

DAMPAK SIKLON TROPIS FRANCES TERHADAP UPWELLING LAUT TIMOR DAN SEKITARNYA

ADELINA LUMBAN GAOL*, EJHA LARASATI SIADARI¹, MUHAMMAD RYAN¹,
ARIES KRISTIANTO²

¹Prodi Meteorologi,

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jl. Perhubungan I-Pondok Betung, Tangerang Selatan 15221

³Dosen Prodi Meteorologi,

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jl. Perhubungan I-Pondok Betung, Tangerang Selatan 15221

*email : adel.lumbangaol@gmail.com

Abstrak. Dampak siklon tropis berupa meningkatnya curah hujan, angin kencang, bencana banjir hingga kerusakan infrastruktur. Disisi lain, siklon tropis menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya pengadukan vertikal dan *upwelling* yang menyebabkan meningkatnya kesuburan perairan. Penelitian mengenai dampak siklon tropis terhadap konsentrasi klorofil-a dan *upwelling* di perairan Indonesia masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak siklon tropis terhadap *upwelling* di perairan Laut Timor dan sekitarnya. Data yang digunakan berupa data komposit harian konsentrasi klorofil-a, arah dan kecepatan angin, anomali tinggi muka laut, dan suhu permukaan laut, kemudian data bulanan konsentrasi klorofil-a, arah dan kecepatan angin, dan suhu permukaan laut periode 2002 –2016. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis variasi spasial dan temporal konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut. Analisis komposit harian menunjukkan daerah yang dilalui oleh siklon tropis Frances mengalami peningkatan konsentrasi klorofil-a namun dengan respon yang berbeda pada area pengamatan. Nilai konsentrasi klorofil-a sebelum terjadi siklon antara $<0,2 \text{ mg/m}^3 - 1,0 \text{ mg/m}^3$ dan mengalami peningkatan $0.4 \text{ mg/m}^3 - 5.0 \text{ mg/m}^3$. Sementara hasil anomali kenaikan tinggi muka laut menunjukkan bahwa pada saat kejadian siklon tropis terdapat anomali positif berkisar 0.4 - 0.7 meter pada wilayah sekitar pusat siklon tropis. Hal ini disebabkan oleh adanya penurunan tekanan yang menyebabkan gerakan naiknya massa air ke permukaan (*upwelling*). Suhu permukaan laut menunjukkan penurunan dengan nilai tertinggi mencapai $2,0^\circ \text{C}$ dalam kurun waktu 1 - 4 hari pasca siklon tropis.

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

Abstract. The impacts of tropical cyclone are rainfall, strong wind, and flood. On the other hand, tropical cyclone becomes one of the factors that trigger the vertical mixing and upwelling that lead to increased fertility. Research on the impact of tropical cyclones on chlorophyll-a concentrations in Indonesian is still limited. This study aims to determine the effect of tropical cyclones on upwelling in the waters of the Timor Sea and its surroundings. Data used is daily composite of chlorophyll-a concentration, sea surface temperature, monthly of chlorophyll-a concentration, sea surface temperature, wind velocity and direction period May 2002 - May 2016. The method used in this study is the analysis of spatial and temporal of chlorophyll-a concentration, sea surface anomaly, sea surface temperature, wind velocity and direction. A daily composite analysis of the concentration of chlorophyll-a shows that the area traversed by Frances tropical cyclones have increased fertility but with different responses to the observation area. The value of chlorophyll-a concentration before cyclone occurred between $<0.2 \text{ mg / m}^3 - 1.0 \text{ mg / m}^3$ and increased of $0.4 \text{ mg / m}^3 - 5.0 \text{ mg / m}^3$. While anomalous result of sea level rise shows that at the time

of the occurrence of tropical cyclones there is a positive anomaly ranging from 0.4 to 0.7 meters in the region around the center of tropical cyclone. This is caused by a decrease in pressure that causes the movement of the rising water mass to the surface (upwelling). Sea surface temperature showed a decrease with the highest decline 2.0°C within 1 - 4 days post tropical cyclone Frances.

Keywords : tropical cyclone, chlorophyll-a, sea surface temperature, upwelling

1. Pendahuluan

Pada tanggal 21 April 2017, BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) melaporkan adanya pembentukan siklon tropis Frances di Teluk Papua. Siklon tropis terus mengalami perkembangan hingga pada tanggal 28 April 2017, Siklon tropis Frances mencapai pusat tekanan rendah sebesar 990 mb (Fatkhuroyan, 2018). Adapun aktivitas siklonik yang terjadi dapat memicu kejadian ekstrem di pusat siklon tropis maupun wilayah sekitar lintasan siklon tropis.

Secara umum, pembentukan siklon tropis terjadi pada wilayah dengan dengan pisisi lintang 10° hingga 20° dari ekuator dan prosentase 65 %, 13 % di daerah 22° LU, seret tidak muncul di daerah 4° dari ekuator (Tjasyono, 2004). Wilayah Indonesia bukan merupakan wilayah yang cukup efektif bagi perkembangan siklon tropis. Akan tetapi, karena posisi geografis Indonesia yang berbatasan dengan wilayah pembentukan maupun area lintasan siklon tropis, maka potensi gangguan yang disebabkan oleh siklon tropis sangat besar terjadi di wilayah Indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya pemantauan dan pengawasan terhadap siklon tropis di sekitar wilayah Indonesia untuk mengantisipasi kemungkinan dampak akibat siklon tropis.

