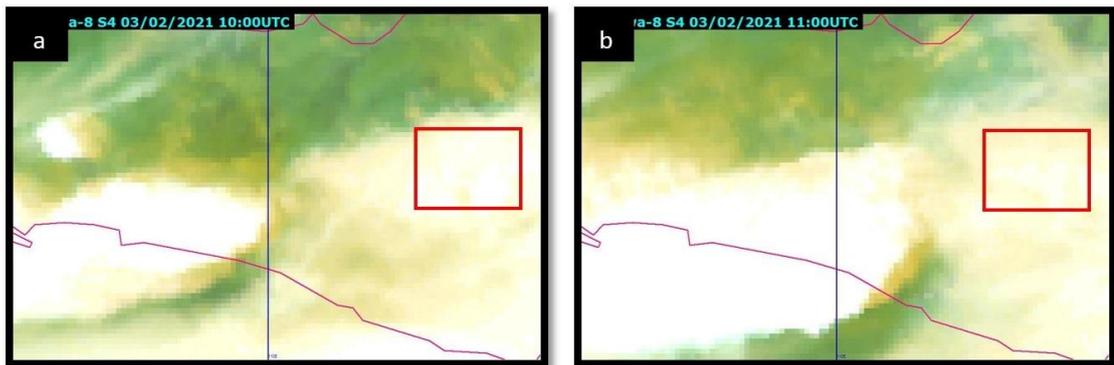
3. Analisis Metode 24H *Microphysics*



Gambar 4. Hasil Citra Satelit dari Metode 24H *Microphysics* pada jam 09.00 UTC (a) dan jam 10.00 UTC (b), jam 11.00 UTC (c) dan jam 12.00 UTC (d).

Metode 24H *Microphysics* dapat digunakan untuk menganalisis fase perkembangan (mikrofisis) awan konvektif saat malam hari (Abay dan Haryanto, 2021). Pada hasil citra satelit menunjukkan tutupan awan konvektif yang ditandai dengan warna merah bata, sebaran awan ini dikategorikan sebagai susunan awan Cumulonimbus tebal (*deep Cb Clouds*). Berdasarkan hasil pengolahan citra dengan metode 24H *Microphysics*, fase perkembangan awan konvektif dimulai pada jam 09.00-10.00 UTC dimana tutupan awan konvektif belum menutupi wilayah Yogyakarta dan Jawa Tengah secara keseluruhan. Serta dapat dilihat juga susunan awan Cirrus tipis yang ditandai dengan warna hitam pada gambar citra satelit. Fase puncak perkembangan awan dimulai pada jam 12.00 UTC, dapat dilihat pada jam ini hasil citra menunjukkan sebaran awan berwarna merah yang bertambah pekat dan menyerupai gumpalan, hal ini menandakan fase matang dari sel awan Cumulonimbus telah tercapai. Pada jam 13.00 UTC susunan awan konvektif telah menyebar menutupi seluruh wilayah D.I Yogyakarta dan Jawa Tengah, terlihat susunan awan konvektif lebih tipis dibandingkan susunan saat fase matang. Hal ini menandakan bahwa awan Cumulonimbus mulai meluruh kemudian menyebar dan meluas ke arah utara Jawa Tengah, sehingga menghasilkan hujan pada wilayah yang ditutupi susunan awan ini, termasuk Kota Surakarta.

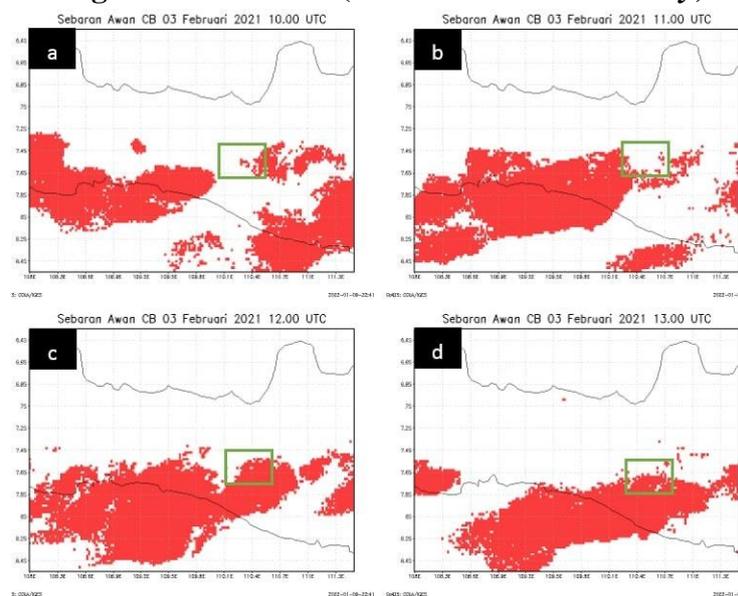
4. Analisis dengan Metode *Airmass*



Gambar 5. Hasil Citra Satelit dari Metode *Airmass* pada jam 10.00 UTC (a) dan jam 11.00 UTC (b).

