

PENINGKATAN KESUBURAN PERAIRAN LAUT ARAFURA DAN SEKITARNYA PASCA SIKLON TROPIS LAM

Eko Susilo, Sri Hadiani

Balai Penelitian dan Observasi Laut
Jl. Baru Perancak, Negara, Jembrana, Bali, 82251
e-mail: ekosusilo@live.com

Abstrak: Siklon tropis merupakan fenomena atmosfer yang ditandai muncul tekanan udara rendah yang memicu terjadinya angin yang kencang akibat proses perpindahan panas dari daerah khatulistiwa menuju garis lintang. Dampak siklon tropis sangat dirasakan oleh daerah pesisir dan daratan baik berupa meningkatnya curah hujan, bencana banjir hingga kerusakan infrastruktur. Namun siklon tropis menjadi salah satu faktor yang memicu terjadinya pengadukan vertikal dan *upwelling* yang menyebabkan meningkatnya kesuburan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesuburan perairan di Laut Arafura dan sekitarnya pasca terjadinya siklon tropis LAM yang menerjang perairan Arafura dan pantai Queensland Australia pada tanggal 19 Februari 2015. Hasil analisis data konsentrasi klorofil-a komposit 8 harian satelit Aqua Modis menunjukkan daerah yang dilalui oleh siklon tropis LAM mengalami peningkatan kesuburan namun dengan respon yang berbeda pada masing-masing area pengamatan. Nilai konsentrasi klorofil-a sebelum terjadi siklon berkisar antara $0,71 \text{ mg/m}^3$ - $0,76 \text{ mg/m}^3$ dan mengalami peningkatan hingga 5 kali lipat pada kisaran $3,72 \text{ mg/m}^3$ dan $4,15 \text{ mg/m}^3$. Jeda waktu peningkatan kesuburan bervariasi dari beberapa hari (A1, A2 dan A4) hingga selang 2 minggu (A3) pasca siklon LAM. Sedangkan berdasarkan data *Global High Resolution Sea Surface Temperature* (GHRSSST), suhu permukaan laut mengalami penurunan tertinggi mencapai $1,14^\circ\text{C}$ dalam kurun waktu 2-3 hari pasca siklon tropis LAM, khususnya pada area A3 yang merupakan lokasi terjadinya siklon dewasa sebelum bergerak memasuki daratan.

Kata kunci: Kesuburan Perairan, Laut Arafura, Siklon LAM

Abstract: Tropical cyclones are characterized atmospheric phenomenon appears low air pressure that triggered the strong winds due to the heat transfer process from the equator to the latitude. Tropical cyclone impact is felt by the coastal regions and the mainland in the form of increased rainfall, floods to infrastructure damage. But tropical cyclones become one of the factors that trigger the vertical mixing and upwelling waters that lead to increased fertility. This study aims to determine the level of fertility in the waters of the Arafura Sea and the surrounding post-tropical cyclones that hit LAM Arafura waters and the coast of Queensland Australia on 19 February 2015. The results of the data analysis of the concentration of chlorophyll-a composite daily 8 Modis Aqua satellite shows the area traversed by LAM tropical cyclones have increased fertility but with different responses in each area of observation. Chlorophyll-a concentration value before the cyclone ranged from 0.71 mg / m^3 - 0.76 mg / m^3 and increased up to 5-fold in the range of 3.72 mg / m^3 and 4.15 mg / m^3 . Fertility increase the lag time varies from a few days (A1, A2 and A4) until the lapse of 2 weeks (A3) post-cyclone LAM. Meanwhile, based on data from the *Global High Resolution Sea Surface Temperature* (GHRSSST), sea surface temperature reached the highest decline $1,14^\circ\text{C}$ within 2-3 days post-tropical cyclone LAM, particularly in the area A3 which was the site of an adult before moving cyclone landfall.

Keywords: Water fertility, Arafura Sea, LAM cyclones

PENDAHULUAN

Siklon tropis merupakan bentuk gangguan cuaca ekstrim yang diawali munculnya pusat tekanan rendah di atas lautan yang memicu proses konveksi dan pembentukan awan secara intensif. Umumnya pembentukan siklon tropis ini efektif pada daerah lintang di atas 10° lintang utara maupun lintang selatan (Haryani dan Zubaidah, 2012). Sekitar 65% siklon tropis terbentuk di daerah antara 10° dan 20° dari ekuator. Daerah pembentukan siklon tropis meliputi perairan Atlantik Barat, Pasifik Timur, Pasifik Utara bagian Barat, Samudera India Utara dan Selatan, Australia dan Pasifik Selatan (Suryantoro, 2008). Siklon tropis tidak terbentuk di daerah ekuator karena gaya Coriolis mendekati nol (Neiburger, 1995 dalam Asrianti *et al.*, 2013). Walaupun Indonesia bukan merupakan daerah pembentukan siklon tropis, namun kondisi cuaca Indonesia sering mendapatkan imbas dari kejadian siklon tropis (Haryani dan Zubaidah, 2012).

Menurut Tjasyono *et al.*, (1983) dalam Haryani dan Zubaidah, (2012) syarat terbentuknya siklon tropis harus memenuhi 3 kriteria yaitu: (1) adanya konvergensi pada permukaan yang cukup kuat sehingga dapat menaikkan lapisan udara lembab, (2) adanya divergensi pada ketinggian tertentu untuk memindahkan udara yang tertimbun dan menyebabkan permukaan udara turun, (3) adanya energi yang cukup supaya dapat mempertahankan sirkulasi.