Suryantoro (2008) mencatat sekitar 80 sampai 100 kejadian siklon tropis setiap tahunnya di dunia dengan korban jiwa rata-rata mencapai 20.000 jiwa dan kerugian ekonomi mencapai USD 7 milyar. Namun siklon tropis yang terbentuk dan terjadi di perairan pesisir atau laut lepas memungkinkan terbentuknya daerah yang subur. Wang et al., (2009) menyebutkan siklon tropis yang terjadi di Laut Cina Selatan mempengaruhi dinamika dan sirkulasi massa air baik pada skala sempit maupun yang lebih luas. Siklon tropis dapat memicu terbentuknya *eddy* dan perubahan kedalaman lapisan termoklin.

Pada daerah yang dilintasi siklon tropis memungkinkan pergerakan vertikal massa air yang kaya akan nutrien ke lapisan permukaan. Tingginya intensitas hujan mengakibatkan masukan air dari muara sungai semakin intensif dengan membawa zat hara dari daratan (Zhao et al., 2009). Menurut Ye et al., (2013) siklon tropis Nuri mampu meningkatkan konsentrasi klorofil-a lima kali lebih tinggi dari tingkat normal

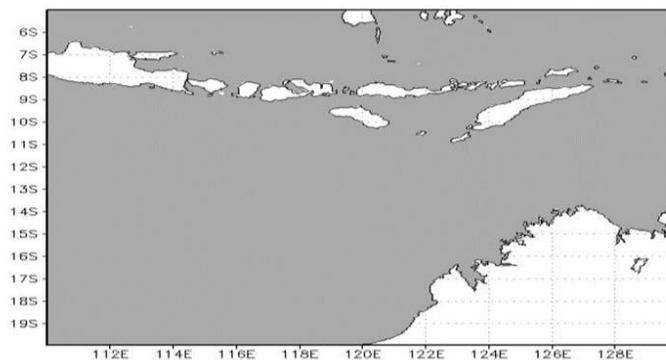
pada hari ke-2 dan berlangsung selama sekitar satu minggu serta menginduksi pencampuran vertikal secara signifikan.

Distribusi klorofil-a merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kesuburan suatu perairan. Konsentrasi klorofil-a yang tinggi dapat dimanfaatkan untuk menduga tempat berkumpulnya ikan, dikarenakan klorofil-a merupakan rantai makanan pertama dalam ekosistem lautan.

Untuk itu, penelitian ini secara khusus dilakukan untuk membahas mengenai dampak siklon tropis Frances terhadap kondisi *upwelling* di perairan Laut Timor dan sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui kondisi tinggi muka laut, kondisi arah dan kecepatan angin, serta konsentrasi klorofil yang terjadi berdasarkan tahapan sebelum dan pada saat kejadian siklon tropis.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian adalah perairan Laut Timor dan sekitarnya pada koordinat 5° sampai 20° LS dan 110° BT sampai 130° BT. Wilayah tersebut merupakan wilayah yang



Gambar 1. Peta lokasi penelitian wilayah perairan Timor

dilalui siklon tropis Frances pada tanggal 27 – 30 April 2017.

Penelitian ini menggunakan data reanalisis ERA-Interim yang merupakan keluaran dari ECMWF (*The European Center for MediumRange Weather Forecast*). Data ECMWF digunakan dalam melakukan prakiraan cuaca, analisis parameter cuaca, analisis iklim, menyediakan data untuk kebutuhan prakiraan serta data multimodel. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini memiliki resolusi $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ untuk melihat pola kondisi arah dan kecepatan angin pada lapisan permukaan pada tanggal 19 April 2017 hingga 3 Mei 2017. Data yang digunakan selanjutnya ialah data kenaikan tinggi muka laut yang diambil dari <http://marine.copernicus.eu> pada tanggal 19 April 2017 hingga 3 Mei 2017. Adapun resolusi spasial yang digunakan yaitu $0.083^{\circ} \times 0.083^{\circ}$. Selain itu, data lain yang digunakan berupa data komposit harian konsentrasi klorofil-a, suhu permukaan laut, data bulanan konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut periode

