

ANALISIS PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN SIKLON TROPIS TERATAI PADA PERIODE 30 NOVEMBER – 2 DESEMBER

WAHYU SULISTIYONO^{1,*}, ANISA FADLILAH²

¹Stasiun Meteorologi Kelas I Tjilik Riwut-Palangka Raya, Jalan Adonis Samad, Panarung, Pahandut, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah.

²Stasiun Klimatologi Kelas Papua, Jalan Yaring Tabri No.69, Tabri, Nimboran, Kabupaten Jayapura, Papua.
Email: wahyu.sulistiyono@stmkg.ac.id

Abstrak. Pertumbuhan siklon tropis diakibatkan timbulnya gangguan atmosfer yang disebabkan kondisi atmosfer yang labil, kelembaban yang tinggi, disertai terbentuknya wilayah bertekanan rendah. Tahap perkembangan siklon tropis dibagi menjadi tahapan pembentukan dan perkembangan, tahap matang hingga pelemahan. Pada penelitian ini membahas lebih lanjut terkait proses perkembangan siklon tropis berdasarkan kejadian Siklon Tropis Teratai. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis proses perkembangan siklon tropis berdasarkan pengaruh nilai kelembaban atmosfer, suhu permukaan laut, nilai vortisitas, nilai tekanan udara, dan suhu puncak awan. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa kondisi suhu permukaan laut berada di rentang 29,5-30°C saat proses perkembangan dan menunjukkan penurunan suhu saat fase pelemahan. Analisis nilai kelembaban relatif menunjukkan nilai diatas 90% selama proses perkembangan siklon tropis. Berdasarkan analisis pola streamline menunjukkan bahwa saat proses perkembangan pola aliran angin cenderung lebih rapat dan menjadi renggang seiring proses pelemahan. Analisis tekanan udara menunjukkan penurunan nilai saat proses pembentukan siklon tropis, dan nilai tersebut meningkat perlahan seiring proses pelemahan. Nilai vortisitas potensial cenderung bernilai negatif selama proses perkembangan siklon tropis.

Kata kunci: Siklon Tropis, Siklogenesi, Gangguan Atmosfer.

Abstract. The growth of tropical cyclones is due to the emergence of atmospheric disturbances caused by unstable atmospheric conditions, high humidity, accompanied by the formation of low pressure areas. The development stages of tropical cyclones are divided into formation and development stages, mature to weakening stages. This research discusses further the process of tropical cyclone development based on the Tropical Cyclone Lotus event. This research uses a quantitative approach to analyze the process of tropical cyclone development based on the influence of atmospheric humidity values, sea surface temperature, vorticity values, air pressure values, and cloud top temperatures. Based on the research results, it is known that sea surface temperature conditions are in the range of 29.5-30 0C during the development process and show a decrease in temperature during the weakening phase. Analysis of relative humidity values shows values above 90% during the development process of tropical cyclones. Based on the streamline pattern analysis, it shows that during the development process the wind flow pattern tends to be denser and becomes looser as the process weakens. Analysis of air pressure shows that the value decreases during the process of tropical cyclone formation, and this value increases slowly as the process weakens. Potential vorticity values tend to be negative during the development process of tropical cyclones.

keywords: Tropical Cyclone, Cyclogenesis, Atmosphere Disturbance

1. Pendahuluan

Perkembangan siklon tropis sebagai fenomena meteorologi berskala sinoptik disebut sebagai siklogenesi [1]. Proses siklogenesi ini terjadi dalam 4 tahap. Tahapan tersebut terdiri dari tahap pembentukan, tahap perkembangan, tahap matang dan tahap pelemahan [2]. Siklon tropis dapat berkembang pada kondisi suhu permukaan laut dengan nilai minimal 26.5 0C, kondisi atmosfer yang labil, atmosfer yang lembab, terbentuknya daerah tekanan rendah, dan terdapat gangguan atmosfer [3]. Siklon tropis yang telah matang memiliki struktur yang meliputi mata, dinding mata,

* Email: wahyu.sulistiyono@stmkg.ac.id

rainbands (kumpulan hujan) [4]. Siklon tropis memerlukan lautan tropis yang hangat dan lembab sehingga menyebabkan adanya pusat tekanan rendah yang berputar secara siklonik. Sistem perputaran aliran siklon tropis memiliki perbedaan arah pergerakan pada wilayah bumi bagian selatan dan bagian utara. Sistem aliran siklon tropis bergerak berlawanan dengan arah jarum jam pada Belahan Bumi Utara (BBU) dan searah jarum jam pada Belahan Bumi Selatan (BBS) serta menyebabkan massa udara berputar dan terangkat [5]. Siklon tropis juga memerlukan aktivitas konvektif kuat yang berasal dari hubungan dinamika atmosfer dan lautan. Aktivitas konvektif yang kuat antara atmosfer dan lautan akan meningkatkan pembentukan awan konvektif yang mendukung penguatan struktur siklon tropis [6].

Menurut Tjasyono [7], umumnya siklon tropis terbentuk pada wilayah dengan lintang 100 hingga 200 dengan persentase sebesar 65%. Wilayah yang sesuai dengan kriteria pertumbuhan siklon tropis adalah area perairan barat Australia dan Samudera Hindia [8]. Meskipun siklon tropis sulit terbentuk di wilayah tropis namun dampaknya dapat mempengaruhi area disekitarnya terutama pada wilayah ekuator. Dampak dari fenomena siklon tropis mampu mencakup wilayah yang berada dalam rentang radius 2-4° (lintang) dari pusat siklon [9].

