

ANALISIS KEJADIAN HUJAN ES BERDASARKAN FAKTOR CUACA DAN PENGGUNAAN TEKNIK RGB PADA CITRA SATELIT HIMAWARI-9 (STUDI KASUS PENGADegan, JAKARTA SELATAN 17 DESEMBER 2022)

WILLIAM ANTONIO KASEGER^{1,*}, ONI DWI SAPUTRA¹, YOSAFAT DONNY HARYANTO¹

¹Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)
Jl. Perhubungan I No. 5 Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren, Tangerang Selatan,
Banten Kode Pos 15221

*Corresponding author

Email: william.antonio.kaseger2021@gmail.com

Diserahkan : 02/04/2024

Diterima : 15/04/2024

Dipublikasikan : 06/08/2024

Abstrak. Hujan es (hail) sangat jarang terjadi di Indonesia, hal tersebut dikarenakan lapisan beku atau *freezing level* yang cukup tinggi dibandingkan dengan negara lain. Pada studi kasus ini, dianalisis di wilayah Pengadegan, Jakarta Selatan pada 17 Desember 2022. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi beberapa hal yang menjadi faktor dalam terjadinya fenomena tersebut seperti faktor cuaca skala global, analisis awan menggunakan teknik RGB, dan analisis indeks labilitas atmosfer menggunakan data radiosonde. Untuk faktor cuaca skala global dilakukan analisis ENSO, anomali SST, dan MJO. Pada analisis RGB digunakan fitur timeseries dimana fitur ini dilakukan dengan menggunakan deret waktu untuk mengetahui suhu puncak awan, lalu dengan teknik *Day Convective Storm* dimana teknik ini untuk mengetahui fase awan konvektif yang kemudian menghasilkan presipitasi. Kemudian menggunakan teknik *24-hour microphysics* yang berfungsi untuk mengetahui kandungan air dan partikel-partikel dalam awan konvektif. Lalu menggunakan teknik *Airmass* dapat diidentifikasi adanya massa udara hangat yang mempercepat terbentuknya awan cumulonimbus. Data radiosonde yang digunakan untuk mengetahui indeks labilitas atmosfer dan pola angin. Dengan data tersebut dapat diketahui kestabilan kondisi atmosfer wilayah Pengadegan, Jakarta Selatan. Setelah dilakukan pengolahan dan identifikasi, dapat disimpulkan bahwa kejadian hujan es di Pengadegan, Jakarta Selatan pada 17 Desember 2022 dipengaruhi oleh fenomena *La-niña* yang aktif pada waktu kejadian. Faktor lain seperti MJO tidak mempengaruhi dikarenakan pada saat kejadian MJO dalam fase tidak aktif. Kemudian awan cumulonimbus yang terbentuk tidak berada tepat pada wilayah terdampak ada faktor lain seperti arah dan kecepatan angin yang mempengaruhi mengapa fenomena tersebut terjadi pada wilayah yang tidak terdapat awan cumulonimbus.

Kata kunci: ENSO, Anomali SST, MJO, Himawari-9, Radiosonde

Abstract. Hail is very rare in Indonesia, this is because the freezing level is quite high compared to other countries. In this case study, it was analyzed in the Pengadegan area, South Jakarta on December 17 2022. This research was carried out to identify several things that are factors in the occurrence of this phenomenon, such as global scale weather factors, cloud analysis using RGB techniques, and atmospheric lability index analysis using data radiosonde. For global scale weather factors, ENSO, SST and MJO anomalies are analyzed. In the RGB analysis, the timeseries feature is used, where this feature is carried out using a time series to determine the cloud top temperature, then using the Day Convective Storm technique, where this technique is used to determine the convective cloud phase which then produces precipitation. Then use the 24-hour microphysics technique which functions to determine the

water content and particles in convective clouds. Then, using the Airmass technique, it can be identified that there are warm air masses that accelerate the formation of cumulonimbus clouds. Radiosonde data is used to determine the atmospheric lability index and wind patterns. With this data, we can determine the stability of the atmospheric conditions in the Pengadegan area, South Jakarta. After processing and identification, it can be concluded that the hail incident in Pengadegan, South Jakarta on December 17 2022 was influenced by the La Niña phenomenon which was active at the time of the incident. Other factors such as MJO do not affect it because at the time of the incident MJO was in an inactive phase. Then the cumulonimbus clouds that form are not exactly in the affected area. There are other factors such as wind direction and speed that influence why this phenomenon occurs in areas where there are no cumulonimbus clouds.