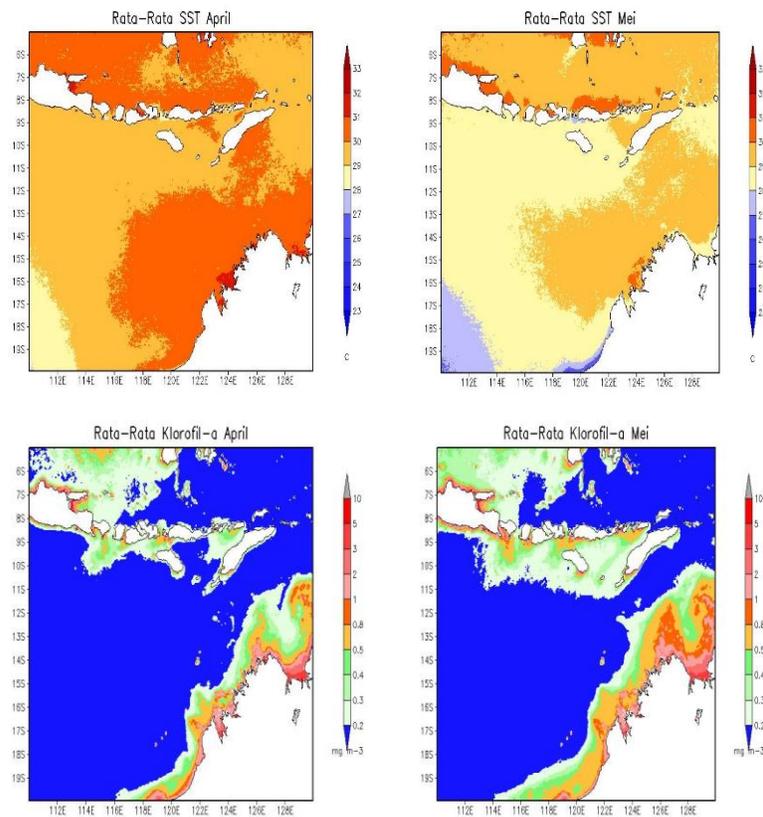
Mei 2002 – Mei 2016. Data klorofil-a dan suhu permukaan laut merupakan data dengan resolusi sangat tinggi *Very High Resolution Radiometer (AVHRR-Pathfinder)* Satelit Aqua-MODIS yang tersedia dalam website NASA di alamat internet <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>.

Metode yang dilakukan dalam mengolah data reanalisis ERA-Interim dan data ketinggian muka laut menggunakan aplikasi GrADS (*The Grid Analysis and Display System*). GrADS merupakan suatu perangkat lunak hasil rekomendasi WMO (*World Meteorological Organization*) untuk menampilkan parameter-parameter cuaca secara spasial serta memvisualisasikan data menjadi objek berupa peta maupun grafik (Makmur, 2008). GrADS dapat memanipulasi dan memvisualisasikan data sains kebumiharian untuk ditampilkan dalam bentuk grafik maupun garis alur (*streamlines*). Beberapa format data yang dapat diolah dalam GrADS mencakup NetCDF, GRIB (*Gridded Binary*), HDF-SDS (*Hierarchical Data Format-Scientific Data Format*) serta format *biner stream* (Syaifullah, 2016). Di samping itu, penelitian ini menggunakan analisis variasi spasial dan temporal konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut yang selanjutnya dianalisa *upwelling* dan karakteristiknya.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil

Berdasarkan Gambar 2 kondisi klimatologis SPL di Perairan Timur dan sekitarnya secara umum pada bulan April cenderung lebih hangat daripada bulan Mei dimana nilai SPL April antara 29.0 °C – 31.0 °C, sedangkan untuk bulan Mei 28.0 °C – 30.0 °C. Konsentrasi klorofil-a pada bulan April dan Mei antara $0,2 \text{ mg/m}^3 - 1,0 \text{ mg/m}^3$ untuk daerah perairan Timor. Sementara pada daerah pesisir berkisar antara 2,0 $\text{mg/m}^3 - 5.0$