Dalam penelitian ini membahas tahap hidup siklon tropis (Siklogenesis) dari Siklon Tropis Teratai yang terjadi pada tanggal 30 November hingga 2 Desember 2021. Siklon Tropis Teratai terbentuk dari bibit siklon 92S yang telah teridentifikasi sejak tanggal 30 November di sekitar Samudera Hindia bagian barat daya Bengkulu [10]. Siklon Tropis Teratai dilaporkan telah terbentuk dan mencapai fase matang pada tanggal 1 Desember 2021 jam 12.00 UTC. Pusat Siklon Tropis Teratai terbentuk pada titik 9.5 LS dan 101.9 BT, pada sebelah barat daya Lampung. Kecepatan angin maksimum disekitar pusat siklon mencapai 40 Knot dengan tekanan udara dipusatnya mencapai 1000 Mb. Tahap pelemahan Siklon Tropis Teratai terjadi pada tanggal 2 Desember 2021 pada jam 12.00 UTC. Secara keseluruhan, pergerakan Siklon Tropis Teratai bergerak ke arah barat-barat daya dengan gerakan menjauhi wilayah Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui secara lebih lanjut pengaruh parameter meteorologi terhadap perkembangan Siklon Tropis Teratai. Parameter yang dianalisis yaitu kelembaban relatif, vortisitas potensial, suhu muka laut, pola aliran angin (streamline) dan pola sebaran awan.

2. Metode Percobaan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif serta analisis deskriptif. Analisis deskriptif digunakan dalam mendeskripsikan nilai parameter yang ada dalam analisis proses perkembangan Siklon Tropis Teratai. Data yang digunakan merupakan data saat kejadian yaitu tanggal 30 November sampai 2 Desember 2021. Data penelitian yang digunakan terdiri dari data Satelit Himawari-8 serta data *Reanalysis* ERA-5 ECMWF (*European Centre for Medium-range Weather Forecast*) [11]. Data satelit Himawari-8 digunakan untuk menampilkan parameter vortisitas atmosfer dan nilai suhu puncak awan. Data satelit Himawari-8 diakses melalui basis data satelit JMA (*Japan Meteorological Agency*) menggunakan FTP (*File Transfer Protocol*). Data yang diunduh dalam format netcdf dengan rentang periode 30 November – 2 Desember 2021. Data *Reanalysis* ERA-5 yang digunakan dalam penelitian ini diakses melalui laman <https://cds.climate.copernicus.eu/>.

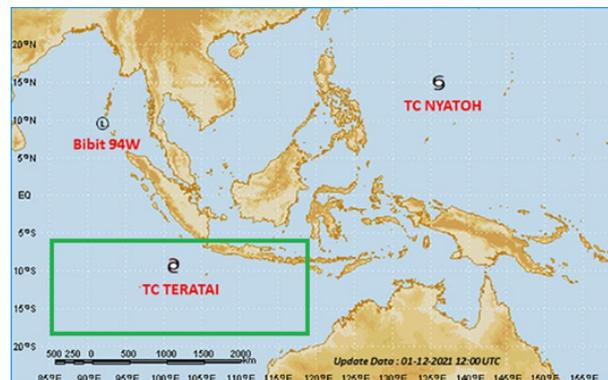
Data *reanalysis* ERA-5 yang digunakan terdiri dari data lapisan tunggal (*Single Level*) dan data lapisan tekanan (*Pressure Level*). Data lapisan permukaan digunakan untuk menampilkan peta suhu permukaan laut serta peta nilai *Mean Sea Level Pressure* (MSLP). Kemudian, data lapisan

tekanan digunakan untuk menampilkan peta *Streamline* pada lapisan 925 mb (*gradien level*) serta peta sebaran nilai kelembaban relatif pada lapisan 925 mb. Data ERA-5 juga digunakan dalam menampilkan parameter nilai Vortisitas pada lapisan 925 mb. Data Satelit Himawari-8 yang digunakan berupa data kanal IR (inframerah) pada Band 13 yang digunakan dalam menampilkan Suhu Puncak Awan.

Pengolahan data *Reanalysis* ERA-5 serta data Satelit Himawari-8 diolah menggunakan aplikasi GrADS (*Grid Analysis and Display System*). Hasil keluaran data *Reanalysis* ERA-5 dari aplikasi GrADS berupa visualisasi parameter Peta *Sea Surface Temperature* (SST), Peta *Streamline* lapisan 925 mb, Peta sebaran nilai Kelembaban Relatif, Peta nilai MSLP (tekanan udara diatas permukaan laut) dan Peta Vortisitas pada lapisan 925 mb. Sementara hasil keluaran data Satelit Himawari-8 dari aplikasi GrADS menghasilkan peta nilai suhu puncak awan.

Data yang telah divisualisasikan melalui aplikasi GrADS, kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menjelaskan nilai setiap parameter selama proses siklogensis berlangsung dari periode 30 November - 2 Desember 2021. Analisis dikategorikan berdasarkan masing-masing parameter serta alur proses pembentukan siklon, dari tahap pembentukan hingga melemah.

Lokasi penelitian terletak di selatan Pulau Jawa dengan koordinat -5 LS sampai -15 LS dan 90 BT hingga 110 BT seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Sumber data lokasi penelitian menyesuaikan informasi yang tertera pada laman *Tropical Cyclone Warning Center* (TCWC) BMKG berdasarkan informasi laporan pada tahun 2021.