Keywords: ENSO, SST Anomaly MJO, Himawari-9, Radiosonde

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu Negara Kepulauan yang terletak disepanjang garis ekuator sehingga wilayah Indonesia masuk dalam kategori wilayah beriklim tropis. Wilayah yang beriklim tropis mempunyai ciri-ciri yang umum seperti wilayah tersebut mendapat sinar matahari sepanjang tahun dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah di lintang menengah maupun wilayah sub-tropis dan kutub. Sehingga hal tersebut menyebabkan jumlah penguapan yang tinggi akibat pemanasan yang terjadi terus menerus berakibat pada mudah terbentuknya awan-awan konvektif yang menjadi faktor utama terjadinya hujan. Awan Cumulonimbus (Cb) merupakan awan Cumulus yang secara visual bentuknya menjulang tinggi dan dalam pembentukan awan tersebut disertai petir dan angin kencang. Di dalam awan cumulonimbus terdapat berbagai fenomena seperti batu es (hail), petir, guruh, dan dapat terjadi hujan deras, dimana hal tersebut dapat muncul dan berkembang akibat gerak vertikal dan suhu yang mengalami peningkatan drastis yang dapat terjadi diberbagai topografi seperti tempat yang luas atau tempat terbuka dengan suhu yang lebih tinggi dibanding tempat lain sehingga tekanan daerah tersebut menjadi lebih rendah dan angin akan mengalir ketempat dengan tekanan lebih rendah tersebut. Hujan es (hail) adalah salah satu jenis presipitasi yang terbentuk akibat aktivitas awan konvektif yang memiliki diameter sekitar 5 mm. Fenomena hujan es merupakan fenomena yang cukup jarang terjadi di Indonesia. Hujan es merupakan fenomena skala lokal yang terjadi cukup cepat dan sangat mendadak sehingga sulit untuk diperkirakan. Dikarenakan terjadi secara cepat dan mendadak dan sulit untuk diperkirakan sehingga ketika terjadi hujan es, dapat menimbulkan kerusakan yang cukup masif diberbagai bidang masyarakat seperti industri, perkebunan, transportasi, dan juga pertanian. Terdapat banyak sekali penelitian tentang hujan es baik dari dalam negeri maupun luar negeri. Namun sebagian besar penelitian ini menggunakan citra radar. Penelitian tentang hujan es juga dapat dilakukan dengan sistem penginderaan jarak jauh menggunakan citra satelit.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada daerah Pengadegan, Jakarta Selatan pada 17 Desember 2022 dengan meninjau faktor pembentuk cuaca dalam skala global, regional, dan lokal serta menggunakan citra satelit Himawari-8 untuk observasi keadaan awan saat kejadian hujan es terjadi. Faktor cuaca skala global yang ditinjau adalah *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO) menggunakan grafik Niño 3.4 index dan *Southern Oscillation Index* (SOI). Fenomena ENSO dapat digolongkan lemah jika anomali SPL selama 3 bulan berturut-turut berada pada kisaran 0.5 – 1.0 (positif pada fenomena *El-Niño* atau negatif

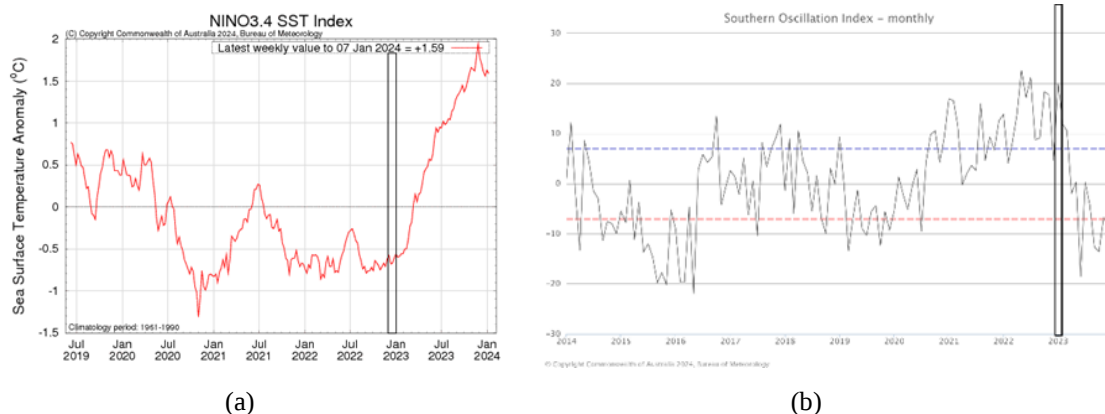
pada fenomena *La-niña*). *El-Niño* terjadi jika nilai SOI kurang dari -7 dan terjadi secara berkelanjutan, sedangkan *La-niña* terjadi jika nilai SOI lebih dari 7 dan terjadi secara berkelanjutan (Malinda Hidayat et al., 2018). Untuk skala regional, dilakukan peninjauan terhadap keadaan *Madden Julian Oscillation* (MJO) pada saat kejadian hujan es terjadi. Untuk peninjauan faktor pembentuk cuaca skala lokal digunakan citra satelit Himawari-9 yang diproses melalui aplikasi SATAID. Untuk menganalisis labilitas atmosfer yang menjadi salah satu faktor dalam terbentuknya hujan es dapat dilakukan menggunakan data radiosonde. Data radiosonde dapat mengetahui proses-proses meteorology diatmosfer secara vertikal sehingga data yang dihasilkan cukup baik. Data radiosonde yang didapat dari Wyaoming Atmospheric Data, kemudian diolah menggunakan aplikasi RAOB untuk mengetahui pola angin dan beberapa parameter lain yang menjadi faktor dalam menentukan apakah atmosfer suatu wilayah stabil atau labil.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Faktor Cuaca Skala Global

3.1.1 *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO)