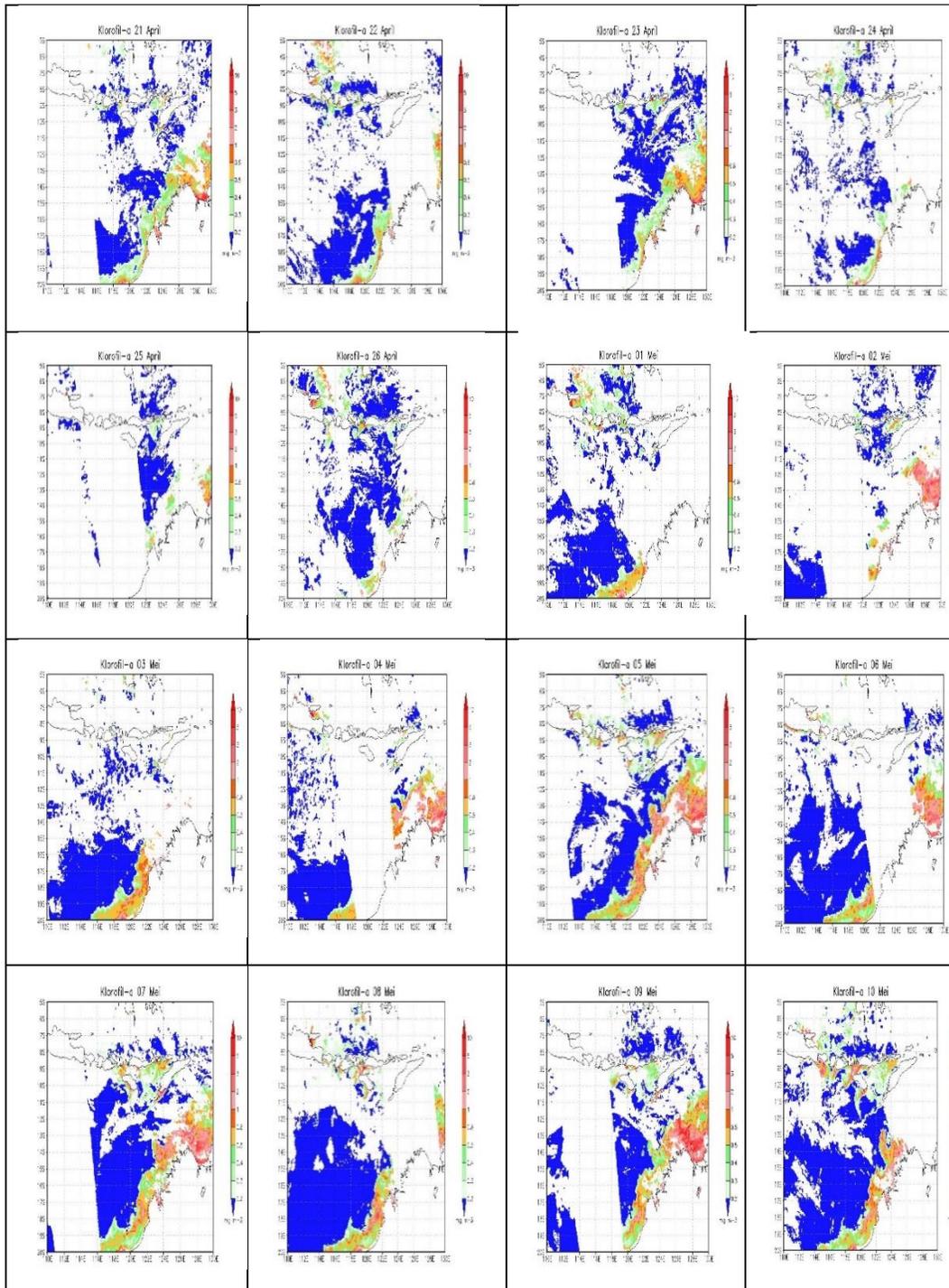


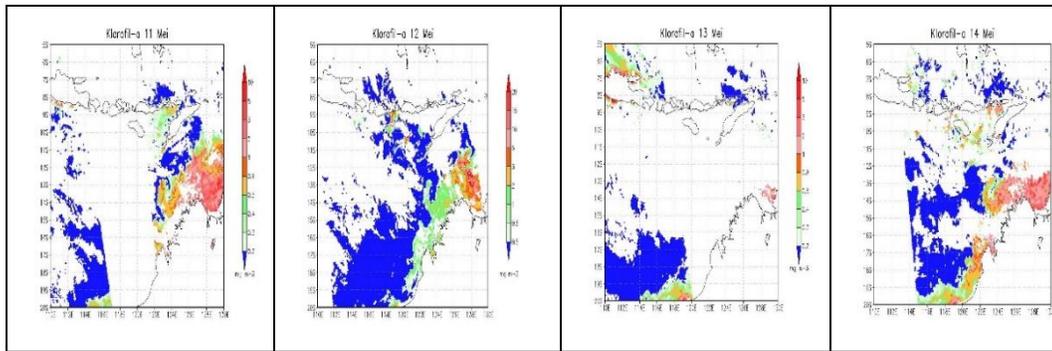
Gambar 2. Komposit bulanan klimatologis suhu permukaan laut (°C) dan konsentrasi klorofil-a (mg/m^3) tahun 2002 – 2016 dari Sensor Modis-AQUA

mg/m^3 . Kondisi sebaran klorofil di sepanjang pesisir pantai relatif lebih besar disebabkan oleh *runoff* nutrisi dari daratan yang besar sepanjang tahun.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa secara umum nilai konsentrasi klorofil-a sebelum siklon Tropis Frances menerjang perairan Timor dan sekitarnya antara $0,2 \text{ mg/m}^3 - 1,0 \text{ mg/m}^3$. Sedangkan untuk nilai konsentrasi klorofil-a pasca siklon tropis secara umum mengalami peningkatan antara 0.4 $\text{mg/m}^3 - 5.0 \text{ mg/m}^3$. Peningkatan ini disebabkan pada daerah yang dilintasi siklon tropis memungkinkan pergerakan vertikal massa air yang kaya akan nutrisi ke lapisan permukaan. Hal ini sesuai dengan penelitian Ye et al., (2013) dimana siklon tropis Nuri mampu meningkatkan konsentrasi klorofil-a 5 kali lebih tinggi dari tingkat normal pada hari ke-2 dan

berlangsung selama sekitar satu minggu serta menginduksi pencampuran vertikal secara signifikan.



