

Tropical cyclone Lili in the Banda Sea, Indonesia: formation, development, and oceanic interaction

Siklon Tropis Lili di Laut Banda, Indonesia: Pembentukan, Perkembangan, dan Interaksinya dengan Laut

Moksen Siwasiwan¹, Simon Tubalawony^{2*}, Yunita Angnetjie Noya²

*Corresponding author email: simontubalawony003@gmail.com

¹Magister Ilmu Kelautan, Pascasarjana Universitas Pattimura, Maluku 97233, Indonesia.

²Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Maluku 97233, Indonesia.

Abstract. The Banda Sea serves as Indonesia's central region of water mass circulation and receives water flows from the Pacific Ocean, Indian Ocean, and South China Sea. This unique position facilitates significant interactions between the atmosphere and the ocean. This study aims to assess the dynamic factors supporting tropical cyclone Lili's growth in the Banda Sea. This study uses data from the Climate Data Store (CDS) and Marine Copernicus for May 4-12, 2019. The results show atmospheric dynamics, including the presence of low-pressure zones, high air humidity, and other meteorological factors that support the formation and movement of cyclones. During the study period, oceanographic conditions showed varying wind directions from various sources, hindering the wave formation process. Current patterns were observed moving from Australia through Tanimbar waters towards the Banda, Seram, and Timor Seas. In addition, eddy formation was found in Wetar waters, with downwelling processes occurring in the Banda Sea, while upwelling was detected in eastern Seram waters.

Keywords: atmospheric-ocean interaction, Banda sea circulation, cyclone dynamics, downwelling, upwelling

Abstrak. Laut Banda merupakan bagian dari Samudra Pasifik Selatan bagian barat, yang dibatasi oleh pulau-pulau selatan Kepulauan Maluku di Indonesia. Laut Banda berfungsi sebagai wilayah pusat sirkulasi massa air di Indonesia, menerima aliran dari Samudra Pasifik, Samudra Hindia, dan Laut Cina Selatan. Posisi unik ini memfasilitasi interaksi signifikan antara atmosfer dan lautan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji faktor-faktor dinamis yang mendukung tumbuhnya siklon tropis Lili di Laut Banda. Penelitian ini menggunakan data dari *Climate Data Store* (CDS) dan *Marine Copernicus* untuk periode 4-12 Mei 2019. Hasil penelitian menunjukkan dinamika atmosfer yang mencakup keberadaan zona tekanan rendah, kelembapan udara yang tinggi, serta faktor meteorologi lainnya yang mendukung pembentukan dan pergerakan siklon. Kondisi oseanografi selama periode studi menunjukkan arah angin yang bervariasi dari berbagai sumber, yang menghambat proses pembentukan gelombang. Pola arus diamati bergerak dari Australia melalui perairan Tanimbar menuju Laut Banda, Laut Seram, dan Laut Timor. Selain itu, ditemukan pembentukan pusaran (*eddy*) di perairan Wetar, dengan proses *downwelling* terjadi di Laut Banda, sementara *upwelling* terdeteksi di perairan timur Seram.

Kata Kunci: interaksi laut-atmosfir, sirkulasi laut Banda, dinamika siklon, downwelling, upwelling

Copyright © 2025 The Author(s).

This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



To cite this article (APA Style):

Siwasiwan, M., Tubalawony, S., & Noya, Y. A. (2025). Tropical cyclone Lili in the Banda Sea, Indonesia: formation, development, and oceanic interaction. *Nekton*, 5(1), 60-71. <https://doi.org/10.47767/nekton.v5i1.919>

<https://ojs.poltesa.ac.id/index.php/nekton>

Submitted: 30 Nov 2024; Received in revised form: 7 May 2025; Accepted: 12 May 2025; Published regularly: 13 May 2025

PENDAHULUAN

Indonesia dipengaruhi oleh kondisi cuaca berupa, angin moonson, angin pasat, ITCZ (*Inter Tropical Convergence Zone*), fenomena El Nino dan La Nina, fenomena dipole mode serta MJO (Putra & Khomaruddin, 2004). Dinamika dan karakteristik perairan Laut Banda sangat dipengaruhi oleh pola tiupan angin munson baik pada musim barat maupun pada musim timur (Tubalawony et al., 2012; Tubalawony et al., 2024; Tubalawony et al., 2025). Perairan Laut Banda memiliki perbedaan sirkulasi antara dua sisi, diantaranya sisi timur perairan dipengaruhi oleh variasi munson sementara sisi barat dipengaruhi oleh Arlindo (Sukresno & Kasa, 2008).

Siklon tropis merupakan salah satu gangguan cuaca ekstrem yang diawali dengan terbentuknya pusat tekanan rendah di atas lautan yang memicu proses konveksi dan pembentukan awan secara intensif. Secara umum, siklon tropis terbentuk pada wilayah lintang diatas 10° di utara dan selatan (Haryani & Zubaidah, 2012). Siklon tropis terbentuk di perairan Atlantik Barat, Pasifik Timur, Pasifik Utara bagian Barat, Samudra India Utara dan Selatan, Australia dan Pasifik Selatan (Suryantoro, 2010).

Siklon tropis merupakan fenomena skala regional yang muncul di wilayah tropis (Prasetya et al., 2014). Badai dengan kekuatan yang besar, dengan rata-rata radius mencapai 150 hingga 200 km dengan suhu permukaan air laut hangat, yakni lebih dari 26,5 °C. Angin kencang yang berputar di dekat pusatnya mempunyai kecepatan angin lebih dari 63 km/jam (Asrianti et al., 2013). Dengan masa hidup rata-rata berkisar antara 3 hingga 18 hari (Syaifullah, 2015). Siklon tropis jarang terbentuk di dekat ekuator, dikarenakan di wilayah ini tekanan udara relatif sama (homogen) dengan gradien tekanan kecil, kecepatan angin sering kali lemah, dan parameter koriolis yang sangat kecil (Emanuel, 2003).

Siklon tropis pernah terjadi dekat dengan ekuator, 0° hingga 10° LS. Diantaranya siklon tropis Errol tahun 2002 pada 6° LS, dan siklon tropis Kirrily tahun 2009 pada 5.9° LS (Khotimah et al., 2009). Penyebab terjadinya siklon terbentuk di Perairan Indonesia adalah dampak perubahan iklim terkait pemanasan global (Aldrian, 2014). Wilayah kepulauan Indonesia yang merupakan daerah terbentuk siklon tropis adalah daerah bertekanan rendah (Mulyana et al., 2018).