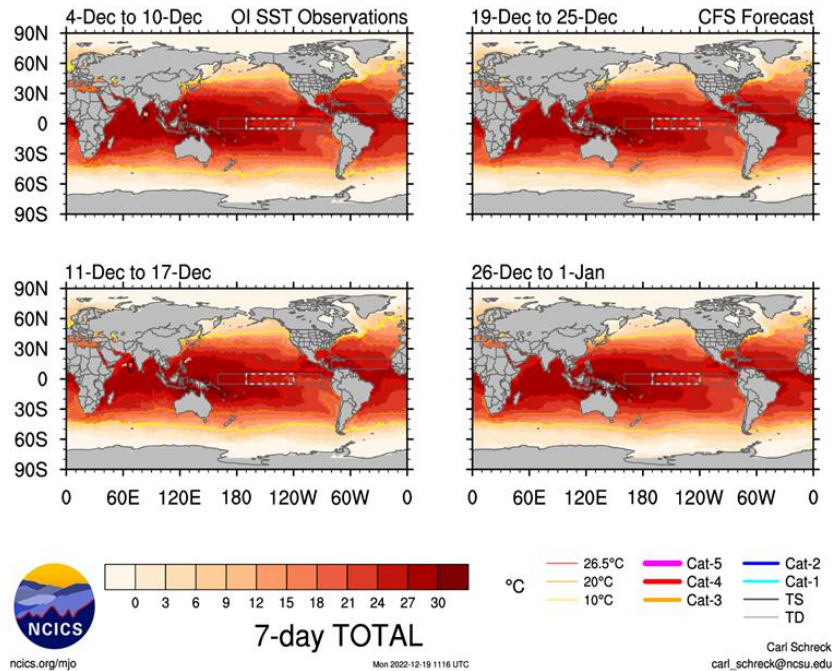
Pada Gambar 1 dapat dilihat pada grafik Nino 3.4 menunjukkan nilai negatif berkisar 0.5 – 1 yang menunjukkan bahwa terjadi ENSO dengan intensitas lemah. Berdasarkan grafik *Southern Oscillation Index* (SOI), nilai SOI pada Desember 2022 menunjukkan nilai +20 yang menunjukkan terjadi *La-niña* pada saat kejadian hujan es terjadi. Hasil analisis menunjukkan fenomena ENSO mempengaruhi kejadian hujan es di Jakarta [1].



Gambar 1. Grafik (a) nilai indeks Nino 3.4 pada Juli 2019 - Januari 2024, dan (b) nilai indeks SOI dari Desember 2013 sampai Desember 2023 (Sumber : <http://www.bom.gov.au/climate/ahead/>)

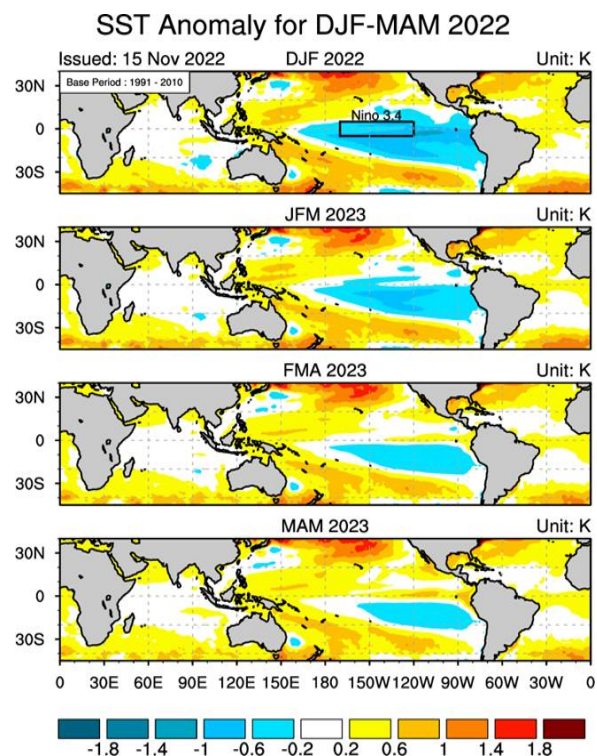
3.1.2 Analisis Suhu Permukaan Laut

Gambar 2 memperlihatkan suhu permukaan laut total selama 7 hari dari 4 Desember 2022 sampai 1 Januari 2023. Di Indonesia sendiri, suhu permukaan laut rata-rata berkisar 26,5°C hingga 30°C. Suhu ini tergolong lebih hangat dibandingkan daerah yang terletak pada garis lintang yang lebih tinggi. Indonesia berada pada daerah yang disebut garis khatulistiwa dimana daerah tersebut menerima radiasi matahari yang lebih banyak dibanding daerah yang berada pada garis lintang yang lebih tinggi. Hal ini mendukung terjadinya penguapan air yang lebih banyak sehingga mendukung pertumbuhan awan dan hujan.