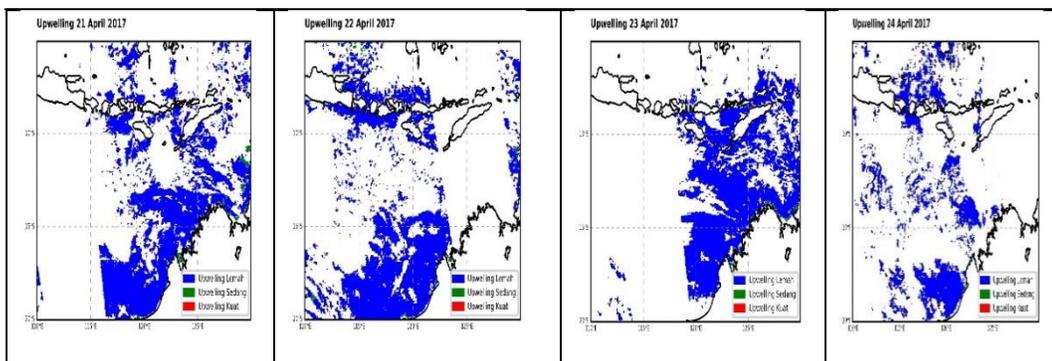


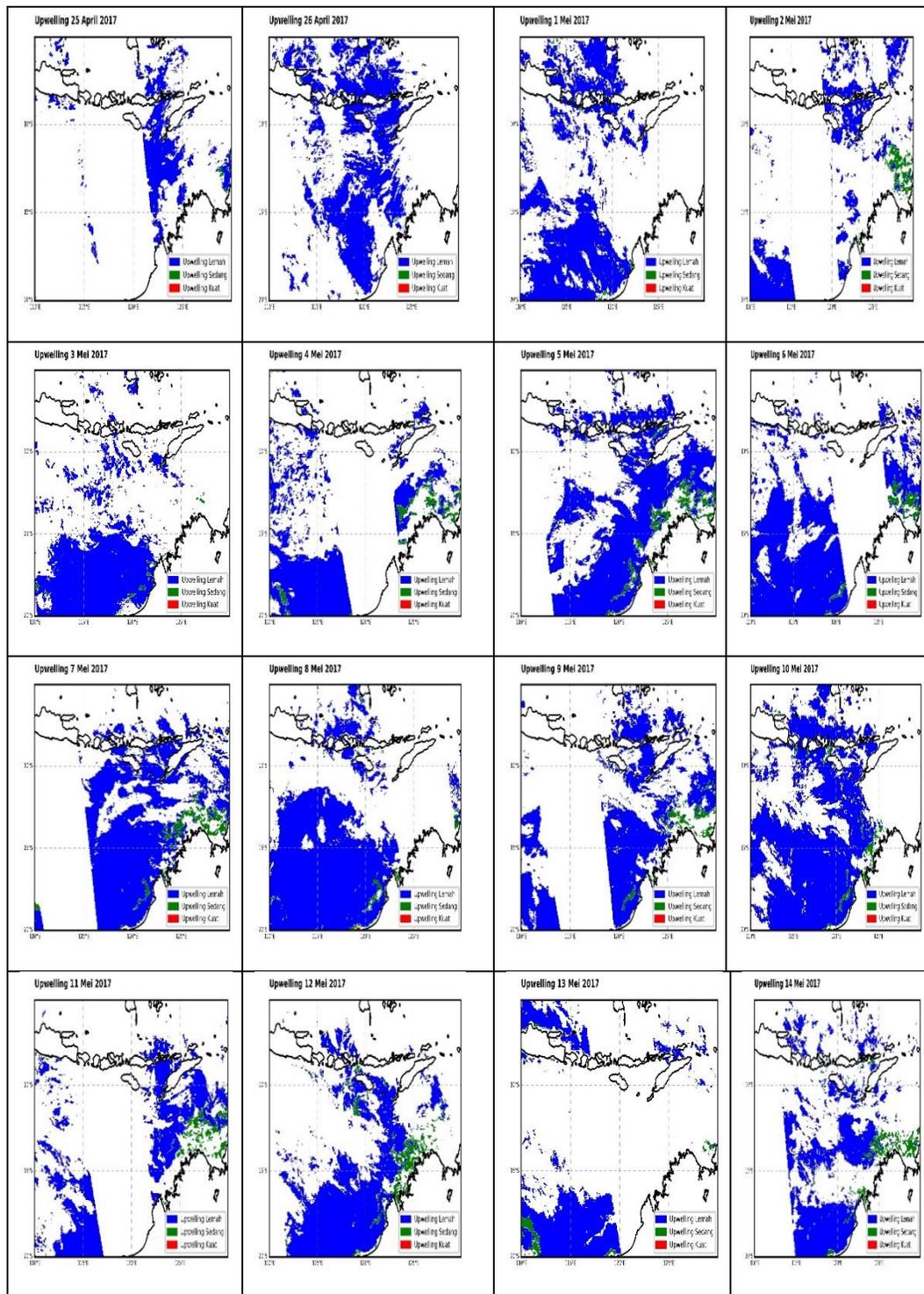
Gambar 3. Variasi harian konsentrasi klorofil-a (mg/m^3) pra siklon tropis Frances 21 April – 26 April 2017 dan paska siklon tropis Frances 1 Mei – 14 Mei 2017

Dalam menentukan daerah *upwelling* dan karakteristiknya didasarkan pada kisaran nilai rata-rata harian suhu permukaan laut dan klorofil-a. Nilai kisaran suhu permukaan laut diperoleh antara $25 - 28 \text{ }^\circ\text{C}$, sedangkan klorofil-a $0,7 - 10 \text{ mg}/\text{m}^3$, nilai ini kemudian dibagi 3 kriteria dengan dasar utama suhu permukaan laut (Tabel 1).