Pengaruh siklon tropis Cempaka dengan periode sebelum, saat, dan setelah kejadian terhadap kejadian *upwelling* di perairan selatan Jawa, nilai SPL cenderung mengalami peningkatan sebelum dan saat terjadi siklon tropis, kemudian mengalami penurunan setelah terjadinya siklon tropis (Sagala & Saragih, 2021). Identifikasi kecepatan arus laut dan karakteristiknya pada saat siklon tropis di belahan bumi bagian utara dan Selatan. Kecepatan arus rata-rata pada pusat siklon di bumi bagian utara lebih pola aliran arus lebih cepat daripada bumi bagian Selatan. Kondisi ini disebabkan oleh intensitas siklon lebih besar pada bumi bagian utara (Chang et al., 2016). Saat kejadian Siklon Tropis Paddy, kecepatan angin meningkat hingga 35 knot dan menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan arus (Ridwan et al., 2024).

Gelombang yang tinggi terjadi akibat peristiwa siklon tropis, tetapi hal ini tidak mutlak terjadi dan tergantung intensitas, posisi dan sirkulasi udara pada wilayah sekitarnya (Zakir & Khotimah, 2006). Variasi gelombang di perairan Indonesia berkaitan erat dengan pola angin musiman. Rata-rata tinggi gelombang di wilayah perairan terbuka lebih tinggi dibandingkan dengan perairan antar pulau, kondisi ini terjadi karena adanya perbedaan panjang *fetch* yang terbentuk di wilayah perairan tersebut (Kurniawan et al., 2011).

Berdasarkan pada kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengaji faktor-faktor dinamis yang mendukung tumbuhnya siklon tropis di suatu perairan dekat

ekuator, dan pengaruhnya terhadap parameter, angin permukaan, gelombang, suhu permukaan laut, dan kecepatan arus, pada perairan laut banda sebelum, saat dan setelah siklon tropis Lili.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada wilayah penelitian yang mencakup Laut Banda yang dilalui lintasan siklon dengan batasan 1° – 10° LS dan 124° – 135° BT. Laut Banda sebagai bagian dari wilayah Indonesia, sering kali menjadi jalur lintasan siklon tropis yang bergerak dari timur ke barat atau sebaliknya. Siklon tropis biasanya terbentuk di atas permukaan laut yang hangat, dengan suhu air laut lebih dari $26,5^{\circ}\text{C}$, yang menyediakan energi bagi pembentukan dan penguatan siklon. Lintasan siklon di Laut Banda dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti arah angin muson, pola arus laut, dan interaksi antara atmosfer dan laut.

Pada umumnya, siklon tropis yang terbentuk di Samudra Pasifik dapat bergerak menuju Laut Banda melalui jalur yang lebih luas, dengan memanfaatkan arus laut yang datang dari selatan, seperti arus dari Australia yang menuju Laut Banda. Selain itu, angin muson yang berubah arah selama musim tertentu dapat memperkuat pergerakan siklon menuju kawasan ini.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga, yaitu peta lintasan siklon tropis Lili di laut Banda. Data tersebut dapat diunduh dari situs <http://www.bom.gov.au/cyclone/history/Lili2019.shtml>. Selanjutnya, data dinamis kondisi atmosfer sebelum, saat, dan setelah siklon tropis Lili di laut Banda, tanggal 4-12 Mei 2019, yang di dapat dari situs <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets>. Adapun data dinamis atmosfer yang digunakan antara lain, yaitu tekanan permukaan laut, kelembapan relatif 850 hpa, *shear* angin vertikal 500 hpa, potensial vortisitas 850 hpa, divergensi 200 hpa, dan angin permukaan. Terakhir, data kondisi perairan sebelum, saat, dan setelah siklon tropis Lili di laut Banda, tanggal 4-12 Mei 2019, yang di dapat dari situs <https://data.marine.copernicus.eu/>. Adapun data perairan yang digunakan berupa: gelombang laut, suhu permukaan laut dan arus laut. Data yang dikumpulkan adalah data pada lintasan siklon kemudian menganalisis data dinamis kondisi atmosfer yang mendukung pertumbuhan siklon tropis, serta menganalisis pengaruh siklon Lili terhadap kondisi perairan laut Banda.