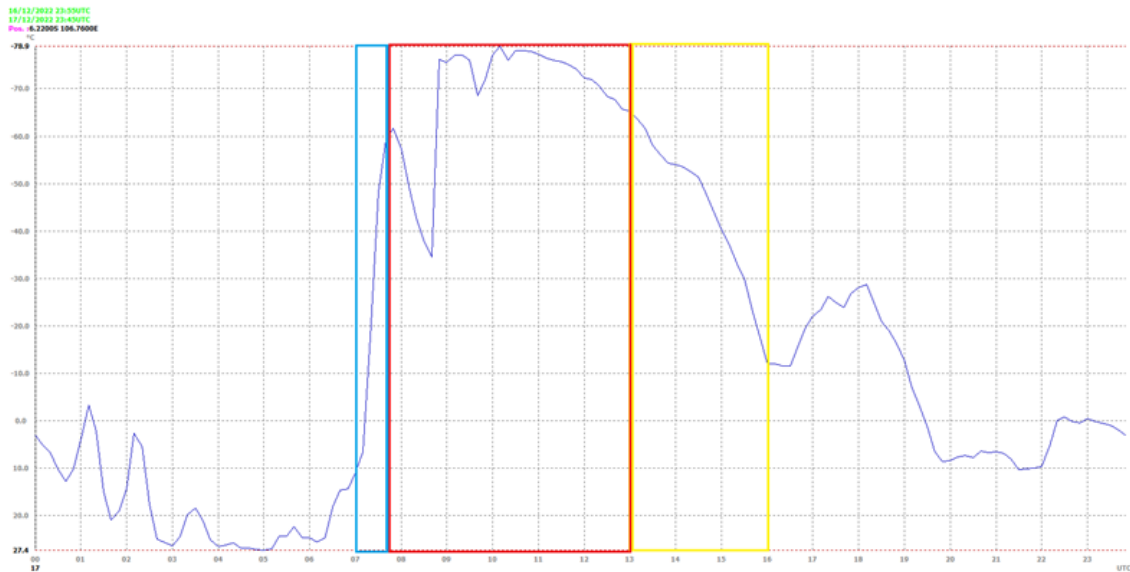


Gambar 2. Suhu permukaan laut bumi periode 7 hari 4 Desember 2022 hingga 1 Januari 2023 (Sumber <https://ncics.org/portfolio/monitor/mjo/>)

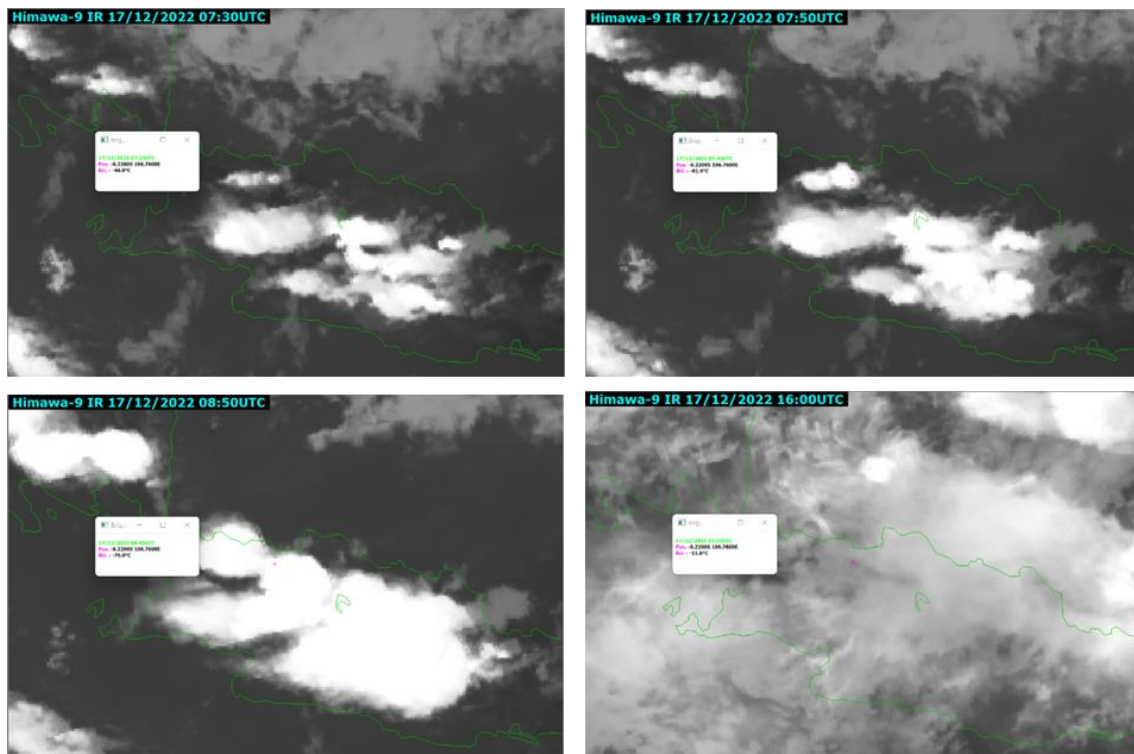
Gambar 3 memperlihatkan anomali suhu permukaan laut dari Desember 2022 sampai Mei 2023. Anomali SST selama kejadian hujan es berkisar pada 0.2°C hingga 0.6°C . Perubahan ini tergolong kecil sehingga Anomali suhu permukaan laut tidak mempengaruhi kejadian hujan es di Jakarta pada 17 Desember 2022.



Gambar 3. Anomali suhu permukaan laut periode 3 bulan Desember 2022 sampai Mei 2023 (Sumber : <https://apcc21.org/>)



Gambar 5. Timeseries perkembangan suhu puncak awan 17 Desember 2022 di sekitar lokasi kejadian Dengan menggunakan *band* 13 Himawari-9 dan fitur *timeseries* pada SATAID menunjukkan fase awan berdasarkan suhu puncak awan. Gambar 5 menunjukkan deret waktu suhu puncak awan mulai dari tahap pembentukan, tahap matang sampai tahap meluruh.

