



KAJIAN DAMPAK SIKLON TROPIS CEMPAKA TERHADAP VARIABILITAS KEJADIAN *UPWELLING* DI PERAIRAN SELATAN JAWA

Eka Alfred Sagala^{1*}, Immanuel Jhonson A. Saragih²

¹BMKG – Stasiun Meteorologi Tanah Merah – Boven Digoel, Papua

²BMKG – Stasiun Meteorologi Kualanamu – Deli Serdang, Sumatera Utara

*Alamat Korespondensi: alfredsagala92@gmail.com

ABSTRAK

Upwelling merupakan fenomena kenaikan massa air laut dari suatu lapisan dalam ke lapisan permukaan. Gerakan naik ini membawa serta air yang suhunya lebih dingin, salinitas tinggi, dan zat-zat hara ke permukaan yang menyebabkan meningkatnya kesuburan perairan. Umumnya proses *upwelling* dicirikan oleh massa air yang lebih dingin dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi. Siklon tropis menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya *upwelling*. Siklon tropis dapat memicu terbentuknya sirkulasi Eddy, perubahan kedalaman lapisan termoklin, dan pergerakan vertikal massa air yang kaya akan nutrisi ke lapisan permukaan. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh siklon tropis Cempaka yang terbentuk pada tanggal 26-29 November 2017, meliputi periode sebelum, saat, dan setelah kejadian terhadap kejadian *upwelling* di perairan selatan Jawa. Data yang digunakan untuk menganalisis yaitu data suhu permukaan laut (SPL) dan data klorofil-a hasil pencitraan MODIS level-3 pada satelit Aqua dengan resolusi spasial 4 km. Hasil yang didapatkan yaitu nilai SPL cenderung mengalami peningkatan sebelum dan saat terjadi siklon tropis, kemudian mengalami penurunan setelah terjadinya siklon tropis. Sebaliknya nilai klorofil-a cenderung menurun sebelum dan saat kejadian siklon tropis, kemudian meningkat setelah kejadian siklon tropis.

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

Kata kunci: klorofil-a, siklon tropis, suhu permukaan laut, *upwelling*

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang terletak di daerah ekuator menyebabkan Indonesia mempunyai iklim tropis. Salah satu gangguan tropis yang biasa terjadi adalah siklon tropis. Namun, efek rotasi atau gaya Corioli yang sangat kecil (mendekati nol) di wilayah ekuator menyebabkan siklon tropis jarang terjadi di Indonesia (Tjasyono, 2004). Siklon tropis (*Tropical Cyclone* atau TC) merupakan badai yang sangat besar dengan radius rata-rata mencapai 150 hingga 200 km (Tjasyono & Harijono, 2014). Indonesia bukan daerah pertumbuhan siklon tropis, tetapi Indonesia sejatinya berbatasan langsung dengan wilayah pembentukan siklon tropis (Tjasyono & Harijono, 2014). Hal ini mengakibatkan Indonesia tidak mengalami dampak langsung yang ditimbulkan melainkan keberadaan siklon tropis di sekitar Indonesia ikut menentukan pola cuaca wilayah Indonesia (Zakir dkk., 2010).

Menurut Pusat Peringatan Dini Siklon Tropis BMKG (*Tropical Center Warning*

Center/TCWC) bahwa tepat pada hari Senin (27/11/2017) pukul 19.00 WIB terdeteksi adanya siklon tropis yang tumbuh sangat dekat dengan pesisir selatan Pulau Jawa yang kemudian diberi nama “Cempaka” (TCWC BMKG, 2018b). Adanya siklon tropis Cempaka di wilayah perairan sebelah selatan Jawa Tengah mengakibatkan perubahan pola cuaca di sekitar lintasanya (TCWC BMKG, 2018a). Kejadian siklon tropis dapat mempengaruhi kehidupan biota laut karena dapat menyebabkan gelombang tinggi di perairan terutama di daerah dekat pantai (G. Wang dkk., 2009; T. Wang & Zhang, 2021).

Menurut Nontji (2008), *upwelling* adalah kenaikan massa air laut dari suatu lapisan dalam ke lapisan permukaan. Gerakan naik ini membawa serta air yang suhunya lebih dingin, salinitas tinggi, dan zat-zat hara yang kaya ke permukaan.