Gambar 1. Area cakupan penelitian berdasarkan sumber TCWC BMKG [10]

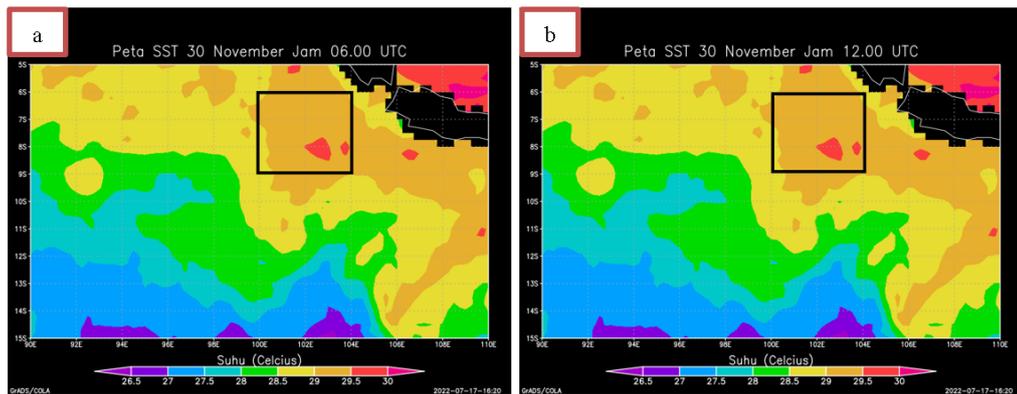
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Suhu Permukaan Laut

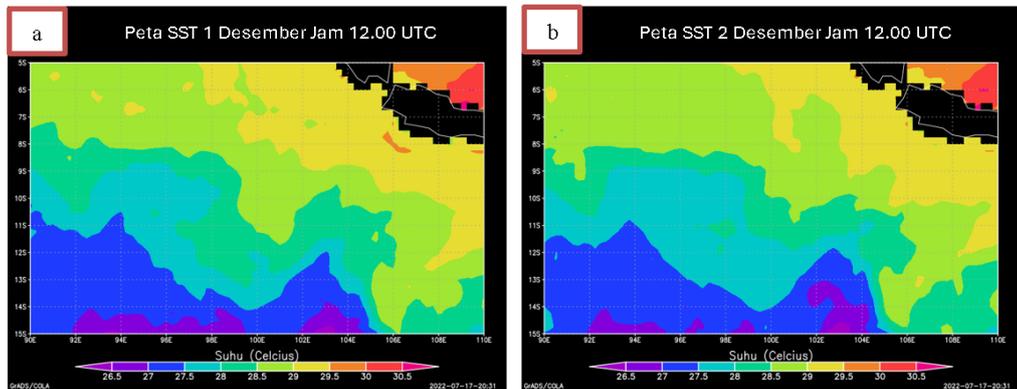
Pada tahap pembentukan dan perkembangan Siklon Tropis Teratai terjadi peningkatan suhu permukaan laut hingga mencapai rentang 29.5 °C hingga 30 °C pada tanggal 30 November 2021 pada jam 06.00-12.00 UTC. Peningkatan suhu muka laut diatas nilai 26.5 °C merupakan kondisi yang mendukung pembentukan siklon tropis sesuai kriteria BMKG [3]. Suhu permukaan laut yang hangat (> 26.5 °C) memicu terbentuknya bibit siklon 92S pada arah barat daya Lampung.

Pada tanggal 1 Desember 2021 dikategorikan sebagai tahap matang dari perkembangan Siklon Tropis Teratai [12], nilai suhu muka laut tetap berada diatas 26.5 °C. Namun terjadi pengurangan nilai suhu muka laut hingga menjadi 29 °C. Suhu tersebut tergolong masih mendukung struktur

siklon tropis, dikarenakan panas muka laut merupakan energi yang diperlukan oleh siklon tropis. untuk mempertahankan bentuknya. Pada tahap pelemahan saat tanggal 2 Desember 2021, nilai suhu muka laut berada diatas kisaran 26.5 °C. Saat tahap pelemahan nilai rentang suhu berada dalam kisaran 28.5 °C. Suhu saat fase pelemahan mengalami penurunan sebesar 0.5 °C dibanding suhu saat fase matang. Namun suhu saat fase matang dan peluruhan masih berpengaruh dalam pembentukan awan konvektif yang melingkupi sistem siklon tropis.



Gambar 2. Peta sebaran nilai suhu permukaan laut tanggal 30 November pada (a) jam 06.00 UTC dan (b) jam 12.00 UTC.



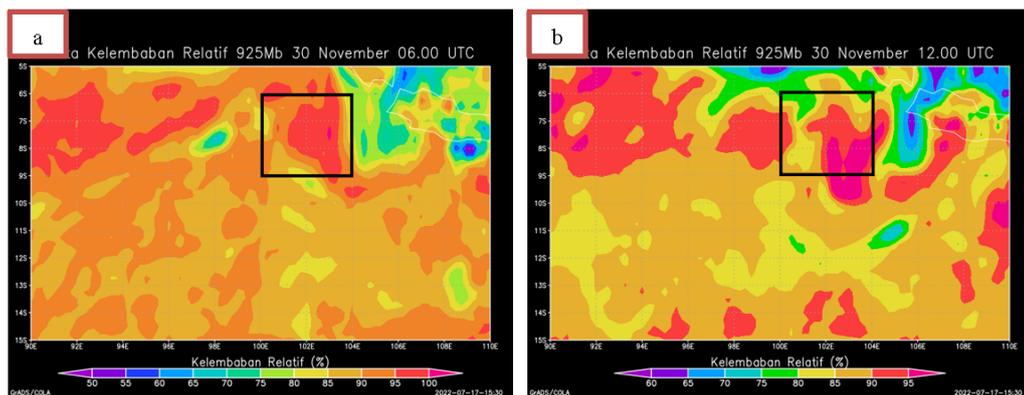
Gambar 3. Peta sebaran nilai suhu permukaan laut (a) pada tahap matang pada tanggal 1 Desember jam 12.00 UTC, dan (b) tahap pelemahan pada tanggal 2 Desember jam 12.00 UTC.