Metode *Airmass* digunakan untuk menganalisis pergerakan massa udara yang menimbulkan pertumbuhan awan di wilayah Surakarta. Pada gambar 5 menunjukkan sebaran awan konvektif tebal yang berwarna putih berasal dari gugusan awan yang berkembang di Laut Selatan Pulau Jawa. Pergerakan massa udara hangat yang ditandai dengan warna kuning samar-samar pada gambar citra, massa udara ini bergerak dari Laut Selatan menuju kearah utara dan menutupi sebagian wilayah Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta. Massa udara hangat ini memiliki kelembaban yang tinggi akibat membawa uap air yang berasal dari Laut Selatan. Dapat dilihat perkembangan awan tersebut makin meningkat perkembangannya dari jam 10.00 UTC sampai jam 11.00 UTC.

5. Analisis dengan Metode *CCO (Cloud Convective Overlay)*

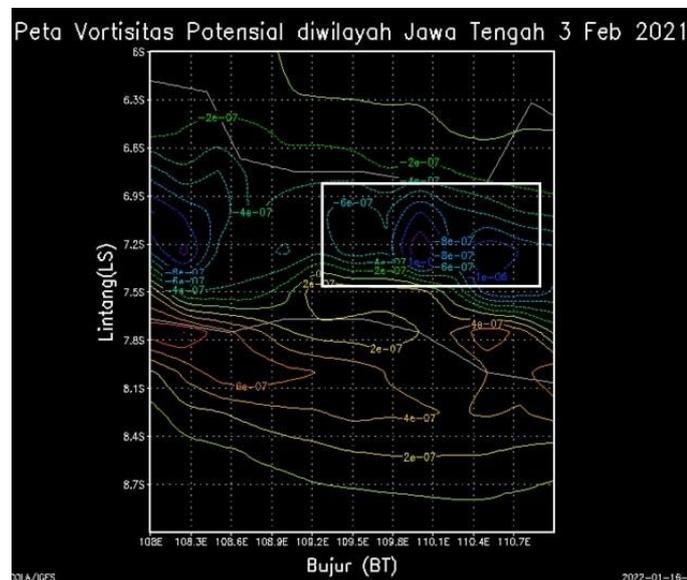


Gambar 6. Sebaran awan *Cumulonimbus* berdasarkan Metode *CCO (Cloud Convective Overlay)* pada jam 10.00 UTC (a), jam 11.00 UTC (b), jam 12.00 UTC (c) dan jam 13.00 UTC (d).

Metode *CCO (Cloud Convective Overlay)* dapat menggambarkan kenampakan awan *Cumulonimbus* secara lebih jelas (Efendi dkk., 2019). Berdasarkan gambar 6, menunjukkan sebaran awan konvektif yang ditandai dengan warna merah. Pada jam 10.00-11.00 UTC

sebaran awan konvektif sudah terbentuk dan berkembang pada wilayah Kota Surakarta, namun susunannya belum terlalu tebal. Susunan awan konvektif yang ada di Kota Surakarta merupakan bagian dari sistem konvektif yang berasal dari Laut Selatan Jawa dan bergerak memanjang menuju wilayah daratan Pulau Jawa khususnya Jawa Tengah dan Yogyakarta. Sistem konvektif ini pembentukannya didukung oleh ketersediaan uap air yang melimpah di Laut Selatan. Pada jam 12.00 UTC susunan awan konvektif di Kota Surakarta mengalami peningkatan tutupan awan menjadi lebih tebal daripada jam 11.00 UTC yang menandakan susunan awan sudah berada dalam fase matang. Pada jam 11.00 UTC juga terjadi peningkatan tutupan awan pada sistem awan konvektif disepanjang Laut Selatan Jawa. Pada Jam 13.00 UTC susunan awan konvektif pada wilayah Surakarta sedikit berkurang yang menandakan adanya proses peluruhan awan menjadi presipitasi dalam bentuk hujan. Secara keseluruhan sistem awan konvektif yang berada di Laut Selatan Jawa juga mulai berkurang akibat mengalami peluruhan.