Tabel 1. Kriteria Intensitas Upwelling

SPL ($^\circ\text{C}$)	Klorofil-a (mg/m^3)	Kriteria Upwelling
> 27	< 1	Intensitas upwelling lemah
$26 - 27$	$1 - 2$	Intensitas upwelling sedang
< 26	> 2	Intensitas upwelling kuat





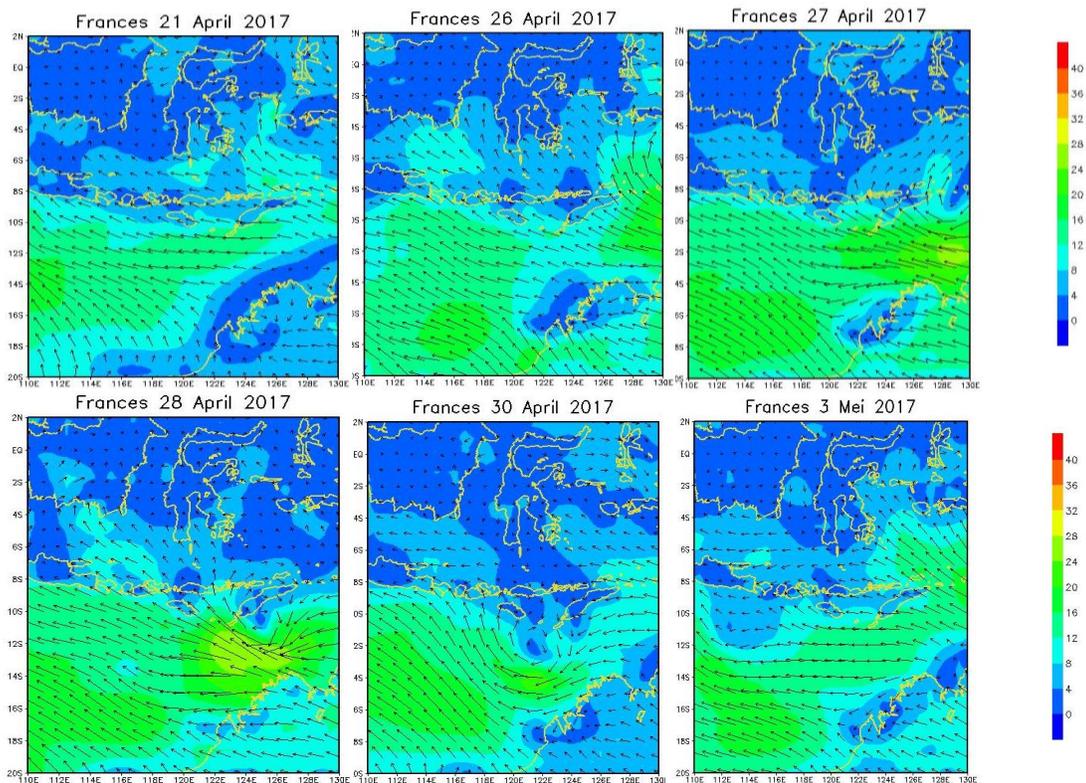
Gambar 4. Daerah *upwelling* dan intensitasnya pra siklon tropis Frances 21 April – 26 April 2017 dan paska siklon tropis Frances 1 Mei – 14 Mei 2017.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa secara umum *upwelling* sebelum siklon tropis Frances melanda termasuk dalam kategori lemah, sementara setelah siklon tropis

Frances melanda Perairan Timur dan sekitarnya menunjukkan kriteria *upwelling* dari lemah hingga sedang. Daerah dengan kriteria *upwelling* sedang merupakan daerah yang mengalami peningkatan konsentrasi klorofil-a paska siklon tropis. Daerah ini juga merupakan daerah dengan anomali suhu permukaan laut negatif sesuai dengan hasil penelitian Siadari, dkk. (2017) dimana secara umum anomali suhu permukaan laut setelah siklon tropis Frances melanda Perairan Timur dan sekitarnya menunjukkan nilai yang negatif antara $<0 - 2.5$ dalam selang 1-4 hari. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum pada daerah perairan timur dan sekitarnya terjadi penurunan suhu dari kondisi normalnya.

c. Analisis Angin

Pada tanggal 21 - 26 April 2017 pada saat sebelum kejadian siklon tropis Frances, kondisi angin permukaan rata-rata berkisar antara 4-20 knots dengan arah pergerakan menuju Barat-Barat Laut. Pada tanggal 27 April 2017, tampak kecepatan angin berkisar 24-28 knot yang menandai pusat tekanan rendah di laut Timor. Pada tanggal 28 April 2017, angin terus bergerak dengan kecepatan yang sama dan membentuk pusaran siklonik yang bergerak menuju Barat. Hal ini menunjukkan kejadian siklon tropis



Gambar 5. Kondisi angin permukaan pada saat sebelum kejadian siklon tropis Frances hingga tahap perkembangan siklon. Arus siklonik mulai terlihat pada tanggal 27 April dan kepunahan siklon tropis sudah terlihat pada tanggal 3 Mei 2017.