3.2 Analisis Kelembaban Relatif (RH)

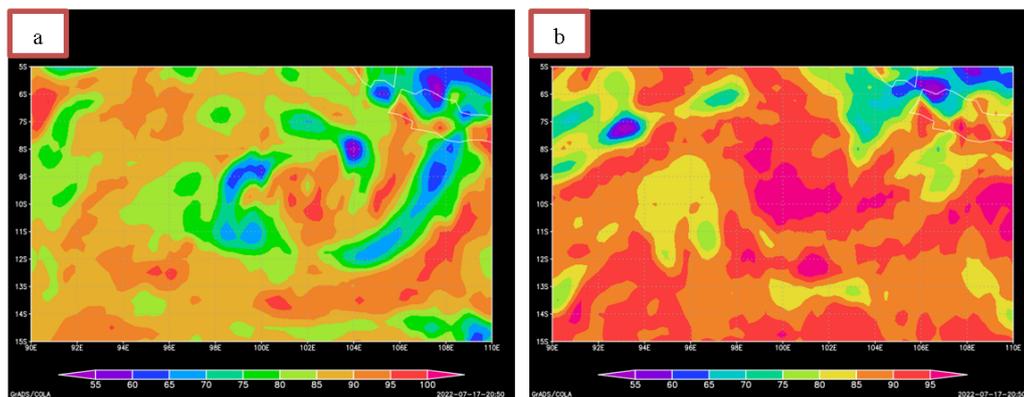
Pada tahap pembentukan dan perkembangan selama tanggal 30 November, terlihat adanya kenaikan nilai kelembaban relatif pada rentang waktu jam 06.00-12.00 UTC. Pada jam 30 November jam 06.00 UTC, nilai kelembaban relatif berada pada kisaran 95-100%. Sementara pada jam 12.00 UTC, nilai kelembaban relatif masih berada diatas 95%. Secara keseluruhan, kondisi

kelembaban relatif selama periode jam 06.00-12.00 UTC sangat mendukung pembentukan awan konvektif yang membentuk struktur badai siklon tropis. Peningkatan nilai kelembaban relatif disebabkan naiknya suhu muka air laut sehingga meningkatkan penguapan di atas permukaan laut. Tersedianya uap air yang melimpah di atmosfer, menyebabkan pertumbuhan awan badai sangat intensif.

Berdasarkan gambar 5.a dan 5.b sebaran nilai kelembaban relatif, terlihat perbedaan nilai kelembaban permukaan antara tahap matang (1 Desember) dan tahap pelemahan (2 Desember). Pada tahap matang nilai kelembaban relatif cenderung melemah dengan kisaran nilai sebesar 90-95%. Sementara pada tahap pelemahan nilai kelembaban relatif naik menjadi kisaran 90 hingga diatas 95%. Data kelembaban relatif pada tanggal 1 Desember dan 2 Desember sama-sama berada diatas nilai 90%. Namun apabila dilihat pola sebaran nilai kelembaban relatifnya, terlihat konsentrasi kelembaban relatif yang memusat saat tahap pematangan. Pada tahap pelemahan pola kelembaban relatif membentuk pola menyebar, menandakan pola pembentukan awan sudah tidak teratur akibat proses pelemahan siklon tropis teratai.



Gambar 4. Peta sebaran nilai kelembaban relatif (%) lapisan 925 mb, (a) tanggal 30 November 2021 pada jam 06.00 UTC dan (b) jam 12.00 UTC.

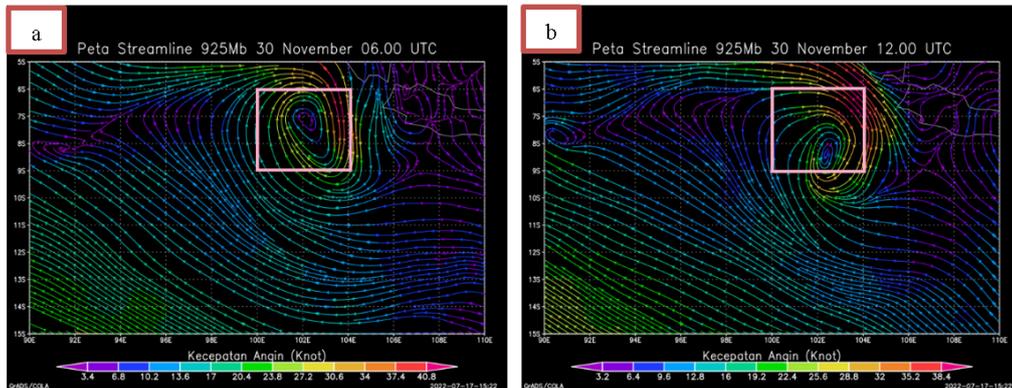


Gambar 5. Peta sebaran nilai kelembaban relatif, (a) Pada tahap matang pada tanggal 1 Desember jam 12.00 UTC, dan (b) tahap pelemahan pada tanggal 2 Desember jam 12.00 UTC.