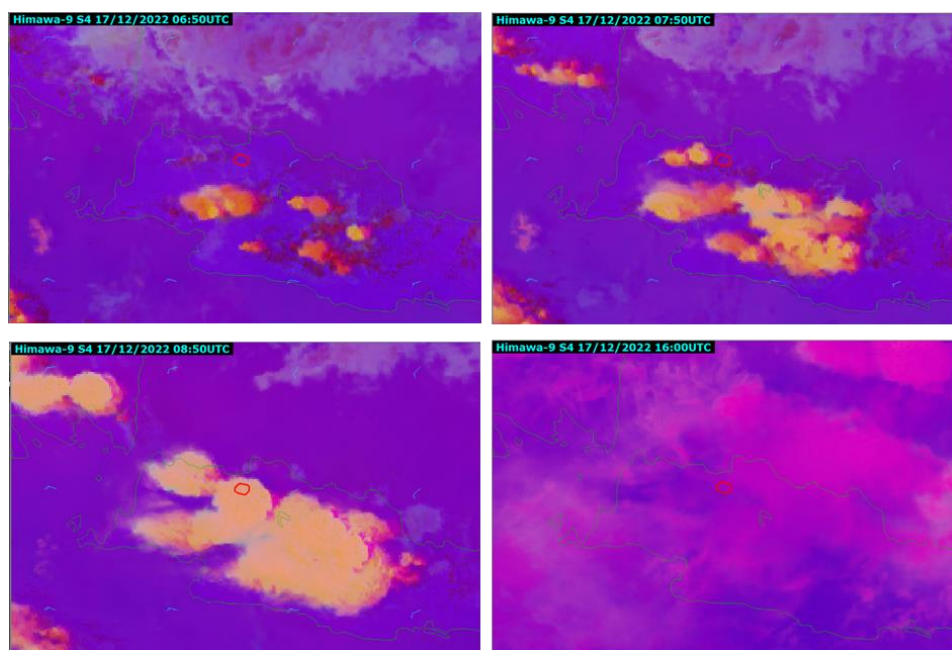


Gambar 6. Perkembangan suhu puncak awan pukul 07.30 UTC, 07.50 UTC, 08.50 UTC, 09.50 UTC, 16.00 UTC

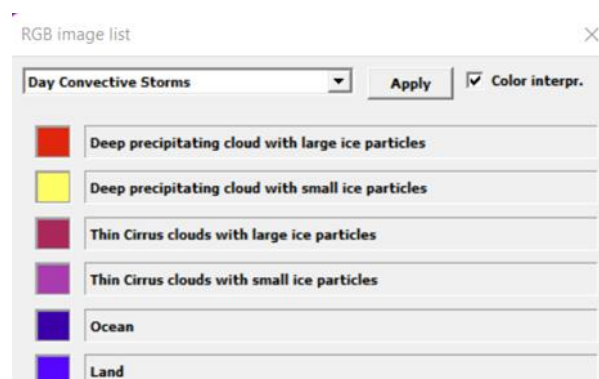
Gambar 6 menunjukkan citra satelit kanal IR (band 13) Himawari-9 saat awan Cumulonimbus mulai terbentuk, pada saat terjadi kejadian hujan es, dan saat awan Cumulonimbus meluruh. Pada 06.50 UTC, hanya terdapat kumpulan awan cumulus

yang cukup tebal dan suhu puncak awan hanya mencapai 14.6°C sehingga pada waktu ini belum ada lapisan awan yang mencapai ketinggian *freezing level*. Pada pukul 7.20 UTC (14.20 Waktu setempat), suhu puncak awan mulai menurun secara drastis menunjukkan awan mulai mencapai lapisan yang lebih tinggi akibat updraft kuat yang terjadi.

Pada citra satelit penampakan awan Cumulus tebal mulai terlihat pada 7.30 UTC (14.30 Waktu setempat). Berdasarkan berita yang dikabarkan, hujan es terjadi pada pukul 14.50 waktu setempat (7.50 UTC). Pada waktu ini suhu puncak awan telah mencapai suhu -68.8°C dimana pada suhu tersebut sudah umum terbentuk butiran-butiran es pembentuk hujan es [2]. Awan mulai meluruh pada 13.00 UTC (Pukul 20.00 Waktu setempat) yang ditandai dengan suhu puncak awan yang mulai menurun dan awan Cumulonimbus mulai menghilang pada 16.00 UTC (Pukul 23.00 waktu setempat).



(a)

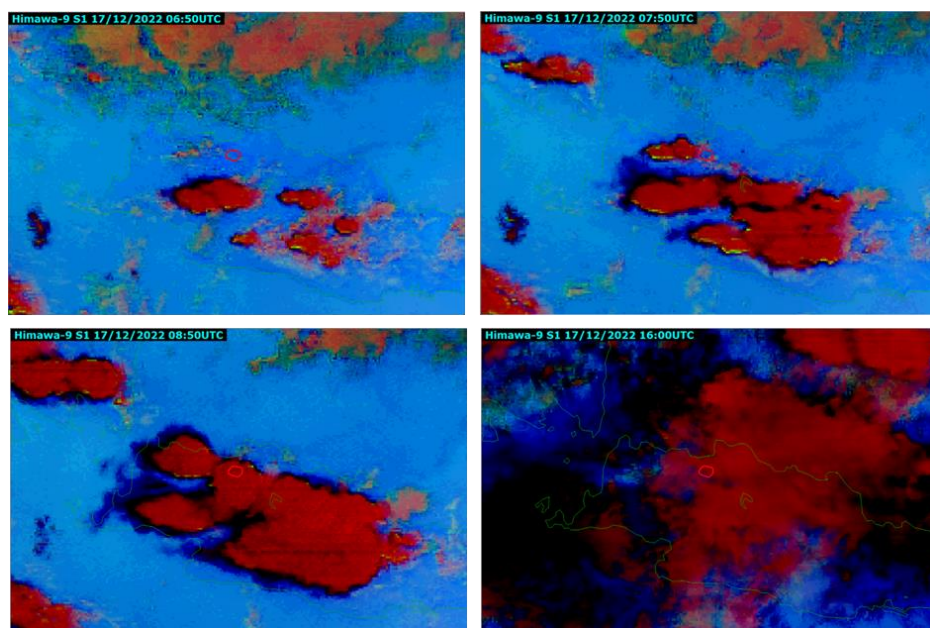


(b)