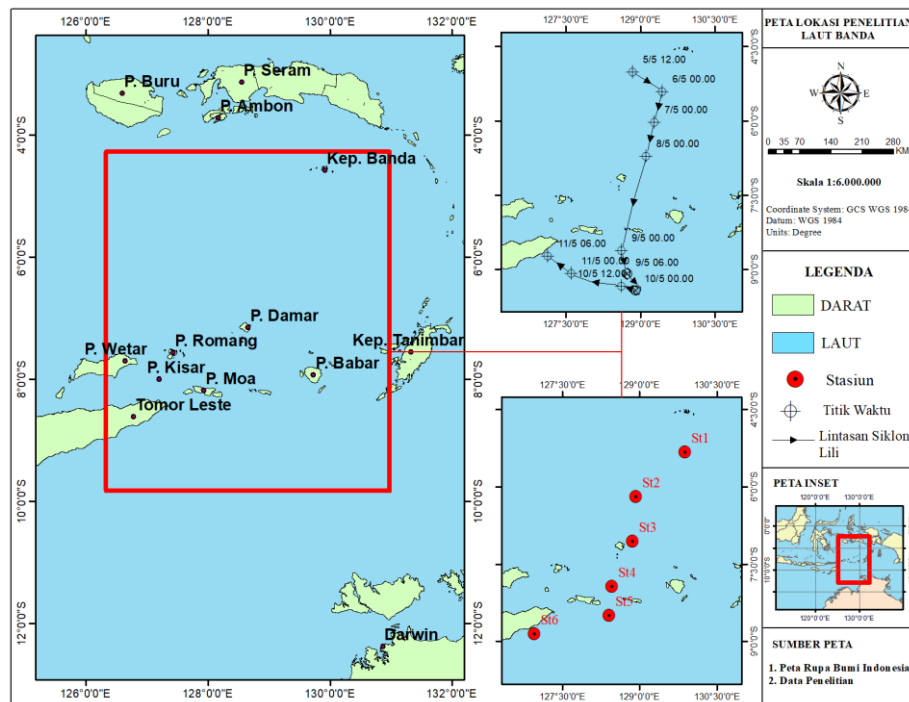
Analisis Data

Data yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis terhadap kondisi dinamis atmosfer yang mendukung pertumbuhan siklon tropis, serta menganalisis pengaruh siklon Lili terhadap kondisi perairan laut Banda. Adapun langkah-langkah analisis yang pertama menampilkan gambar dari data yang dikumpulkan, berupa hasil olahan faktor dinamis atmosfer dan perairan Laut Banda, secara spasial, dengan menggunakan *Grid Analysis and Display Sistem* (GrADS) versi 2.0a7.0ga.3. Kemudian, langkah yang kedua menampilkan tabel dinamis parameter atmosfer yang dominan pada lintasan siklon, yang mendukung indikasi proses sebelum saat, dan setelah pembentukan siklon, dan grafik yang menunjukkan perubahan secara temporal, serta korelasi untuk melihat hubungan parameter atmosfer dan perairan, menggunakan *Ms. Excel free trial*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Siklon Tropis Lili

Cuaca di Indonesia dipengaruhi oleh, angin munson, angin pasat, ITCZ (*Inter Tropical Convergence Zone*), fenomena El Nino dan La Nina, fenomena dipole mode serta MJO dan siklon tropis (Putra & Khomaruddin, 2004). Sehingga kemungkinan besar interaksi Atmosfer dan Lautan, mendukung, terbentuknya lintasan siklon tropis Lili pada 09 Mei 2019 pukul 06.00 UTC, dengan pola pembentukan pada tahap 1 dan berdampak langsung terhadap laut Banda (*Gambar 1*).



Gambar 1. Peta Lintasan Siklon Lili

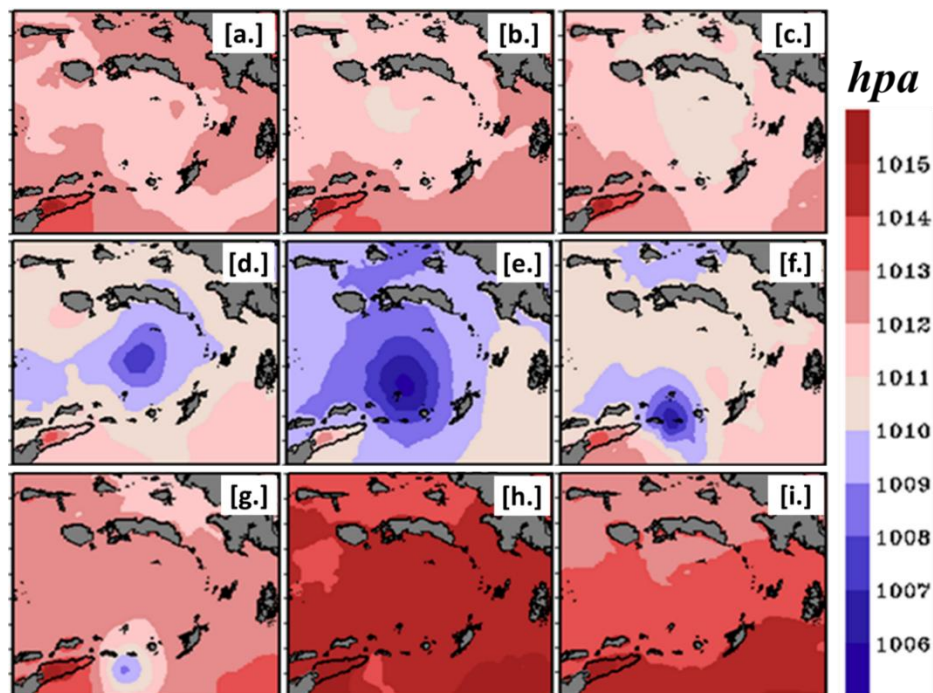
Kondisi Dinamika Atmosfer

Selama periode transisi dengan pembentukan siklon kemungkinan, faktor gradien tekanan permukaan cenderung rendah, disertai dengan angin yang kencang. Penelitian ini menunjukkan adanya proses mekanis yang mendukung perkembangan ini, yaitu pemanasan intens yang disebabkan oleh pergerakan deklinasi matahari melewati ekuator ke arah utara (Paulus & Yusa, 2018).

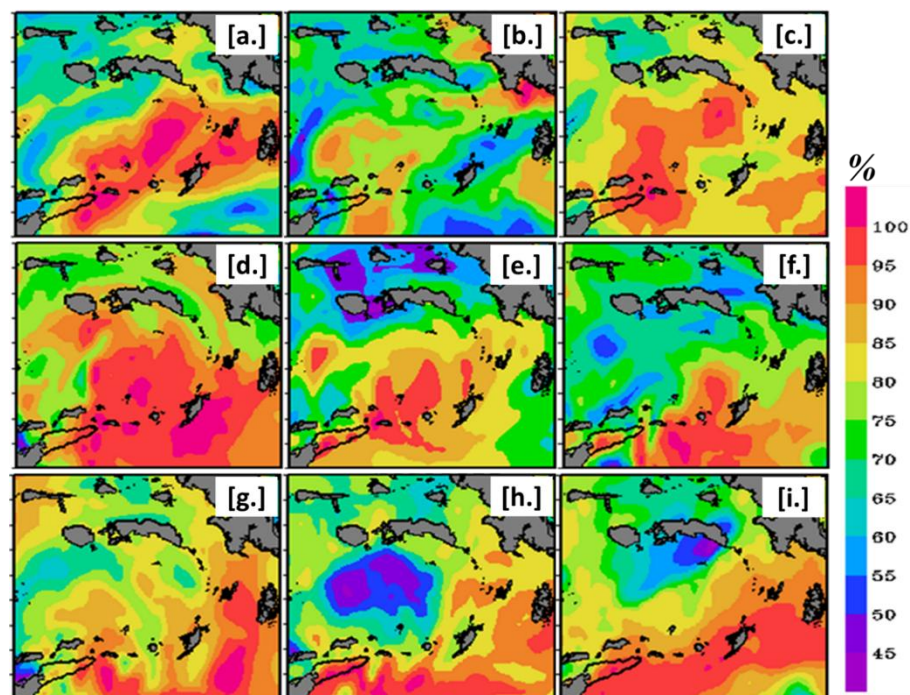
Tekanan permukaan laut sebelum siklon, pada 4-5 Mei 2019, 1013 hpa, mengalami penurunan pada 5 Mei 2019, 1010 hpa. Pada saat siklon 6-10 Mei 2019, tekanan mengalami penurunan dengan nilai 1008 hpa karena pada tanggal 6-8 Mei 2019 terindikasi *Low Pressure Area* (LPA) bergerak ke arah Selatan mendekati Kepulauan Damar. Kemudian, tanggal 9-10 Mei 2019 bergerak ke selatan dan mengalami penurunan tekanan dengan nilai 1006 hpa. Pergerakan *Low Pressure Area* (LPA) mengalami peningkatan menjadi siklon tropis dengan kategori 1 (tahap pembentukan) pada perairan Kepulauan Leti dan Kepulauan Babar. Setelah siklon pada 11-12 Mei 2019, nilai tekanan mengalami peningkatan, yaitu 1014 hpa dan siklon dinyatakan berakhir (*Gambar 2*).