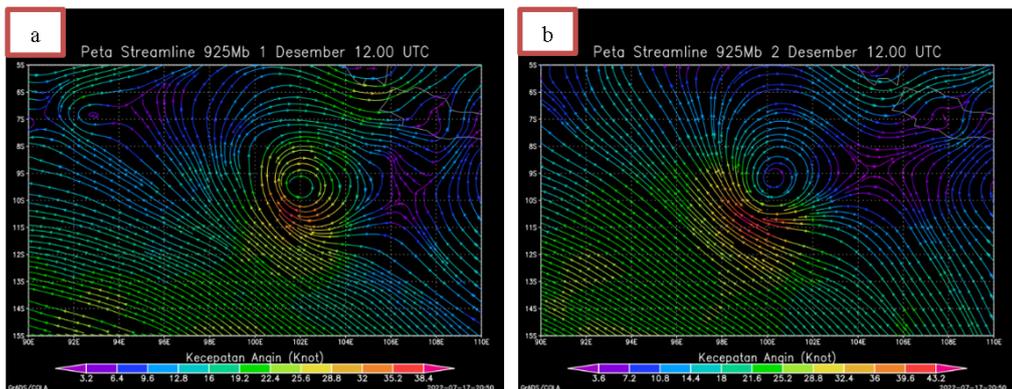
3.3 Analisis Peta Streamline Lapisan 925 mb

Pada tanggal 30 November 2021 telah terbentuk bibit siklon 92S yang ditandai terbentuknya pola sirkulasi siklonik pada koordinat -7 sampai -9 LS dan 100 sampai 104 BT seperti yang ditampilkan pada Gambar 6.a dan 6.b. Nilai kecepatan angin paling tinggi ada pada sisi bibit siklon, dengan kecepatan sekitar 30.6-38.4 Knot. Pola aliran ini berbentuk memutar secara *clockwise* (searah jarum jam) dikarenakan sistem siklon terbentuk di BBS [2].

Pada tahap pematangan saat tanggal 1 Desember 2021 (Gambar 7.a), struktur pola siklonik makin rapat serta terdapat peningkatan nilai kecepatan. Nilai kecepatan angin pada tahap pematangan bernilai sekitar 35.2-38.4 Knot pada bagian *Rainbands*. Pada tahap pelemahan saat tanggal 2 Desember 2021 (Gambar 7.b), struktur pola siklonik mulai merenggang namun nilai kecepatan angin pada bagian *Rainband* makin mengalami peningkatan hingga bernilai 36-43.2 Knot. Peningkatan nilai kecepatan angin pada tahap pelemahan tersebut, mendukung peluruhan struktur awan badai pada sistem siklon tropis.



Gambar 6. Peta Streamline lapisan 925 mb, (a) Tanggal 30 Februari 2021 pada jam 06.00 UTC dan (b) jam 12.00 UTC.

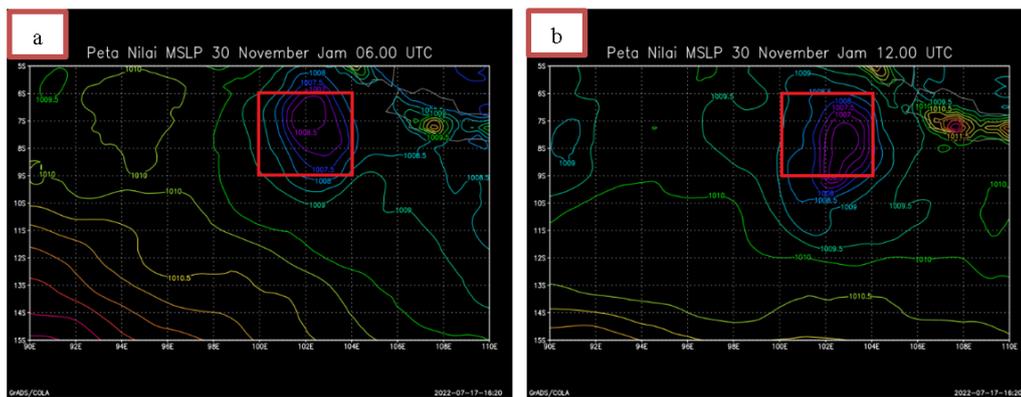


Gambar 7. Peta Streamline pada tahap matang, (a) Pada tanggal 1 Desember jam 12.00 UTC dan (b) Tahap pelemahan pada tanggal 2 Desember jam 12.00 UTC.

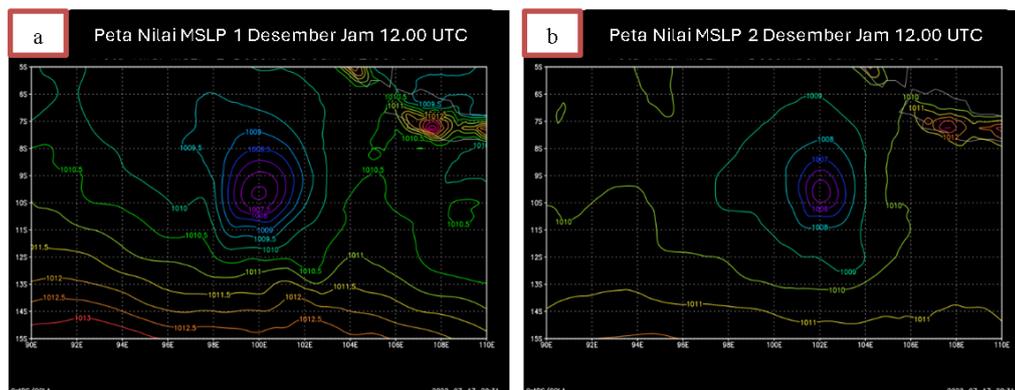
3.4 Analisis Tekanan Udara MSLP (Mean Sea Level Pressure)