Meningkatnya produksi perikanan di suatu perairan dapat disebabkan karena terjadinya proses air naik (*upwelling*). Gerakan air naik ini membawa serta air

yang suhunya lebih dingin, salinitas yang tinggi dan tak kalah pentingnya zat-zat hara yang kaya seperti fosfat dan nitrat naik ke permukaan.

Fenomena *upwelling* dapat terjadi di daerah pantai maupun di laut lepas (Kunarso dkk., 2012; Yoga dkk., 2014). Di daerah pantai, *upwelling* terjadi akibat massa air pada lapisan permukaan mengalir menjauhi pantai. Pada daerah laut lepas, *upwelling* terjadi karena adanya pola arus permukaan yang menyebar (*divergence*) akibat efek Ekman, sehingga massa air pada lapisan bawah permukaan mengalir naik ke atas dan mengisi kekosongan pada bagian permukaan. Proses ini dapat ditandai dengan turunnya temperatur permukaan laut yang cukup signifikan (sekitar 2°C untuk wilayah tropis dan >2°C untuk wilayah sub-tropis).

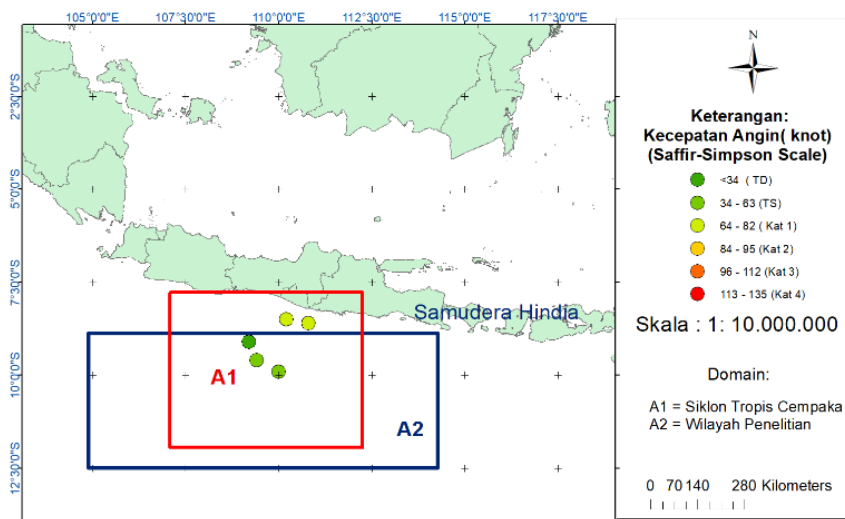
Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keterkaitan antara siklon tropis dengan variabilitas *upwelling* dengan menggunakan parameter-parameter seperti klorofil-a dan suhu permukaan laut di perairan selatan Pulau Jawa. Analisis dilakukan terhadap kondisi sebelum, saat, dan setelah

terjadinya siklon tropis Cempaka. Informasi yang didapatkan diharapkan dapat menjadi referensi pada kejadian siklon tropis di kemudian hari, khususnya informasi bagi nelayan untuk meningkatkan produktivitas tangkapan ikan.

METODE

Penelitian ini melakukan analisis variasi spasial dan temporal parameter kecepatan angin, suhu permukaan laut, dan konsentrasi klorofil-a pada waktu sebelum, saat, dan setelah kejadian siklon tropis Cempaka. Hasil analisis parameter-parameter ini digunakan sebagai bahan untuk mengetahui pengaruh siklon tropis Cempaka terhadap kondisi perairan dan kesuburan perairan di selatan Jawa.

Lokasi yang dijadikan wilayah penelitian yakni di perairan selatan Jawa dengan koordinat 7°LS-12°LS dan 107°BT-115°BT (Gambar 1) dengan waktu penelitian yang dipilih yaitu tujuh hari sebelum, pada saat, dan tujuh hari sesudah terjadinya siklon tropis Cempaka pada tahun 2017.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan lintasan siklon tropis Cempaka

Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Data suhu muka laut (SPL) harian dan klimatologi bulanan selama 15 tahun (2002 – 2017) hasil citra MODIS level 3 pada satelit Aqua dengan resolusi

spasial 4 km, diunduh dari NASA Ocean Biology Processing Group (<http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/>);

- Data klorofil-a harian dan klimatologi bulanan selama 15 tahun (2002 – 2017) hasil pencitraan MODIS level 3

pada satelit Aqua dengan resolusi spasial 4 km, diunduh dari NASA Ocean Biology Processing Group.