Penelitian kondisi troposfer atas dan stratosfer bawah di Pulau Jawa, saat siklon tropis Cempaka dan Dahlia yang terbentuk pada akhir bulan November 2017, dilakukan analisis profil vertikal atmosfer menggunakan data Radiosonde pada 3 (tiga) stasiun

pada tahun 2013-2017. Hasil penelitian menunjukkan siklon tropis Cempaka memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap kondisi profil vertikal atmosfer di Pulau Jawa dibandingkan dengan siklon tropis Dahlia terutama pada parameter profil vertikal suhu udara, suhu titik embun, dan kelembapan udara (Fibriantika & Alhaqq, 2019).



Gambar 2. Peta Spasial Tekanan Permukaan Laut



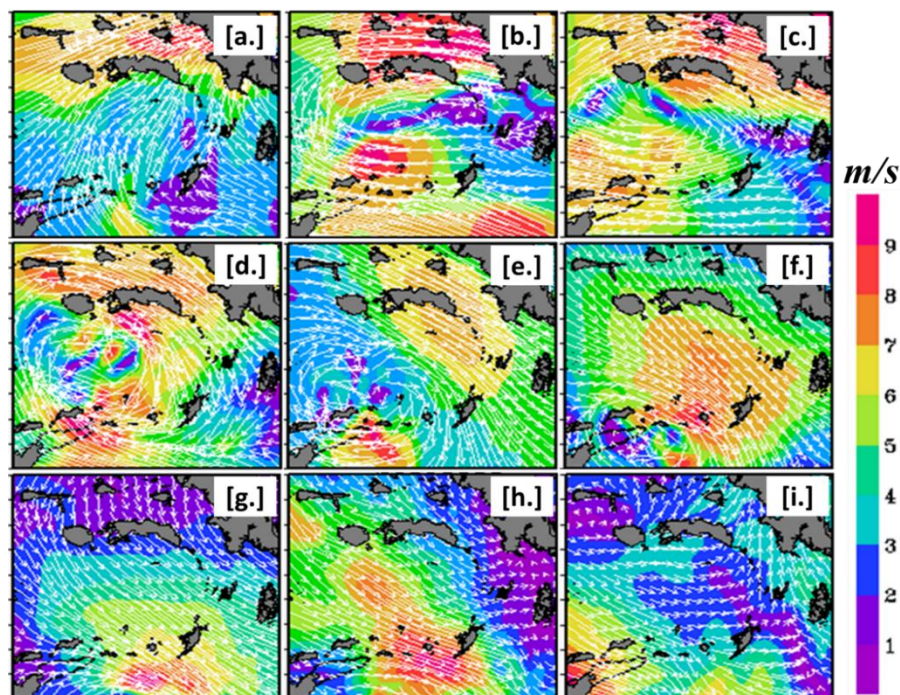
Gambar 3. Peta Spasial Kelembapan Relatif 850 hpa.

Kelembapan relatif tanggal 4-5 Mei 2019, pada laut Banda, dengan nilai 75-95%. Saat siklon tanggal 6-10 Mei 2019, nilai kelembapan relatif mengalami peningkatan 100%, sedangkan pada 11-12 Mei 2019 setelah siklon nilai kelembapan relatif 60%. Pada siklon tropis yang sedang berkembang tanggal 6-10 Mei 2019 kelembapan relatif di lapisan 850 dengan nilai 100% karena udara yang hangat dan lembab di permukaan

memberikan energi untuk konveksi mendukung terbentuknya awan cumulonimbus, yang berkontribusi pada pembentukan dan penguatan sistem tekanan rendah (Gambar 3).

Siklon Tropis dapat berkembang dalam *shear* angin vertikal yang kuat maupun lemah, namun konveksi yang berlangsung lama dan proses perkembangan dengan baik memerlukan *shear* angin vertikal yang kuat. Penelitian terbaru mengenai prediksi siklon tropis dengan *shear* angin vertikal disimpulkan bahwa intensitas siklon tropis dapat tumbuh ketika *shear* angin lemah dan kuat (Pucik et al., 2021). Sangat penting dalam meteorologi, terutama dalam studi siklon tropis dan cuaca ekstrem. Dimana untuk mengetahui perbedaan kecepatan atau arah angin antara dua lapisan atmosfer yang berbeda dalam arah vertikal pada lapisan 500 hPa (sekitar 5-6 km di atas permukaan laut).