Pada tahap perkembangan siklon tropis saat periode jam 06.00-12.00 UTC tanggal 30 November (Gambar 8.a), terdapat wilayah penurunan tekanan pada titik lokasi -7.4 LS dan 102 E. Nilai tekanan pada titik lokasi tersebut memiliki nilai sebesar 1006.5 mb dan nilainya tetap hingga jam 12.00 UTC (Gambar 8.b). Nilai tekanan yang rendah menyebabkan timbulnya bibit siklon 92 S pada lokasi tersebut. Terbentuknya wilayah bertekanan rendah pada wilayah lautan dapat memicu terbentuknya bibit siklon tropis apabila didukung dengan kenaikan suhu muka laut [2].

Pada tahap pematangan saat tanggal 1 Desember jam 12.00 UTC, nilai tekanan menjadi 1006 mb dengan gradien tekanan yang rapat (Gambar 9.a). Menurunnya tekanan pada sistem siklon memicu pengangkatan massa udara secara konvergensi yang mendukung pembentukan awan konvektif pada sistem siklon. Sementara, gradien nilai tekanan yang rapat pada struktur siklon dapat mempercepat kecepatan angin yang berada *band* siklon. Pada tahap pelemahan gradien tekanan pada sistem siklon sudah mulai merenggang (Gambar 9.b), namun nilai tekanan masih tergolong rendah dengan nilai tekanan 1008-1009 mb pada sistem siklon.



Gambar 8. Peta nilai tekanan udara di atas permukaan laut, (a) pada tanggal 30 November 2021 pada jam 06.00 UTC dan (b) jam 12.00 UTC.

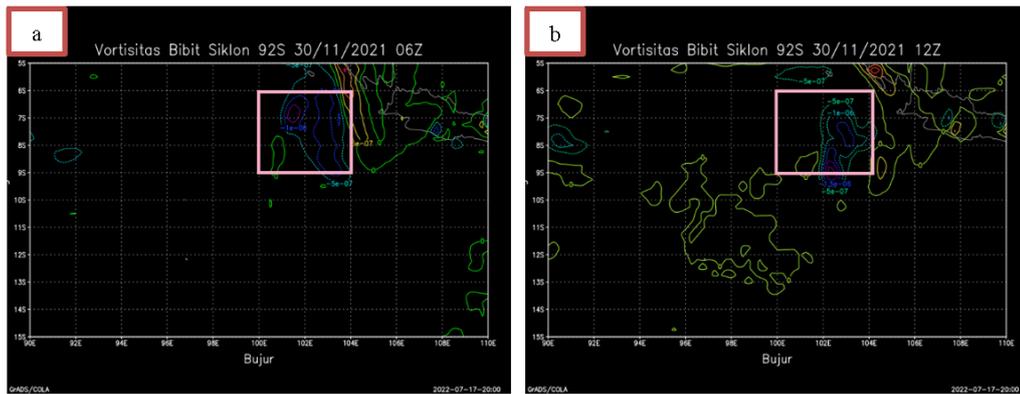


Gambar 9. Peta nilai tekanan udara, (a) tahap matang pada tanggal 1 Desember jam 12.00 UTC dan (b) tahap pelemahan pada tanggal 2 Desember jam 12.00 UTC.

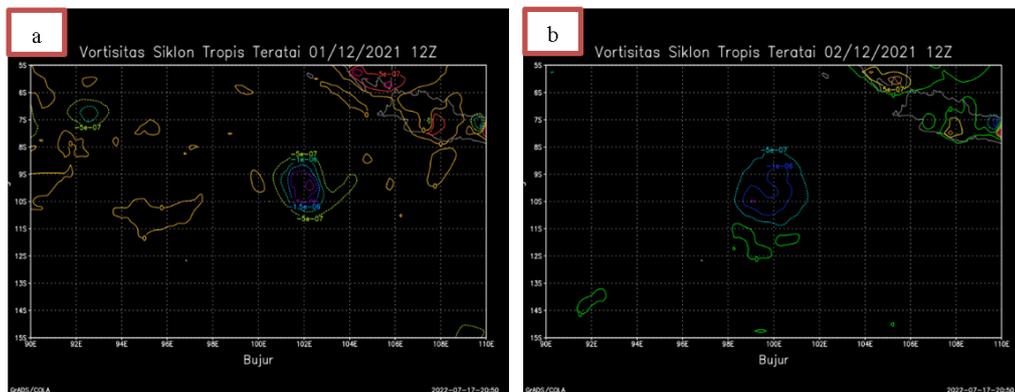
3.5 Analisis Vortisitas Potensial

Pada tahap pertumbuhan siklon tropis selama tanggal 30 November (Gambar 10.a dan 10.b), terlihat terbentuknya pola penurunan nilai vortisitas potensial di wilayah terbentuknya bibit siklon 92S. Namun nilai vortisitas potensial yang negatif pada BBS (Belahan Bumi Selatan) justru menandakan penguatan nilai sirkulasi siklonik [12]. Nilai vortisitas pada pusat bibit siklon berada dalam kisaran $-1,5 \times 10^{-6} \text{ Km}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ sampai $-5 \times 10^{-7} \text{ Km}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ dengan gradien vortisitas yang renggang. Vortisitas yang bernilai negatif pada wilayah lintang selatan, menandakan kuatnya pengaruh sirkulasi siklonik terhadap peningkatan pertumbuhan awan konvektif. Akibat pengaruh tersebut, menyebabkan bertambah kuatnya struktur siklon akibat jumlah pertumbuhan awan konvektif yang meningkat.