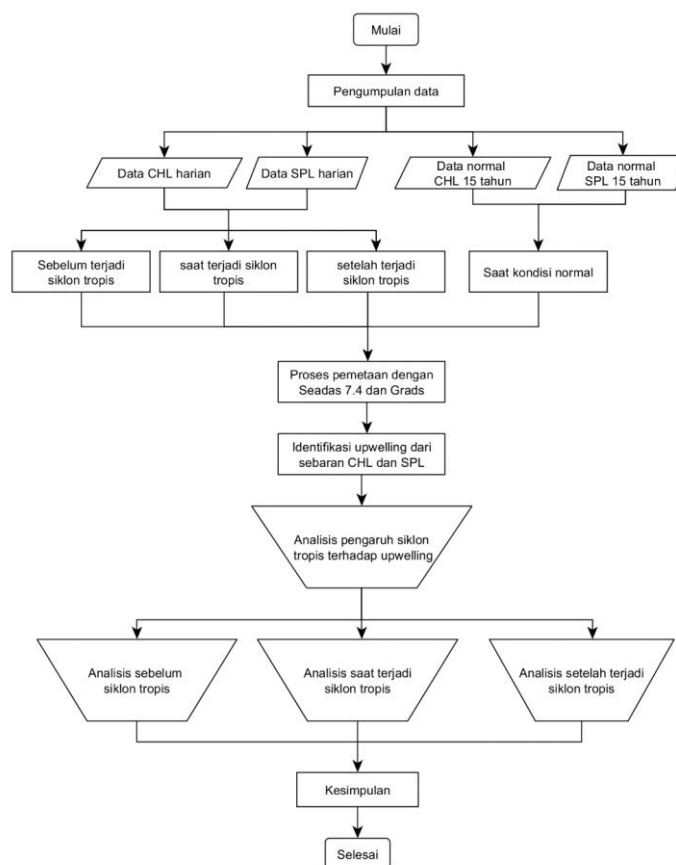
Teknik pengolahan data pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi perkembangan siklon tropis yang akan diteliti (yang bersumber dari Sub-Bidang Peringatan Dini BMKG);
- 2) Menganalisis data suhu permukaan laut dan klorofil-a hasil pencitraan MODIS. Pengolahan citra MODIS dalam bentuk sebaran spasial suhu

- 3) Menentukan intensitas *upwelling* di perairan selatan Jawa pada periode sebelum, saat, dan setelah siklon tropis Cempaka pada tahun 2017 dengan menggunakan kriteria pada Tabel 1;
- 4) Menganalisis hasil keterkaitan antara siklon tropis Cempaka dan variabilitas *upwelling*.

Tabel 1. Kriteria intensitas *upwelling* (Kunarso dkk., 2012)

Suhu (°C)	Klorofil-A (mg/m ³)	Intensitas <i>Upwelling</i>
27,5 – 28,5	< 0,5	Lemah
26,0 – 27,5	≥ 0,5	Sedang
≤ 26,0	≥ 0,5	Kuat