Frances yang terus bergerak menuju arah Barat dengan kecepatan di pusat siklon umumnya berkisar 1-2 knots. Kondisi kecepatan angin tertinggi terjadi pada tanggal 27-18 April 2017 dengan arah menuju pusat siklon tropis Frances. Keadaan ini terus berlanjut hingga tanggal 2 Mei 2017. Pada tanggal 3 Mei, area siklonik berangsur-angsur punah dengan kecepatan 8-20 knot. Kemudian, hari-hari berikutnya ditandai oleh arah pergerakan angin menuju Barat dengan kecepatan yang bervariasi antara 8-20 knots.

c. Analisis Tinggi Muka Laut

Kondisi ketinggian muka laut pada saat sebelum kejadian siklon tropis Frances, yaitu berkisar tanggal 21- 26 Mei 2017 umumnya memiliki ketinggian berkisar 0.4-0.6 meter. Pada saat kejadian siklon tropis Frances, dimulai dengan terdeteksinya sistem tekanan rendah pada tanggal 27 April 2017. Kenaikan tinggi muka laut di perairan Arafuru dekat dengan benua Australia berkisar 0.6-0.7 meter. Tinggi muka laut terus mengalami kenaikan di perairan Laut Timor dan sekitarnya hingga mencapai kenaikan muka laut tertinggi berkisar 0.6- 0.9 meter pada tanggal 28-30 April 2017. Hal tersebut juga terjadi pada 1 dan 2 Mei 2017, di wilayah Laut Timor terdeteksi kenaikan berkisar 0.5-0.8 meter dan diikuti oleh hari-hari berikutnya.

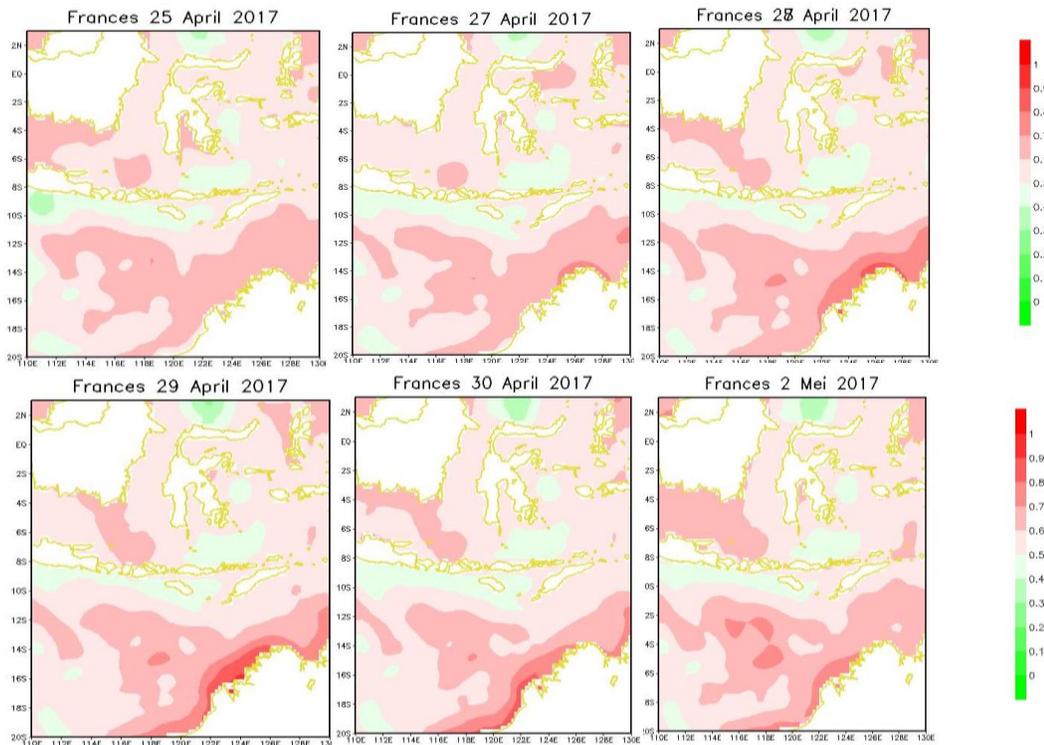
Hasil penelitian harus dinyatakan dengan jelas dan singkat. Sebaiknya hasil bersifat kuantitatif, numerik dan spesifik. Bagian diskusi sebaiknya membahas informasi penting yang terkandung dalam hasil dan membahas pentingnya hasil yang telah diperoleh dan disajikan bukan hanya menceritakan (narasi) atas hasil tersebut. Hasil dan diskusi dapat juga digabungkan dalam satu bagian. Hindari acuan dan diskusi yang berlebihan atas literatur yang ditulis di Daftar Pustaka.