Pada tahap pematangan saat tanggal 1 Desember (Gambar 11.a), terlihat gradien vortisitas yang semakin rapat dengan nilai vortisitas yang menguat dengan pusat siklon memiliki nilai vortisitas sebesar $-1,5 \times 10^{-6} \text{ Km}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ dengan radius area yang luas. Namun saat proses pelemahan nilai vortisitas cenderung naik dan gradien vortisitas merenggang, seperti yang teramati pada Gambar 11.b



Gambar 10. Peta nilai vortisitas potensial, (a) pada tanggal 30 November 2021 pada jam 06.00 UTC dan (b) jam 12.00 UTC.

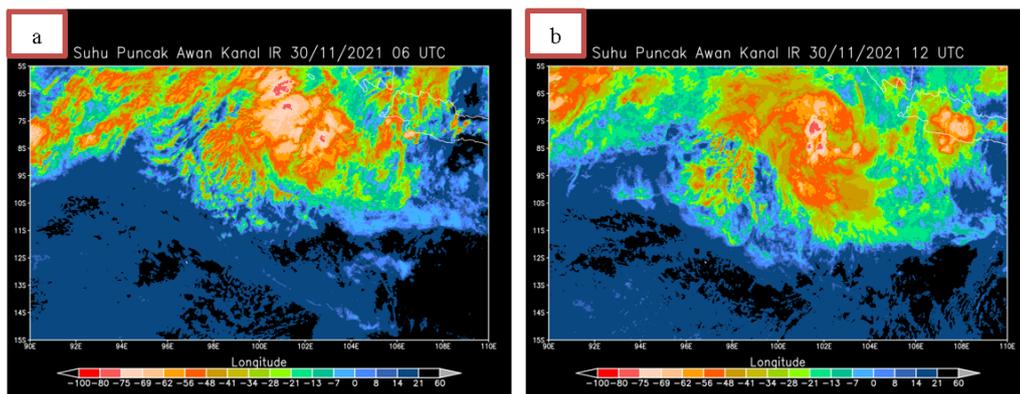


Gambar 11. Peta nilai vortisitas, (a) pada tahap matang pada tanggal 1 Desember jam 12.00 UTC dan (b) tahap pelemahan pada tanggal 2 Desember jam 12.00 UTC.

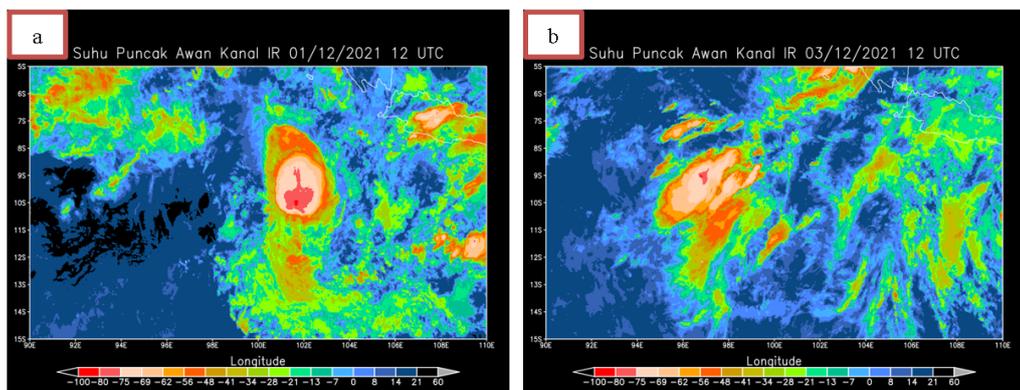
3.4 Analisis Suhu Puncak Awan

Berdasarkan peta suhu puncak awan yang ditampilkan pada Gambar 12.a dan 12.b, saat fase perkembangan bibit siklon 92S teramati gugusan awan konvektif dengan rentang suhu -48 sampai -62 °C. Pada jam 12.00 UTC terdapat sebaran awan konvektif yang rapat disertai suhu penurunan suhu dengan nilai -62 sampai -75 °C. Pada jam 12.00 UTC, terlihat susunan awan sudah membentuk pola melingkar membentuk daerah *rainband*. Daerah *rainband* tersebut merupakan wilayah penghasil awan hujan yang disebabkan pertemuan massa udara akibat pembentukan siklon tropis [4].

Pada tahap pematangan saat tanggal 1 Desember 2021 jam 12.00 UTC (Gambar 13.a), terlihat pola gugusan awan yang dengan rentang suhu yang turun drastis. Pola awan tersebut memiliki nilai suhu -69 sampai -80 °C pada bagian pusatnya yang memiliki bentuk gugusan awan melingkar. Saat memasuki tahap pelemahan pada tanggal 2 Desember (Gambar 13.b), terlihat pola susunan awan sudah terurai dan menyebar, menandakan pola gugusan awan yang melingkupi sistem siklon telah meluruh. Namun masih terdapat pola awan konvektif dengan nilai suhu inti awan berkisar -62 hingga -69 °C.