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

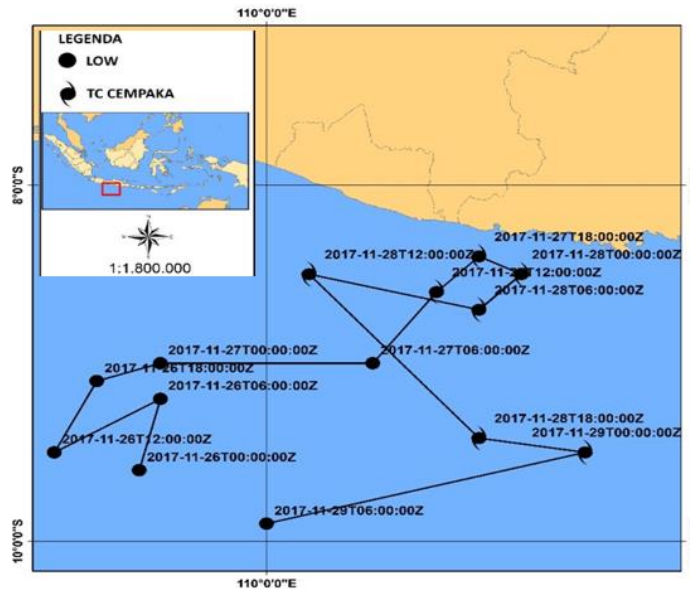
A. Siklus Hidup Siklon Tropis Cempaka

Gambar 3 dan Tabel 2 berikut menunjukkan *time-series* siklus hidup siklon tropis Cempaka yang diperoleh dari

Sub-Bidang Peringatan Dini BMKG. Terlihat adanya badai tropis yang terbentuk pada tanggal 26 November 2017 sekitar pukul 00.00 UTC (LST = UTC + 7) dengan kecepatan 25 m/s di koordinat 9.6°LS

109.4°BT. Badai tropis tersebut bergerak secara tidak beraturan. Kemudian meningkat menjadi siklon tropis kategori 1 pada tanggal 27 November 2017 sekitar pukul 18.00 UTC dengan kecepatan 35 m/s. Siklon tropis Cempaka hanya memiliki

masa hidup sekitar 3 hari 12 jam sejak terbentuk sebagai badai tropis. Siklon tropis mulai melemah menjadi badai tropis pada tanggal 29 November 2017 sekitar pukul 06.00 UTC dengan kecepatan 25 m/s di koordinat 9.9°LS 110°BT.



Gambar 3. Jejak siklon tropis Cempaka

Tabel 2. *Time-series* siklus hidup siklon tropis Cempaka

Tanggal	Jam (UTC)	Latitude (°LS)	Longitude (°BT)	Kecepatan Angin (m/s)	Skala Siklon
26-Nov-17	00	-9.6	109.4	25	Badai Tropis
	06	-9.2	109.5	25	Badai Tropis
	12	-9.5	109.0	25	Badai Tropis
	18	-9.1	109.2	20	Badai Tropis
27-Nov-17	00	-9.0	109.5	20	Badai Tropis
	06	-9.0	110.5	20	Badai Tropis
	12	-8.6	110.8	20	Badai Tropis
	18	-8.4	111.0	35	Siklon Tropis 1
28-Nov-17	00	-8.5	111.2	35	Siklon Tropis 1
	06	-8.7	111.0	35	Siklon Tropis 1
	12	-8.5	110.2	35	Siklon Tropis 1
	18	-9.42	111.0	35	Siklon Tropis 1
29-Nov-17	00	-9.5	111.5	35	Siklon Tropis 1
	06	-9.9	110.0	25	Badai Tropis

B. Variasi dan Anomali SPL dan Klorofil-a Sebelu, Saat, dan Setelah Kejadian Siklon Tropis Cempaka

Karakteristik SPL dan klorofil-a di perairan selatan Pulau Jawa dapat diketahui dengan melakukan perhitungan rata-rata SPL dan klorofil-a selama 15

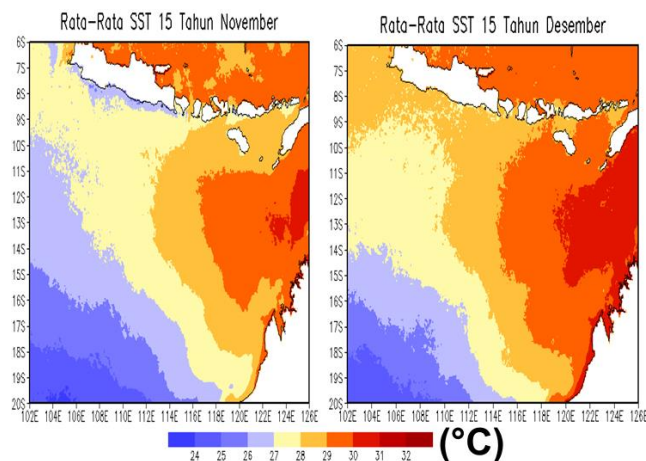
tahun. Dalam penelitian ini diambil rata-rata SPL dan klorofil-a selama 15 tahun, yaitu dari tahun 2002-2017. Berikut karakteristik SPL dan klorofil-a pada bulan November dan Desember (Gambar 4).