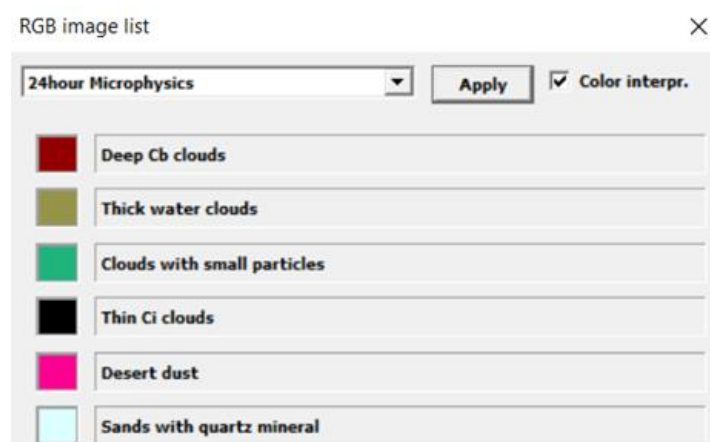
Gambar 7. Perkembangan awan (a) menggunakan teknik *Day Convective Storm* pada pukul 06.50 UTC, 07.30 UTC, 07.50 UTC, 08.50 UTC, 16.00 UTC. (b) Interpretasi teknik *Day Convective Storm*

Gambar 7 menunjukkan citra satelit Himawari-9 menggunakan teknik RGB *Day Convective Storm*. Berdasarkan deskripsi RGB yang tersedia, pada 06.50 UTC, terdapat awan cirrus dengan partikel es besar. Pada pukul 07.50 UTC hingga 08.50 UTC awan prepitasi tersebut semakin membesar. Saat awan meluruh pada pukul 16.00 UTC, terbentuk lapisan awan cirrus dengan partikel es yang kecil di lokasi tempat awan terbentuk.

Gambar 8 menunjukkan citra satelit Himawari-9 menggunakan teknik RGB *24-hour microphysics*. Berdasarkan deskripsi RGB yang tersedia, pada pukul 06.50 UTC, yaitu satu jam sebelum kejadian hujan es dilaporkan, terdapat kumpulan awan tebal yang berisi air serta awan yang memiliki partikel-partikel kecil. Pada 07.50 UTC, terdapat awan Cumulonimbus tebal. Pada 08.50 UTC awan Cumulonimbus bertumbuh semakin besar. Pada pukul 16.00 saat awan meluruh, ditemukan banyak lapisan awan cirrus di lokasi tempat awan Cumulonimbus tumbuh.



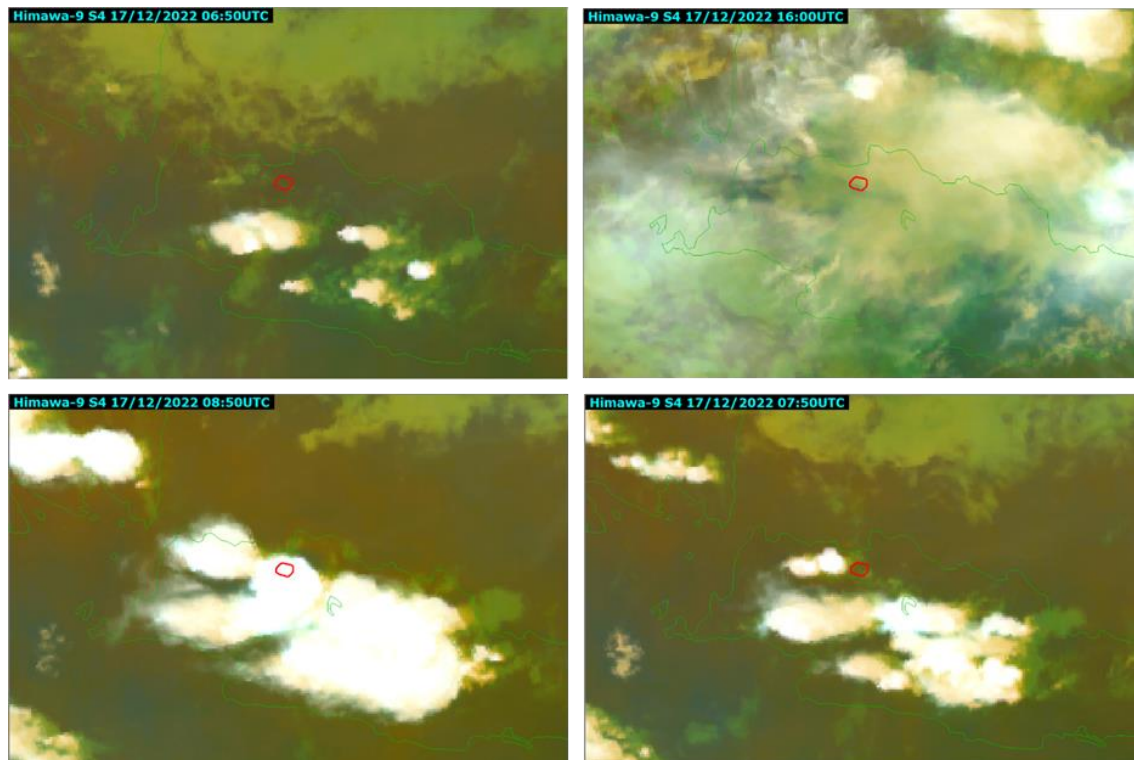
(a)