Gambar 12. Peta sebaran nilai suhu puncak awan pada tanggal 30 November 2021 pada jam 06.00 UTC (gambar a) dan jam 12.00 UTC (gambar b)



Gambar 13. Peta suhu puncak awan pada tahap matang pada tanggal 1 Desember jam 12.00 UTC (gambar a) dan tahap pelemahan pada tanggal 2 Desember jam 12.00 UTC (gambar b)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa nilai kelembaban atmosfer, suhu permukaan laut, nilai vortisitas, nilai tekanan udara, suhu puncak awan, dan pola streamline memiliki pengaruh dalam proses siklogensis Siklon Tropis Teratai. Hasil analisis Suhu permukaan laut menunjukkan bahwa saat proses pertumbuhan Siklon Tropis Teratai terjadi peningkatan suhu dalam rentang 29.5-30 °C pada tanggal 30 November 2021. Kemudian, pada tahap pematangan suhu muka laut tetap bertahan pada suhu 29 °C. Kondisi suhu pada saat pembentukan hingga fase matang berada di atas kriteria suhu muka laut yang mendukung perkembangan siklon tropis, yaitu di atas 26,5°C. Pada saat pelemahan terdapat penurunan suhu muka laut dari nilai 29°C menjadi 28,5°C. Pada analisis kelembaban relatif, terdapat kondisi nilai kelembaban di atas 90% saat proses pembentukan dan perkembangan. Pada proses pembentukan, nilai kelembaban berada dalam rentang 95-100%. Kondisi ini sangat mendukung perkembangan sistem Siklon Tropis hingga menuju fase matang, dikarenakan kondisi kelembaban relatif menggambarkan banyaknya uap air di atmosfer yang memperbanyak pembentukan awan konvektif dan menguatkan struktur sistem siklon tropis. Selanjutnya, berdasarkan analisis pola streamline menunjukkan terdapat aliran udara yang berputar akibat pertemuan massa udara dari 2 arah yang berbeda. Pola streamline saat proses pembentukan memiliki aliran spiral yang rapat. Namun, seiring fase matang hingga pelemahan terdapat perubahan aliran spiral yang semakin renggang. Berikutnya, berdasarkan analisis nilai tekanan udara terdapat dinamika perubahan nilai selama fase siklogensis. Pada tahap pembentukan dan perkembangan, nilai tekanan udara teramati sebesar 1006.5 mb yang memicu penguatan struktur sistem siklon tropis. Sementara, pada saat fase pelemahan nilai tekanan udara naik menjadi 1008-1009 mb. Berdasarkan analisis nilai vortisitas potensial, pada proses perkembangan sistem siklon tropis menunjukkan nilai vortisitas potensial yang negatif sehingga mendukung perkembangan siklon tropis. Pada analisis terakhir terhadap pola sebaran awan, diamati bahwa pola sebaran awan cenderung meningkat pada saat proses perkembangan, dan meluruh saat proses pelemahan.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami berikan kepada instansi yang menaungi kami, yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Kami sampaikan terima kasih juga kepada divisi *Tropical Cyclone Warning Center* (TCWC) Jakarta yang telah memberikan informasi penting bagi penyusunan artikel penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Gray, W. M., 1968. "Tropical Cyclone Genesis." Atmospheric Science PAPER No. 234, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- [2] Syaifullah, M. D. 2015. "Siklon tropis, 12 karakteristik dan pengaruhnya di wilayah Indonesia pada tahun 2012." Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca, 16 (2): 61 – 71.
- [3] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2011, Tropical Cyclone Warning Center, Jakarta
- [4] Emanuel, K., 2003. "Tropical Cyclones." Annual Review of Earth Planetary Sciences, Vol.31, hlm 75-104.
- [5] Ismail, P., and E.L. Siadari, 2017. "Atmospheric Conditions Analysis of the Heavy Rain Phenomenon in Biak (case study 4-5 December 2014)." Journal of Physics:Conf. Ser., Vol.

- 795 012015.
- [6] Tjasyono, B.H.K. (2004). "Klimatologi." Bandung: Penerbit ITB
 - [7] Tjasyono, B., 2000. "Pengantar Geosains," Penerbit ITB, Bandung.
 - [8] Haryani, N.S. & Zubaidah, A. (2012). "Dinamika Siklon Tropis di Asia Tenggara Menggunakan Data Penginderaan Jauh." *Jurnal Ilmiah Widya*. 29(324).
 - [9] Sani, L.F. & Marzuki. (2015). "Pengaruh Badai Tropis Haiyan Terhadap Pola Hujan di Indonesia." *Jurnal Fisika Unand*. 4(2), 157- 166.
 - [10] TCWC. 2021. "Buletin Teknis Siklon Tropis", <http://tcwc.bmkg.go.id/data/tc/IDJ21021.txt>, diakses pada 17 Juli 2022 pukul 09.50 WIB.
 - [11] ECMWF. (2021). "Copernicus Climate Data Store. Copernicus Climate Data Store | Copernicus Climate Data Store." Retrieved April 19, 2022, from <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressurelevels?tab=overview>
 - [12] Nugroho, dkk, A. D. (2018) "Analisis Kejadian Hujan Es Berdasarkan Kondisi Atmosfer Dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Magelang, 24 Januari 2018)," *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2(2), pp. 80–87. doi: 10.24198/jiif.v2i2.19711