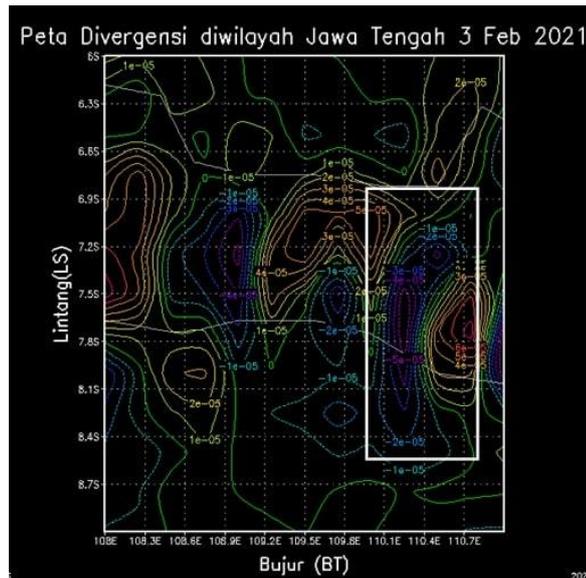
6. Analisis Vortisitas Potensial



Gambar 7. Peta kontur dari Vortisitas Potensial pada wilayah Jawa Tengah Tanggal 3 Februari 2021.

Berdasarkan gambar peta vortisitas potensial lapisan 850 Mb di wilayah Jawa Tengah, Pada Jam 09.00 UTC terdapat pola vortisitas potensial bernilai negatif yang menutupi sebagian wilayah Jawa Tengah. Pola vortisitas potensial ini berada dalam rentang nilai $-6e-07$ $K m^2 kg^{-1} s^{-1}$ hingga mencapai $-8e-07$ $K m^2 kg^{-1} s^{-1}$. Nilai Vortisitas yang negatif menciptakan daerah siklonik (Wulandari dkk., 2019) sehingga menimbulkan pergerakan massa udara secara vertikal yang mendukung tumbuhnya awan konvektif di wilayah Jawa Tengah, termasuk Kota Surakarta.

7. Analisis Divergensi



Gambar 8. Peta Divergensi pada wilayah Jawa Tengah Tanggal 3 Februari 2021.

Berdasarkan gambar peta divergensi pada lapisan 850 Mb di wilayah Jawa Tengah. Pada jam 09.00 UTC terdapat pola divergensi bernilai negatif di wilayah Surakarta yang memanjang hingga ke pesisir laut selatan Yogyakarta. Pola divergensi ini bernilai negatif yang berada dalam rentang nilai $-1e-05$ sampai $-5e-05 \text{ s}^{-1}$. Nilai divergensi yang negatif menandakan adanya pola konvergensi yang mendukung perkembangan awan konvektif (Wulandari dkk., 2019). Pola konvergensi yang muncul menghasilkan wilayah bertekanan rendah dan meningkatkan laju naiknya massa udara ke atmosfer (*Updraft*). Pergerakan *Updraft* inilah yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan Awan Konvektif pada wilayah Kota Surakarta.

PENUTUP

Pola konvergensi dan Pola vortisitas siklonik merupakan faktor yang paling penting dalam pembentukan awan konvektif yang menutupi sebagian besar wilayah Jawa Tengah terutama Kota Surakarta pada jam 09.00 UTC tanggal 3 Februari 2021. Terbentuknya pola konvergensi dengan nilai $-6e-07 \text{ K m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ pada sebagian wilayah Jawa tengah menyebabkan penurunan tekanan pada wilayah tersebut. Penurunan tekanan udara ini menciptakan pola gerakan udara siklonik yang ditandai dengan nilai vortisitas potensial negatif sebesar $-6e-07 \text{ K m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ pada wilayah sekitar Kota Surakarta. Pola konvergensi dan pola vortisitas inilah yang mendukung pembentukan dan perkembangan awan konvektif selama jam 09.00-12.00 UTC seperti yang terlihat pada sebaran awan konvektif melalui metode *RGB 24H Microphysics*. Pembentukan awan konvektif berasal dari uap air yang dibawa oleh massa udara hangat kemudian bergerak dari Laut Selatan menuju sekitar wilayah Jawa Tengah seperti yang terlihat pada hasil citra metode *Airmass*. Berdasarkan grafik *Timeseries* suhu puncak awan, fase matang awan konvektif pada wilayah penelitian dimulai setelah jam 12.00 UTC dan mencapai puncaknya pada jam 13.00 UTC. Fase peluruhan awan pada wilayah penelitian dimulai setelah pukul 13.00 UTC seiring dengan menghangatnya suhu puncak awan yang terlihat pada grafik *Timeseries* suhu puncak awan. Berdasarkan citra