Secara umum, SPL pada bulan November berkisar antara 27°C - 28°C,

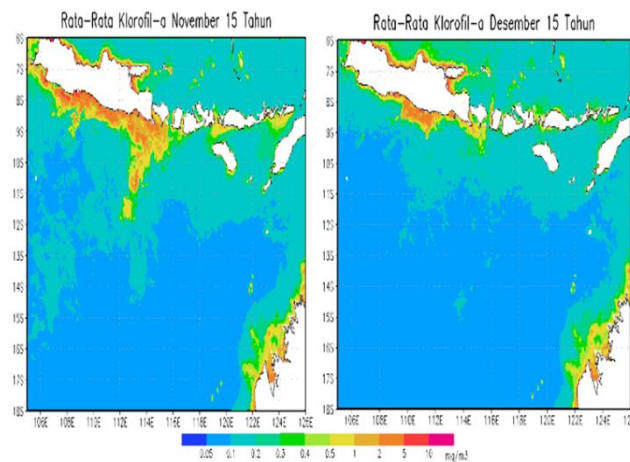
dan pada bulan Desember berkisar antara 27°C - 29°C . Pada umumnya nilai SPL semakin menurun ke arah selatan, dengan nilai normal maksimum berada pada nilai 30°C dan nilai minimum pada 27°C .

Gambar 5 menunjukkan rata-rata nilai konsentrasi klorofil-a selama 15 tahun pada bulan November dan Desember. Terlihat bahwa pada bulan November nilai rata-rata dari klorofil-a sebesar $0,2 \text{ mg/m}^3$ - $0,5 \text{ mg/m}^3$ di perairan selatan Pulau Jawa dan $0,5 \text{ mg/m}^3$ - 5 mg/m^3 di pesisir Pulau Jawa.

Terjadi penurunan nilai klorofil-a saat memasuki bulan Desember yaitu menjadi $0,1 \text{ mg/m}^3$ - $0,2 \text{ mg/m}^3$ di perairan selatan Pulau Jawa dan $0,5 \text{ mg/m}^3$ - 5 mg/m^3 di pesisir Pulau Jawa. Dari rata-rata nilai SPL selama bulan November dan Desember dapat dilihat bahwa pada bulan tersebut, daerah perairan selatan Jawa tidak didominasi oleh *upwelling* dilihat dari sebaran klorofil-a yang tidak terlalu signifikan.



Gambar 4. Rata-rata nilai SPL bulan November dan Desember tahun 2002-2017



Gambar 5. Rata-rata nilai Klorofil-a bulan November dan Desember tahun 2002-2017

Tabel 3 berikut menunjukkan keadaan SPL dan konsentrasi klorofil-a dan anomalnya pada periode sebelum, saat, dan setelah kejadian siklon tropis Cempaka. Keterbatasan satelit dalam melakukan pengamatan mengakibatkan

beberapa data kosong, sekitar 23% namun tidak signifikan mempengaruhi hasil penelitian. Hal ini akibat dari banyaknya awan yang tebal sehingga satelit tidak dapat melakukan pengamatan dengan baik.

Tabel 3. Nilai dan Anomali SPL dan Konsentrasi Klorofil-a Sebelum (19-25 November 2017), Saat (26-29 November 2017), dan Setelah (30 November – 6 Desember 2017) Kejadian Siklon Tropis Cempaka