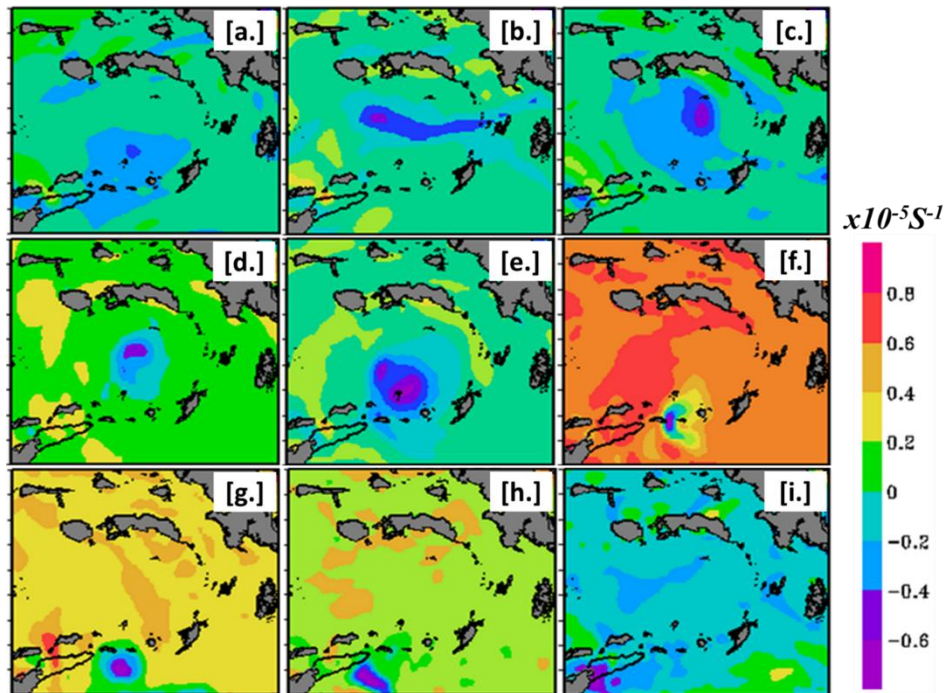
Shear angin vertikal 500 hpa sebelum siklon, pada 4-5 Mei 2019, memiliki nilai 2m/s. Pada saat siklon 6-10 Mei 2019, nilai *shear* angin vertikal 10 m/s. Setelah siklon pada 11-12 Mei 2019, *shear* angin vertikal dengan nilai, 3 m/s. *Shear* vertikal yang lemah (kurang dari 10 m/s perbedaan kecepatan dan perbedaan arah yang kecil) biasanya mendukung pengembangan sistem cuaca, seperti siklon tropis (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Spasial *Shear* Angin Vertikal 500 hpa.

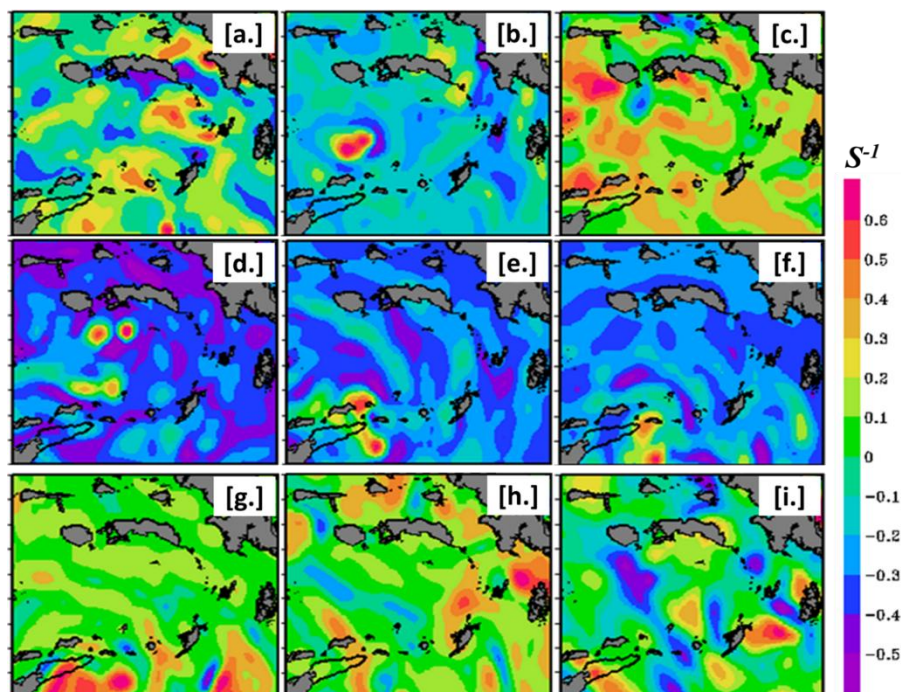
Kaitannya dengan siklon tropis, kecenderungan potensi vortisitas pada 850 hpa merupakan faktor utama yang digunakan untuk mengukur perkembangan intensitas siklon (Kang & Son, 2021). Potensial vortisitas digunakan untuk menggambarkan perputaran atau rotasi suatu aliran udara di atmosfer seperti seperti siklon tropis,

Nilai potensial vortisitas pada 4-5 Mei 2019 di Laut Banda ketinggian 850 hpa $0 \times 10^{-5}/s$. Saat siklon tanggal 6-10 Mei 2019 nilai potensial vortisitas $-0.8 \times 10^{-5}/s$, sedangkan pada 11-12 Mei 2019 setelah siklon, potensial vortisitas dengan nilai $0.4 \times 10^{-5}/s$ (Gambar 5). Perputaran udara yang semakin kuat akan mengarah pada penguatan siklon tersebut dan nilai potensial vortisitas pada 850 hPa cenderung lebih tinggi. Nilai vortisitas negatif berlaku untuk belahan bumi bagian selatan, sedangkan nilai vortisitas positif berlaku untuk belahan bumi bagian utara.



Gambar 5. Peta Spasial Potensial Vortisitas 850 hpa.

Divergensi pada 200 hPa dan radiasi gelombang panjang (OLR) dianalisis untuk memahami perbedaan aktivitas TC (Gambar 6). Terdapat perbedaan signifikan dalam kondisi samudra dan atmosfer antara HFP (*high frequency periods*) dan LFP (*low frequency periods*). Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi atmosfer dan samudra pada HFP di kawasan WNP tropis dan subtropis lebih mendukung terbentuknya TC dibandingkan dengan LFP (Yumoto & Matsuura, 2001).



Gambar 6. Peta Spasial Divergensi 200 hpa.

Indikasi besaran nilai dinamis kondisi atmosfer yang memengaruhi pertumbuhan siklon tropis Lili dengan teori pertumbuhan siklon tropis. Penelitian sebelumnya bahwa setiap parameter memiliki nilai yang berpotensi terhadap pembentukan siklon pada 9-

10 Mei 2019. Analisis parameter dinamis sebelum, saat, dan setelah siklon tropis Lili dapat dilihat pada [Tabel 1](#) berikut.

Tabel 1. Nilai Indikasi Dinamis Kondisi Atmosfer Sebelum, Saat dan Setelah Siklon Tropis Lili (4-12 Mei 2019).