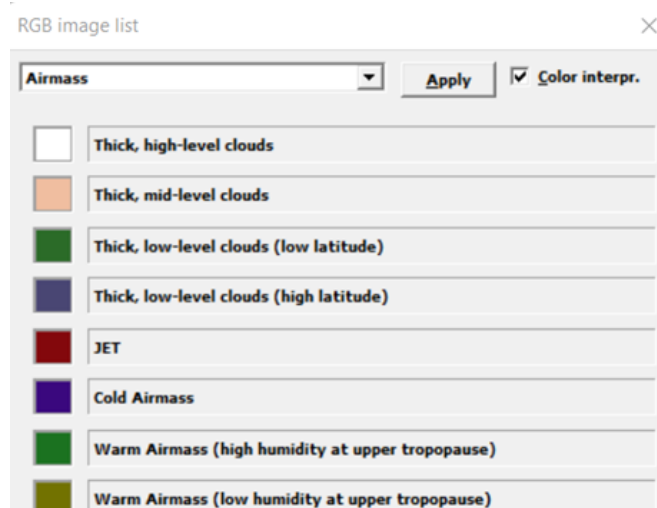
(b)

Gambar 8. Perkembangan awan (a) menggunakan teknik *24 hour microphysics* pada pukul 06.50 UTC, 07.30 UTC, 07.50 UTC, 08.50 UTC, 16.00 UTC. (b) Interpretasi teknik *24 hour microphysics*

Gambar 9 menunjukkan citra satelit Himawari-9 menggunakan teknik RGB *Airmass*. Berdasarkan deskripsi RGB yang tersedia, 1 jam sebelum kejadian hujan es (tepatnya pada 06.50 UTC) terdapat awan rendah tebal dan memiliki massa udara yang hangat sehingga mendukung pertumbuhan awan cumulonimbus. Pada 07.50 UTC saat kejadian hujan es dilaporkan, terdapat awan tinggi yang tebal. Pada 08.50 UTC awan terus bertumbuh menjadi lebih besar dan menyebar luas. Pada pukul 16.00 UTC, terbentuk awan stratiform pada ketinggian menengah yang berukuran tebal.



(a)



(b)

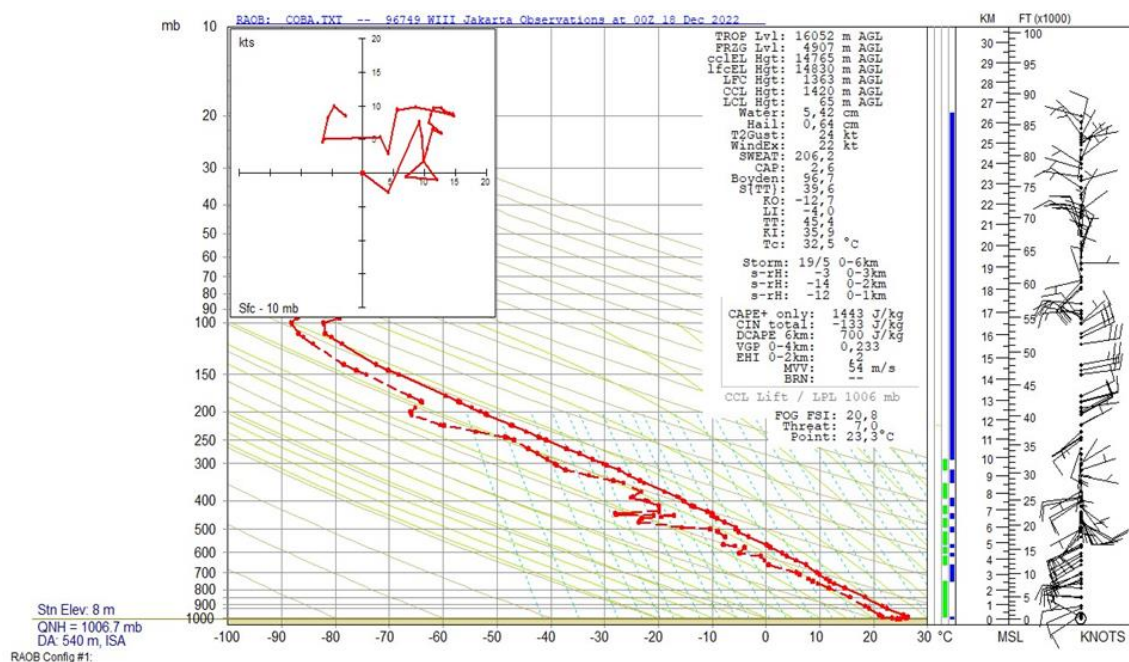
Gambar 9. Perkembangan awan (a) menggunakan teknik *Airmass* pada pukul 06.50 UTC, 07.30 UTC, 07.50 UTC, 08.50 UTC, 16.00 UTC. (b) Interpretasi teknik *Airmass*

3.4 Analisis Labilitas Atmosfer Menggunakan RAOB (Rawinsonde Observation)

Data yang diambil dari laman Wyaoming Atmospheric Data kemudian diinput kedalam Aplikasi RAOB yang nantinya secara otomatis diolah dalam aplikasi tersebut. Hasil yang muncul meliputi diagram skew-t dan peta hodograf. Diagram skew-t merupakan diagram yang digunakan untuk melihat dan menganalisis labilitas atmosfer menggunakan beberapa parameter seperti SWEAT, K-Indeks, LI Indeks, TT Indeks, CAPE, dan CIN. Untuk peta hodograf digunakan untuk mengetahui arah dan kecepatan angin pada lapisan permukaan hingga lapisan 10 mb atau sampai titik dimana radiosonde mencapai titik tertinggi [3].