Tanggal	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/m ³)	Anomali SPL (°C)	Anomali Klorofil-a (mg/m ³)
19-Nov-17	28.07	0.07	0.48	-0.45
20-Nov-17	27.64	-	0.05	-
21-Nov-17	26.61	-	-0.98	-
22-Nov-17	-	-	-	-
23-Nov-17	25.22	0.17	-2.37	-0.35
24-Nov-17	26.77	-	-0.82	-
25-Nov-17	27.29	0.33	-0.30	-0.19
26-Nov-17	27.23	0.12	-0.36	-0.40
27-Nov-17	27.99	-	0.40	-
28-Nov-17	27.07	-	-0.52	-
29-Nov-17	-	-	-	-
30-Nov-17	25.58	0.17	-2.01	-0.34
1-Dec-17	26.26	0.10	-2.02	-0.16
2-Dec-17	27.56	0.41	-0.72	0.15
3-Dec-17	26.61	0.45	-1.68	0.19
4-Dec-17	26.47	0.32	-1.82	0.06
5-Dec-17	25.93	0.34	-2.35	0.08
6-Dec-17	24.79	0.42	-3.49	0.16

Sebelum kejadian siklon tropis Cempaka secara umum terlihat nilai SPL berkisar antara 25.22°C – 28.7°C. Nilai klorofil-a yang tercatat yaitu berkisar antara 0.07 mg/m³ – 0.17 mg/m³. Namun pada tanggal 25 November 2017 saat SPL bernilai 27.29°C, klorofil-a tercatat mencapai 0.33 mg/m³. Hal ini disebabkan pada daerah tersebut terdapat nutrisi tinggi yang berasal dari sungai sehingga menyebabkan konsentrasi klorofil-a meningkat. Berdasarkan data SPL dan klorofil-a yang tercatat, dapat terlihat bahwa *upwelling* yang terjadi sebelum siklon tropis Cempaka berada dalam kategori lemah. Pada tanggal 26 November 2017 hingga 28 November 2017 tercatat nilai SST meningkat dari sebelumnya yaitu berkisar antara 27.7°C – 27.99°C, sedangkan klorofil-a yang tercatat hanya terdapat pada tanggal 26 November 2017 yaitu sebesar

0.12 mg/m³ lebih rendah. Adanya keterbatasan data sehingga sulit untuk menentukan intensitas *upwelling* yang akurat pada saat kejadian siklon tropis Cempaka. Setelah kejadian siklon tropis Cempaka terdapat perubahan dibandingkan dengan sebelum dan saat terjadinya siklon tropis Cempaka. Nilai SPL yang tercatat pada tanggal 30 November 2017 sebesar 25.58°C dan mengalami perubahan secara fluktuatif. Pada tanggal 6 Desember 2017, SPL mencapai 24.79°C. Berbanding terbalik dengan nilai SPL, nilai klorofil-a mengalami peningkatan. Tercatat pada tanggal 30 November 2017 berada pada nilai 0.17 mg/m³ dan terus meningkat secara perlahan hingga mencapai 0.42 mg/m³ pada tanggal 6 Desember. Hal ini disebabkan oleh semakin rendahnya SPL di suatu perairan, maka terdapat peningkatan distribusi klorofil-a akibat

adanya kenaikan massa air. Walaupun masih dalam kategori intensitas lemah, namun konsentrasi klorofil-a setelah kejadian siklon tropis Cempaka cukup mengalami perubahan dibandingkan dengan keadaan sebelumnya.

Anomali SPL dan klorofil-a didapat berdasarkan selisih dari SPL dan klorofil-a pada saat terjadi siklon tropis dan karakteristik SPL dan klorofil-a selama 15 tahun. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui adanya kenaikan atau penurunan SPL dan klorofil-a dari normalnya saat kejadian siklon tropis. Anomali positif menunjukkan adanya kenaikan SPL dan klorofil-a pada saat terjadi siklon tropis, sedangkan anomali negatif menunjukkan adanya penurunan SPL dan klorofil-a pada saat terjadi siklon tropis. Terlihat secara umum nilai SPL sebelum dan saat terjadi siklon tropis Cempaka mengalami perubahan yang bervariasi. Walaupun bervariasi, nilai SPL yang terlihat dominan menunjukkan terjadinya penurunan nilai SPL dari normalnya. Sebelum terjadi siklon tropis, anomali negatif yang ditunjukkan $> -2^{\circ}\text{C}$, namun saat memasuki kejadian siklon tropis Cempaka, nilai negatif mulai berkurang. Hal ini menunjukkan nilai SPL sedikit lebih hangat dibandingkan sebelum kejadian siklon tropis. Anomali negatif mulai bertambah setelah kejadian siklon tropis yang mengindikasikan terjadi penurunan atau pendinginan pada nilai SPL. Klorofil-a menunjukkan nilai anomali yang berkebalikan dari SPL pada siklon tropis Cempaka. Sebelum dan saat kejadian siklon tropis, nilai klorofil-a mengalami penurunan dari normalnya yang ditandai dengan anomali negatif yang berkisar antara $-0,4$ hingga $-0,1 \text{ mg/m}^3$. Setelah siklon punah, klorofil-a mengalami peningkatan dari normalnya yang ditandai dengan anomali positif yang berkisar antara $0,08$ hingga $0,19 \text{ mg/m}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan distribusi klorofil-a saat nilai SPL mengalami penurunan yang mengindikasikan adanya kejadian *upwelling*