Tanggal	LS	BT	MSL hpa	RH 850 hpa %	Shear 500 hpa m/s	Vortisitas 850 hpa $\times 10^{-5} \text{s}^{-1}$	Divergensi 200 hpa s^{-1}	Indikasi
Sebelum								
04/05/2019	-	-	1013	75	2	0	0	-
05/05/2019	-	-	1010	95	2	0	0	-
Saat								
06/05/2019	5,4	129,4	1008	100	10	-0.8	0.7	Tropical Low
07/05/2019	5,8	129,2	1008	100	10	-0.8	0.7	Tropical Low
08/05/2019	6,7	129,1	1008	100	10	-0.8	0.7	Tropical Low
09/05/2019	9	128,7	1006	100	10	-0.8	0.7	siklon tropis (1)
10/05/2019	9,4	128,9	1006	100	10	-0.8	0.7	siklon tropis (1)
Setelah								
11/05/2019	-	-	1010	100	3	0.4	0	-
12/05/2019	-	-	1014	60	3	0.4	0,6	-

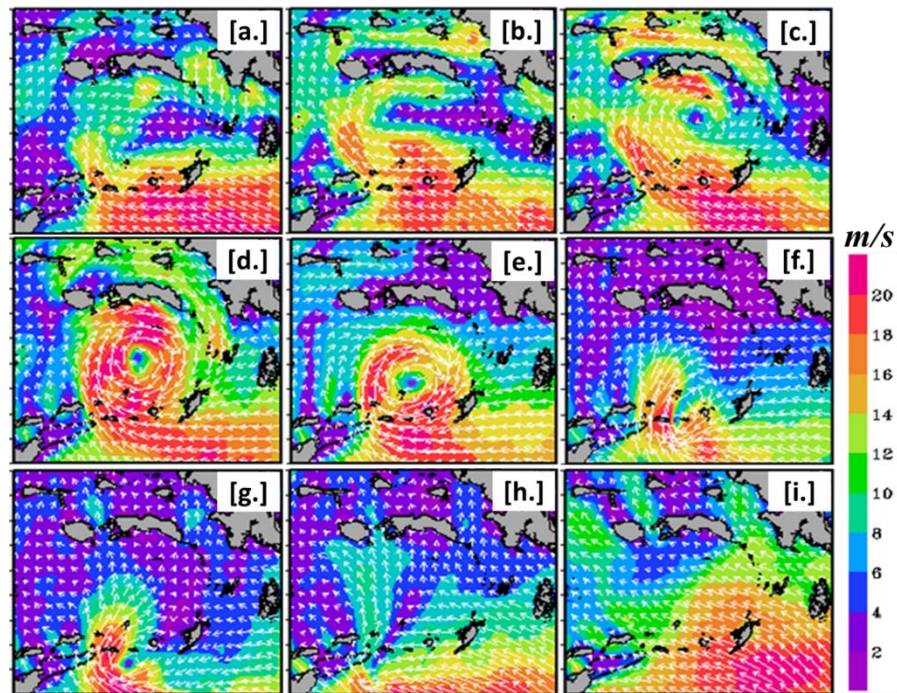
Kondisi Perairan

Perairan Laut Banda pada tanggal 4 dan 5 Mei 2019 memiliki kecepatan angin 2-16 m/s dengan arah Tenggara – Barat. Pada saat ini terlihat adanya pembelokan arah angin dan konvergensi pada perairan Kepulauan Kai. Pada 6 Mei 2019, terdapat pola siklonik. Pola ini terjadi akibat adanya pembentukan *tropical depression* dengan kecepatan angin 2-16 m/s dan arah angin bervariasi namun umumnya dari arah Tenggara. Tanggal 7-8 Mei 2019 pola siklonik berupa *tropical depression* bergerak ke arah Selatan mendekati Kepulauan Damar (Pulau Teun) dengan kecepatan angin 20 m/s dan arah angin bervariasi.

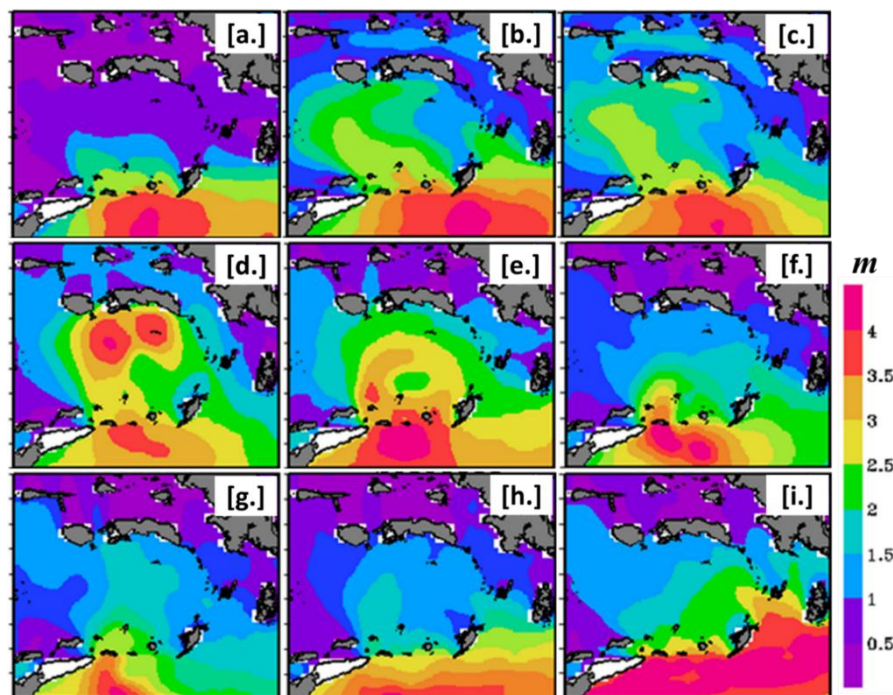
Pada tanggal 9 Mei 2019, *tropical depression* mengalami peningkatan menjadi siklon tropis dengan kategori 1 (tahap pembentukan) pada perairan Kepulauan Leti dan Kepulauan Babar dan siklon tropis bergerak ke Selatan mendekati perairan Laut Timor. Pada tanggal 10 Mei 2019, kecepatan angin mencapai 20 m/s dan terlihat adanya konvergensi udara pada perairan Kepulauan Banda dengan kecepatan angin sekitar 2 m/s, arah Barat. Tanggal 11-12 Mei 2019, Siklon tropis Lili punah pada perairan Timor Leste, kecepatan angin 2-14 m/s, dengan arah Tenggara. Kondisi arah dan kecepatan angin sebelum, saat, dan setelah siklon tropis Lili pada 4-12 Mei 2019 ([Gambar 7](#)).