Tabel ditempatkan pada posisi tengah (center) dan diberi keterangan tabel dibagian atas. Tabel sebaiknya ditempatkan setelah diacu di dalam tulisan (teks). Jenis hurup pada tabel Times New Roman dengan besar 10. Tulisan Tabel memiliki *font style* Bold. Contoh penulisan tabel adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Keterangan Tabel ditulis dengan Font 10 Times New Roman

Sampel	Ukuran Partikel (nm)
Fe ₃ O ₄	10,9 ± 0,3
Fe ₃ O ₄ dengan PEG 1:1	7,3 ± 0,1
Fe ₃ O ₄ dengan PEG 1:2	6,5 ± 0,1

Fe ₃ O ₄ dengan PEG 1:4	7,5 ± 0,1
---	-----------



Gambar 6. Kondisi kenaikan tinggi muka air laut pada waktu sebelum kejadian siklon tropis Frances hingga pada tahap perkembangan siklon Tropis Frances. Kondisi kenaikan tinggi muka laut pada saat kejadian siklon mencapai 0.6-0.9 meter.

Gambar ditempatkan pada posisi tengah (center) dan diberi keterangan Gambar dibagian bawah. Gambar sebaiknya ditempatkan setelah diacu di dalam tulisan (teks). Jenis Huruf pada keterangan Gambar adalah Times New Roman dengan besar 10. Tulisan Gambar memiliki *font style* Bold. Contoh Penulisan Gambar adalah sebagai berikut:

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi klimatologis SPL di Perairan Timur dan sekitarnya secara umum pada bulan April antara 29.0 °C – 31.0 °C, sedangkan untuk bulan April 28.0 °C – 30.0 °C. Konsentrasi klorofil-a pada bulan April dan Mei antara $0,2 \text{ mg/m}^3$ - 1,0 mg/m³ untuk daerah perairan Timor. Sementara pada daerah pesisir berkisar antara 2,0 mg/m³ – 5.0 mg/m³.
2. Analisis komposit harian konsentrasi klorofil-a menunjukkan daerah yang dilalui oleh siklon tropis Frances mengalami peningkatan konsentrasi klorofil-a namun dengan respon yang berbeda pada area pengamatan. Nilai konsentrasi klorofil-a sebelum terjadi siklon antara $0,2 \text{ mg/m}^3$ - 1,0 mg/m³ dan mengalami peningkatan 0.4 mg/m³ – 5.0 mg/m³.
3. Analisis komposit harian suhu permukaan laut menunjukkan penurunan dengan nilai tertinggi mencapai 2,5°C dalam kurun waktu 1 - 4 hari pasca siklon tropis Frances.
4. Pada saat kejadian siklon tropis Frances, kondisi angin mencapai 24-28 knot pada 27 April dengan pergerakan menuju Barat.
5. Kondisi tinggi muka laut mengalami kenaikan pada saat kejadian siklon tropis Frances hingga mencapai 0.6-0.9 meter. Kondisi kenaikan tinggi muka laut meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas siklon tropis.
6. Secara umum *upwelling* sebelum siklon tropis Frances melanda termasuk dalam kategori lemah, sementara setelah siklon tropis Frances melanda Perairan Timur dan sekitarnya menunjukkan kriteria *upwelling* dari lemah hingga sedang.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyedia data komposit bulanan dan harian suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a hasil pengukuran satelit Aqua Modis milik NASA yang dapat diakses dengan mudah melalui alamat website <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> serta penyedia data angin dari ECMWF (*The European Center for MediumRange Weather Forecast*) dan tinggi muka laut dari satelit altimetri yang dapat diunduh melalui marine.copernicus.eu.

Daftar Pustaka

1. Fatkhuroyan, 2018. Deteksi Pertumbuhan Siklon Tropis Memakai Satelit Himawari – 8 dan GSMaP untuk Antisipasi Bencana Cuaca Ekstrim pp. 257-261.
2. Haryani N.S., Zubaidah A. 2012. Dinamika Siklon Tropis di Asia Tenggara Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Widya*, 29 (324):54-58.
3. Lumbangaol, A., Serhalawan Y.R., dan Endarwin. 2017. Effect of Nock-Ten Tropical Cyclone on Atmospheric Condition and Distribution of Rainfall in Gorontalo, Ternate, and Sorong Regions. *IOP Conference Series: Earth and Enviromental Science*, Vol. 98.

4. Ryan M., Saragih R.W., Sari, F.N.I., Mulya A. 2017. Prakiraan Daerah Penangkapan Ikan Laut Di Laut Banda Berdasarkan Data Citra Satelit. Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4 Tahun 2017
5. Suryantoro A. 2008. 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.
6. Siadari E.L., Manurung R.M., Munandar M.A. 2017. Dampak Siklon Tropis Frances Terhadap Tingkat Kesuburan Perairan Laut Timor dan Sekitarnya. Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya 2017.
7. Susilo E., Hadianti S. 2015. Peningkatan Kesuburan Perairan Laut Arafura dan Sekitarnya Pasca Siklon Tropis Lam. *Jurnal Sain dan Teknologi*, Volume 10, Nomor 1.
8. Ye H.J., Sui Y., Tang D.L., Afanasyev YD. 2013. A subsurface chloro-phyll a bloom induced by typhoon in the South China Sea. *Journal of Marine Systems* (128):138–145.
9. Zhao H., Tang D.L., Wang D. 2009. Phytoplankton blooms near the Pe-arl River Estuary induced by Typhoon Nuri. *Journal of Geo-physical Research* (114):1-9.
10. Tjasyono, B. H. K., 2004, *Klimatologi*, Penerbit ITB.