dengan kategori sedang setelah kejadian siklon tropis Cempaka.

PENUTUP

Berdasarkan analisis yang dilakukan disimpulkan bahwa nilai SPL dan klorofil-a sebelum, saat, dan setelah kejadian siklon tropis Cempaka berfluktuatif. Nilai SPL sebelum kejadian siklon tropis Cempaka mengalami peningkatan (anomali positif) yang diiringi dengan penurunan nilai klorofil-a (anomali negatif). Hal ini menunjukkan bahwa keadaan *upwelling* sebelum terjadinya siklon tropis Cempaka dalam kategori sangat lemah. Nilai SPL saat kejadian siklon tropis Cempaka mengalami peningkatan (anomali positif) yang signifikan akibat aktifitas dari siklon tropis yang diiringi dengan penurunan nilai klorofil-a (anomali negatif). Hal ini menunjukkan bahwa keadaan *upwelling* saat terjadinya siklon tropis Cempaka dalam kategori sangat lemah. Nilai SPL setelah kejadian siklon tropis Cempaka mengalami penurunan (anomali negatif) yang diiringi dengan peningkatan (anomali positif) konsentrasi klorofil-a. Hal ini menunjukkan SPL yang dingin meningkatkan konsentrasi klorofil-a sehingga daerah perairan selatan Jawa didominasi oleh *upwelling* yang masih termasuk dalam kategori lemah namun meningkat dari sebelum dan saat terjadinya siklon tropis Cempaka.

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan dilakukan analisis pengaruh siklon tropis terhadap *upwelling* dengan kejadian siklon yang lebih banyak dengan data yang lengkap. Selain itu, diperlukan metode interpolasi data untuk menutupi kekurangan data akibat keterbatasan data satelit.

DAFTAR PUSTAKA

- Kunarso, K., Hadi, S., Ningsih, N. S., & Baskoro, M. S. (2012). Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah *Upwelling* pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences, 16(3), 171–180.

- <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.16.3.171-180>
- Nontji, A. (2008). Plankton. LIPI press.
- TCWC BMKG. (2018a). Dampak Siklon Tropis. www.meteo.bmkg.go.id
- TCWC BMKG. (2018b). Tahapan Siklon Tropis. www.meteo.bmkg.go.id
- Tjasyono, B. H. (2004). *Klimatologi Umum*. In Penerbit ITB Bandung.
- Tjasyono, B. H., & Harijono, S. W. B. (2014). *Atmosfer Ekuatorial*. Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG.
- Wang, G., Ling, Z., & Wang, C. (2009). Influence of tropical cyclones on seasonal ocean circulation in the South China Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114(C10).
<https://doi.org/10.1029/2009JC005302>
- Wang, T., & Zhang, S. (2021). Effect of summer typhoon linfa on the chlorophyll-a concentration in the continental shelf region of northern south china sea. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(8), 794.
<https://doi.org/10.3390/jmse9080794>
- Yoga, R. B., Setyono, H., & Harsono, G. (2014). Dinamika upwelling dan downwelling berdasarkan variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Selatan Jawa. *Journal of Oceanography*, 3(1), 57–66.
- Zakir, A., Sulisty, W., & Khotimah, M. K. (2010). *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Badan Meteorologi dan Geofisika.