Perairan laut Banda sebelum siklon pada 4-5 Mei 2019, tinggi gelombang dengan nilai 0,5 – 2,5 m. Pembentukan *tropical depression* pada 6-8 Mei 2019 di perairan Laut Banda menyebabkan tinggi gelombang mengalami peningkatan menjadi 1.5 – 4 m. Pembentukan siklon pada 9 Mei 2019, tinggi gelombang mencapai 1-3 m. Pada tanggal 10 Mei 2019 saat pergerakan siklon ke arah selatan, tinggi gelombang berkisar antara 1-2.5 m. Setelah siklon pada 11-12 Mei 2019, tinggi gelombang berkisar antara 1 – 2 m ([Gambar 8](#)).

Tinggi gelombang sebelum saat dan sesudah siklon tropis, pada perairan Laut Banda tidak signifikan meskipun angin sangat kencang pada saat pembentukan dan pergerakan siklon karena arah angin bervariasi (dari berbagai arah), kondisi ini yang menghambat proses pembentukan gelombang.



Gambar 7. Peta Spasial Arah dan Kecepatan Angin Permukaan

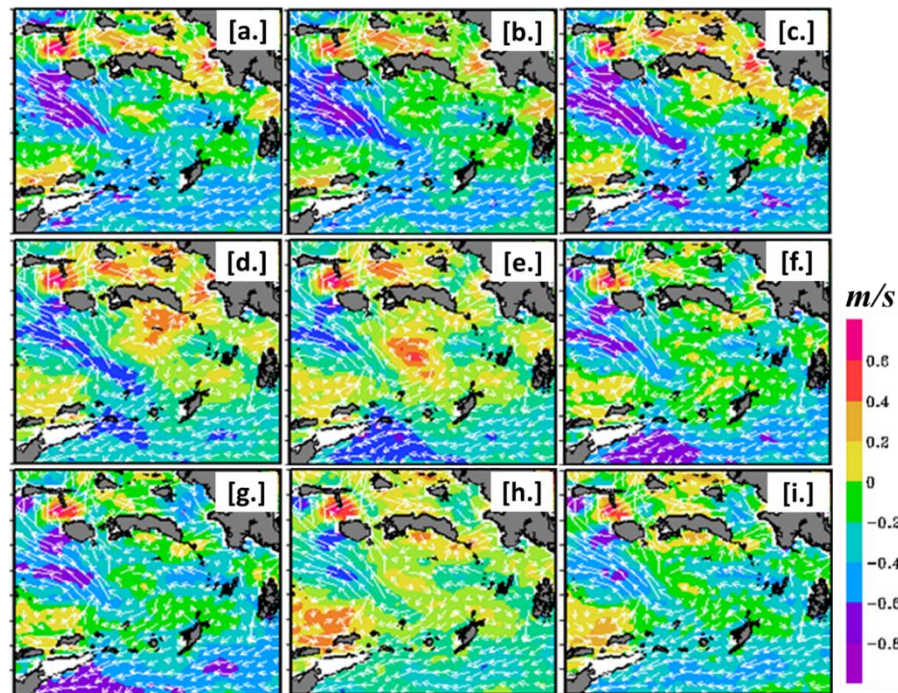


Gambar 8. Peta Spasial Tinggi Gelombang

Perairan Laut Banda sebelum siklon (4 - 5 Mei 2019), kecepatan arus pada Stasiun 1 sekitar 0 – 0.2 m/s, terdapat *eddy* di Perairan Wetar, Laut Banda, dan perairan Seram Bagian Timur. Saat pembentukan pola siklonik *tropical depression* pada 6 hingga 8 Mei 2019, di perairan Laut Banda, angin masih terlihat bertiup dari Australia melalui perairan Tanimbar, Laut Banda Laut Arafura dan Laut Timor dengan kecepatan 0 – 0.4 m/s. Pembentukan siklon tropis pada 9 hingga 10 Mei 2019, masih terdapat *eddy* di Perairan Wetar, Laut Banda dan Perairan Seram Bagian Timur dengan kecepatan arus sekitar 0 – 0.2 m/s, sedangkan setelah siklon pada 11 hingga 12 Mei 2019, di perairan Laut Banda arah arus masih bergerak dari Australia, melalui perairan Tanimbar, menuju Laut Arafura dan Laut Timor, serta masih terlihat adanya *eddy* di Perairan Wetar,

Laut Banda, dan Perairan Seram Bagian Timur dengan kecepatan arus sekitar 0 – 0.2 m/s,

Pola pembentukan *eddy* pada 4 hingga 12 Mei 2019 di Perairan Wetar menunjukkan arah yang berlawanan jarum jam dan menyebabkan *downwelling*, sedangkan Laut Banda, dan Perairan Seram Bagian Timur, *eddy* searah jarum jam dan menyebabkan terjadinya *upwelling* (Stewart, 2008). Kondisi arus sebelum, saat, dan setelah siklon tropis Lili pada 4-12 Mei 2019 terdapat pada Gambar 9.



Gambar 9. Peta Spasial Arus

SIMPULAN

Siklon tropis Lili terbentuk akibat kombinasi kondisi atmosfer dan laut yang mendukung, seperti tekanan rendah (1006 hPa), kelembapan tinggi, shear angin vertikal 10 m/s, serta suhu permukaan laut hangat dan efek Coriolis yang cukup besar di wilayah 5°–10° LS. Ketidakstabilan atmosfer yang dipicu oleh perkembangan El-Nino turut memperkuat potensi konveksi. Di Laut Banda, peningkatan kecepatan angin disertai arah angin yang bervariasi sempat menghambat pembentukan gelombang. Selain itu, pola arus dari Australia ke wilayah Banda dan Seram serta pembentukan eddy di Wetar (*downwelling*) dan di Laut Banda-Seram Timur (*upwelling*) juga memengaruhi dinamika laut yang mendukung terbentuknya siklon tropis Lili.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada BMKG (Stasiun Meteorologi Kuffar-SBT) yang telah memberikan izin, fasilitas dan bantuan selama proses melanjutkan studi.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Penulis menyatakan bahwa kontribusi setiap penulis terhadap pembuatan karya tulis ini adalah MS sebagai kontributor utama, ST sebagai korespondensi, dan YAN sebagai penulis anggota. Penulis telah melampirkan surat pernyataan deklarasi penulis.

PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis telah menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dengan pihak manapun terkait penerbitan artikel ini.

REFERENSI

- Aldrian, E. (2014). Pemahaman dinamika iklim di negara kepulauan Indonesia sebagai modalitas ketahanan bangsa. *Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Meteorologi Dan Klimatologi*, November, 1-73.
- Asrianti, P., Bey, A., & Ilhamsyah, Y. (2013). Kajian beberapa karakteristik siklon tropis (Kasus topan Choi-Wan dan Nida di Lautan Pasifik Utara bagian Barat). *Depik*, 2(3), 154-161. <http://dx.doi.org/10.13170/depik.2.3.974>
- Chang, Y. C., Tseng, R. S., Chu, P. C., Chen, J. M., & Centurioni, L. R. (2016). Observed strong currents under global tropical cyclones. *Journal of Marine Systems*, 159, 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.03.001>
- Emanuel, K. (2003). Tropical cyclones. *Annual review of earth and planetary sciences*, 31(1), 75-104. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.31.100901.141259>
- Fibriantika, E., & Alhaqq, R. I. (2019). Profil vertikal atmosfer selama aktifitas siklon tropis Cempaka dan Dahlia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 19(2), 49-58. <https://doi.org/10.31172/jmg.v19i2.589>
- Haryani, N. S., & Zubaidah, A. (2012). Dinamika siklon tropis di Asia Tenggara menggunakan data penginderaan jauh. *Jurnal Ilmiah Widya*, 29, 54-58.
- Kang, J. M., & Son, S. W. (2021). Development processes of the explosive cyclones over the northwest Pacific: Potential vorticity tendency inversion. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 78(6), 1913-1930. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-20-0151.1>
- Khotimah, M. K., Radjab, A. F., & Budiarti, M. (2009). Siklon Tropis Kurrily: Anomali di Dekat Ekuator. *Buletin Meteorologi dan Geofisika*.
- Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Suratno, S. (2011). Variasi bulanan gelombang laut di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(3), 221-232. <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i3.104>
- Mulyana, E., Prayoga, M. B. R., Yananto, A., Wirahma, S., Aldrian, E., Harsoyo, B., & Sunarya, Y. (2018). Tropical cyclones characteristic in southern Indonesia and the impact on extreme rainfall event. *MATEC Web of Conferences* (Vol. 229, p. 02007). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822902007>
- Paulus, A. W., & Yusa, S. (2009). Impact Study of the Tropical Cyclone "Kurrily" to the Southeast Mollucas & West Papua Areas on 26-29 April 2009. *Mod App Ocean & Pet Sci* 1(5)-2018. MAOPS. MS. ID, 125. <http://dx.doi.org/10.32474/MAOPS.2018.01.000125>
- Pucik, T., Groenemeiger, P., & Tsonevsky, I. (2021). *Vertical wind shear and convective storms*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. <http://dx.doi.org/10.21957/z0b3t5mrv>
- Putra, D., & Khomarudin, M. R. (2004). Depresi dan siklon tropis pengaruhi cuaca Indonesia. *Berita Inderaja*, 3(5), 16-20.
- Prasetya, R., As'ari., & Dayantolis, W. (2014). Analisis Dampak Siklon Tropis Nangka, Parma, dan Nida pada Distribusi Curah Hujan di Sulawesi Utara. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 10(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v10i1.816>

- Ridwan, F., Syamsuddin, M. L., Ismail, M. R., & Sari, Q. W. (2024). Pengaruh Siklon Tropis Paddy Terhadap Kondisi Oseanografi Di Wilayah Perairan Selatan Jawa Barat. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(11), 634-653.
- Sagala, E. A., & Saragih, I. J. A. (2021). Kajian Dampak Siklon Tropis Cempaka Terhadap Variabilitas Kejadian Upwelling Di Perairan Selatan Jawa. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 1 (1), 193-200.
- Stewart, R. H. (2008). *Introduction to physical oceanography*. Department of Oceanography, Texas A & M University, Texas USA. 344 p. <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/160216>
- Sukresno, B., & Kasa, I. W. (2008). Dynamical analysis of Banda Sea concerning with El Nino, Indonesian Through Flow and Monsoon by using satellite data and numerical model. *Ecotrophic: Journal of Environmental Science*, 3(2), 87-91.
- Suryantoro, A. (2010). Siklon Tropis di selatan dan barat daya Indonesia dari pemantauan satelit TRMM dan kemungkinan kaitannya dengan gelombang tinggi dan puting beliung. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, 3(1), 21-32.
- Syaifullah, M. D. (2015). Siklon tropis, karakteristik dan pengaruhnya di wilayah Indonesia pada tahun 2012. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 16(2), 61-71. <http://dx.doi.org/10.29122/jstmc.v16i2.1048>
- Tubalawony, S., Kusmanto, E., & Muhadjirin, M. (2012). Suhu dan salinitas permukaan merupakan indikator upwelling sebagai respon terhadap angin muson tenggara di perairan bagian utara Laut Sawu. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 17(4), 226-239. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.17.4.226-239>
- Tubalawony, S., Hukubun, R. D., & Kalay, D. E. (2024). The Seasonal Variations of the Thermocline in the Banda Sea and its Water Mass Characteristics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(SpecialIssue), 534-545. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10iSpecialIssue.9071>
- Tubalawony, S., Wattimena, M. C., & Rahman. (2025). Characteristics and Analysis of Water Mass Structure in the Waters of the Haruku Strait, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 29(2), 199-217. <https://dx.doi.org/10.21608/ejabf.2025.416019>
- Yumoto, M., & Matsuura, T. (2001). Interdecadal variability of tropical cyclone activity in the western North Pacific. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 79(1), 23-35. <https://doi.org/10.2151/jmsj.79.23>
- Zakir, A., & Khotimah, M. K. (2006). *Badai dan pengaruhnya terhadap cuaca buruk di Indonesia*. BMKG; Jakarta.