satelit dari metode CCO, tutupan awan konvektif pada wilayah Surakarta juga disebabkan adanya perpanjangan sistem konvektif yang berasal dari Laut Selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah membantu memudahkan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga turut kami sampaikan kepada pembimbing serta dosen Pembina yang telah membimbing kami dalam menyusun penelitian ini. Serta ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kami dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abay, F. M. J. (2021). Analisis Dinamika Atmosfer Dan Distribusi Awan Konvektif Menggunakan Teknik Red Green Blue (RGB) Pada Citra Satelit Himawari-8: Studi Kasus Banjir Jakarta 30 Desember 2019 - 1 Januari 2020. *Megasains*, 12(1), 34–39. <https://doi.org/10.46824/megasains.v12i1.42>
- Al Habib, A. H., Pradana, Y. W., Pangestu, D., Winarso, P. A., & Sujana, J. (2019). Kajian Pertumbuhan Awan Hujan Pada Saat Banjir Bandang Berbasis Citra Satelit Dan Citra Radar (Studi Kasus : Padang, 2 November 2018). *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 6(2), 1–6. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i2.117>
- BMKG. (2021). *Sistem Informasi Meteorologi Penerbangan (Laporan METAR dan SPECI)*. Aviiasi BMKG. http://aviation.bmkg.go.id/web/metar_speci.php
- Clark, M. (2009). Convective Available Potential Energy (CAPE). *International Journal of Meteorology*, 34(337), 105–108.
- Diniyati, E., Fa'iz Dwitrisna, M., & Mulya, A. (2021). Analisis Kondisi Atmosfer Saat Banjir dan Tanah Longsor (Studi Kasus : Nganjuk, 14 Februari 2021). *Sainstek (e-Journal)*, 9(1), 18–24. <https://doi.org/10.35583/js.v9i1.133>
- Efendi, A. N., Kuncorojati, S., & Budi, F. S. (2019). Analisis Hujan Ekstrem Penyebab Tanah Longsor di Melawi Memanfaatkan Data Radar dan Satelit Cuaca (Studi Kasus Tanggal 28 Februari 2019). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 6, 195.
- Fatkhuroyan, F., & Wati, T. (2017). Pemantauan Sebaran Abu Vulkanik Menggunakan Penginderaan Jauh Satelit Himawari-8 Dan Aura/Omi (Ozone Mapping Instrument). *Majalah Ilmiah Globe*, 19(1), 33. <https://doi.org/10.24895/mig.2017.19-1.539>
- Hastuti, M. I., & Mulsandi, A. (2017). Pemantauan Sebaran Awan Konvektif Menggunakan Metode Cloud Convective Overlays dan Red Green Blue Convective Storms pada Satelit Himawari-8 (Studi Kasus : Hujan Ekstrem Bima 21 Desember 2016). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-4 Tahun 2017*, 8, 477–483.
- Muttaqin, A., Muhammad, F. N., & Abdillah, P. A. (2016). Analisis Profil CAPE (*Convective Available Potential Energy*) Selama Kegiatan Intensive Observation Periode di Dramaga Bogor. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(2), 83–89.
- Nugroho, Y. A., Handayani, N., Varizona, M., Rattu, E., & Redha, I. (2019). Analisis Keadaan Atmosfer Kejadian Hujan Es Menggunakan Citra Radar Doppler C-Band dan Citra Satelit Himawari 8 (Studi Kasus : Jakarta, 22 November 2018). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6*, 8(November 2018), 183–194.
- Pakpahan, S. L. H., Kurniati, R., & Mulya, A. (2020). Analisis Kejadian Hujan Lebat Penyebab Banjir dan Tanah Longsor (Studi Kasus: Ciganjur, Jakarta Selatan). *Jurnal Administrasi Publik Mahasiswa Universitas Brawijaya*, 5(4), 95–106.
- Paski, J. A. I., Sepriando, A., & Pertiwi, D. A. S. (2019). 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>

- Sunaryo, A. (2021). *Bengawan solo meluap, Sejumlah Wilayah di soloraya banjir*. Merdeka. <https://www.merdeka.com/peristiwa/bengawan-solo-meluap-sejumlah-wilayah-di-soloraya-banjir.html>
- Syaifullah, M. D. (2018). Upper air data analysis over Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 18(1), 1–12.
- Tjasyono, B., Lubis, A., Juaeni, I., Ruminta, & Harijono, S. W. B. (2008). Dampak variasi temperatur samudera pasifik dan hindia ekuatorial terhadap curah hujan di Indonesia. *Jurnal Sains Dirgantara*, 5(2), 83–95.
- Wulandari, A. V., Swastiko, W. A., Silitonga, A. K., & Hariadi, H. (2019). Kajian Atmosfer Saat Mcc (Mesoscale Convective Complex) Di Papua Barat (Studi Kasus 14 Agustus 2017). *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 6(1), 32–37. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.112>