3.4.1 Diagram Skew-t

Pada diagram skew-t terdapat 2 garis yang secara berurutan menggambarkan 2 parameter yang berbeda. Pada garis kiri menggambarkan suhu atmosfer dan pada garis kanan menggambarkan titik embun atmosfer, dimana kedua garis diatas menggambarkan kedua parameter pada semua lapisan yaitu lapisan permukaan hingga lapisan 30 mb. Kemudian untuk parameter yang terdapat pada diagram skew-t antara lain: SWEAT, L-Indeks, TT Indeks, K-Indeks, CAPE, dan CIN.



Gambar 10. Hasil dari pengolahan data radiosonde berupa Peta Hodograf dan Diagram Skew-T

Tabel 1. Nilai Indeks Labilitas Atmosfer dan Keterangan

Indeks	Nilai	Keterangan
SWEAT	206,2	Moderate
L-Indeks	-4,0	Moderate
TT Indeks	45,4	Moderate
K-Indeks	35,9	Moderate
CAPE	1443 J/Kg	Moderate
CIN	-133 J/Kg	Moderate

Dari kriteria diatas dapat dianalisis bahwa parameter yang menjadi faktor dari indeks labilitas atmosfer menunjukkan kondisi yang moderate artinya berbanding lurus dengan

pembentukan awan konvektif, gerak dan transport vertikal, dimana hal tersebut mempengaruhi kondisi atmosfer apakah atmosfer tersebut dalam kondisi labil atau stabil berdasarkan kriteria diatas.

3.4.2 Peta Hodograf

Peta hodograf pada gambar diatas merupakan peta hodograf yang menggambarkan peta arah dan kecepatan angin dari berbagai lapisan di Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta pada tanggal 18 Desember 2022. Pada peta tersebut dapat dianalisis bahwa angin sebagian besar mengarah kearah timur laut dimana kecepatan rata-rata angin tersebut antara 5-15 knot. Pada lapisan bawah atmosfer angin membentuk pola antisiklonik dimana pola ini bergerak kearah bawah sehingga sulit untuk mengangkat energi sehingga awan konvektif sulit terbentuk, namun pada sebagian besar lapisan seperti lapisan atas angin membentuk pola siklonik dimana cukup membantuk gerak dan transport vertikal sehingga mudah terbentuk awan konvektif.

4. Kesimpulan

Kejadian hujan es di Pengadegan, Jakarta Selatan pada 17 Desember 2022 dipengaruhi oleh fenomena *La-niña* yang aktif pada waktu kejadian. Akan tetapi kejadian hujan es tidak dipengaruhi oleh anomali SST. Selain itu MJO tidak mempengaruhi kejadian hujan es karena MJO berada pada keadaan tidak aktif pada waktu hujan es terjadi. Awan Cumulonimbus pada kasus yang diteliti ini cukup unik karena fase matang awan Cumulonimbus mencapai durasi 6 jam dan waktu meluruh yang memakan waktu 4 jam serta tempat terbentuknya awan tidak tepat diatas tempat kejadian hujan es dilaporkan. Hal ini diduga karena terjadi angin kencang pada lapisan 850 hPa yang menyebabkan presipitasi jatuh tidak tepat dibawah awan. Awan cumulonimbus yang terbentuk akibat atmosfer yang tidak stabil di wilayah sekitar Jakarta ditandai dengan pola angin siklonik sehingga sangat mudah untuk terbentuk awan konvektif. Selain itu nilai CAPE dan CIN yang merepresentasikan pembentukan awan konvektif. Nilai CAPE yang cukup besar berarti energi potensial yang membentuk atau mengangkat energi berupa uap air yang besar sehingga mudah untuk terbentuk awan konvektif. Disisi lain nilai CIN atau energi yang berguna untuk menghambat pertumbuhan awan konvektif yang cukup kecil juga merepresentasikan bahwa tidak ada hambatan berarti dalam pembentukan awan konvektif disekitar wilayah Jakarta.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan Japan Meteorology Agency (JMA) yang telah menyediakan tempat untuk mengakses data. Terima kasih untuk Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG) yang memberikan ilmu pengetahuan tentang pengolahan data dari aplikasi pengolah data. Serta ucapan terimakasih kepada Bapak Yosafat Donny Haryanto selaku dosen mata kuliah pengamatan udara atas yang telah memberikan arahan dan bimbingan sehingga jurnal ini dapat terselesaikan.

Daftar Pustaka

1. C. Donald Ahrens - Essentials of Meteorology_ An Invitation to the Atmosphere-Brooks Cole (2011). (n.d.).B. Scrosati, Applications of Electroactive Polymers, Chapman & Hall (1993), p. 183-220.

2. Malinda Hidayat, A., Efendi, U., Agustina, L., Agus Winarso, P., Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, (2018). KORELASI INDEKS NINO 3.4 DAN SOUTHERN OSCILLATION INDEX (SOI) DENGAN VARIASI CURAH HUJAN DI SEMARANG. In Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca (Vol. 19, Issue 2).
3. Ardiansyah, D. (2022). LABILITAS ATMOSFER TERKAIT KEJADIAN HUJAN ES (STUDI KASUS HUJAN ES DI SINDANG DATARAN BENGKULU TANGGAL 25 JUNI 2021). Buletin Meterologi, Klimatologi dan Geofisika, 2(2), 34-48.