Tjasyono, (2004) menyebutkan pertumbuhan badai tropis pada umumnya dibagi menjadi tiga tahap. Tahap lahir ditandai oleh susunan awan yang nisbi acak dan garis badai yang berkaitan dengan gerak gangguan angin timuran. Tahap dewasa yang ditandai dengan adanya sirkulasi rotasi yang kuat dengan kondisi simetris dan pola awan teratur disertai mata siklon yang ber-tekanan

rendah. Tahap mati ditandai oleh sirkulasi yang makin melebar sehingga ukuran dan bentuknya menjadi tidak simetris. Pada belahan bumi utara umur siklon tropis rata-rata selama 6 hari dan 5 hari pada belahan bumi selatan (Asrianti *et al.*, 2013).

Siklon tropis menyebabkan meningkatnya intensitas curah hujan dan angin kencang yang bersifat merusak. Telah banyak kajian pengaruh siklon tropis terhadap perubahan kondisi cuaca yang bersifat merusak (*destruktif*). Siklon tropis yang melewati daratan dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur baik berupa sarana umum, angkutan, bangunan, jembatan dan sebagainya. Sedangkan siklon tropis yang terjadi di perairan terbuka dapat menyebabkan ombak besar, hujan lebat, dan banjir di daerah pesisir. Dampak curah hujan yang terjadi di wilayah Indonesia biasanya merupakan akibat dari ekor siklon atau pemencaran awan pada tahap pembentukan siklon (Widiani, 2012).

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 nutrisi ke lapisan permukaan. Tingginya intensitas hujan mengakibatkan masuknya 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 me-ningkatkan 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.

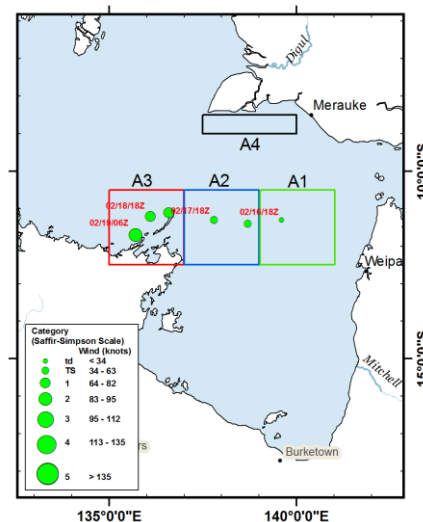
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesuburan perairan di perairan Laut Arafura dan sekitarnya pasca terjadinya badai tropis LAM yang menerjang pantai Queensland Australia pada tanggal 19 Februari 2015. Siklon tropis Lam merupakan yang terkuat melanda wilayah laut Australian bagian Utara sejak dilanda siklon tropis Monica tahun 2006. Siklon ini mulai terbentuk di Tanjung Cape York dan memasuki Teluk Carpentaria sebelah timur yang juga berbatasan dengan Laut Arafura. Secara intensif berkembang semakin kuat dan membentuk mata siklon pada tanggal 18 Februari 2015. Selanjutnya mencapai kecepatan angin maksimum sekitar 185 km/jam pada tanggal 19 Februari 2015. Tingginya kece-

patan angin yang dihasilkan membuat siklon tropis LAM masuk ke dalam kategori 4 dan melemah setelah enam jam pindah ke darat (<http://www.bom.gov.au/-announcements/sevwx/nt/nttc20150217.shtml>).

METODE

Data Siklon Tropis LAM

Data lintasan siklon tropis LAM berdasarkan data dari *Joint Typhoon Warning Center* (JTWC) yang dapat diakses melalui layanan *website Unisys Weather* (http://weather.unisys.com/hurricane/s_pacific/2015/index.php). Informasi mengenai lokasi diperoleh setiap 6 jam disimbolkan dengan lingkaran sedangkan kecepatan angin dan kategori siklon disimbolkan dengan ukuran lingkaran (1 knot = 0,514 m/s, waktu dalam *Coordinated Universal Time-UTC*).



Gambar 1. Lokasi penelitian, lintasan dan karakteristik siklon tropis LAM

Data Satelit

Analisis variasi spasial dan temporal kecepatan angin sebelum dan pada saat terjadinya siklon tropis LAM menggunakan data komposit harian *Advanced Scatterometer* (ASCAT) METOP yang memiliki

resolusi 0,25 derajat. Data tersebut diperoleh dari ERDDAP server (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdQAwind1day.html>). Nilai kecepatan dan arah angin pada ketinggian 10 meter dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{wind_speed} = \sqrt{x_wind^2 + y_wind^2}$$

$$\text{wind_direction} = 90 - \left(\left(\frac{180}{\pi} \right) * \text{ATAN2} \left(\frac{x_wind}{y_wind} \right) \right)$$

Analisis variasi spasial dan temporal suhu permukaan laut sebelum dan pada saat terjadinya siklon tropis LAM menggunakan data komposit harian *Global High Resolution Sea Surface Temperature* (GHR SST) level 4 hasil optimum interpolasi data sensor *microwave* (*Advanced Microwave Scanning Radiometer-AMSR* dan *Tropical Rainfall Measuring Mission Microwave Imager-TMI*) dan sensor *infrared* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer-MODIS*). Data tersebut tersedia secara online di *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center* (PO.DAAC) dan dapat diunduh melalui portal <http://podaac.jpl.nasa.gov/> dengan resolusi spasial 0,083 derajat.

Peningkatan kesuburan perairan diindikasikan oleh nilai konsentrasi klorofil-a pada perairan. Konsentrasi klorofil-a menggunakan data komposit 8 harian dan komposit bulanan dari sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer-MODIS* level 3 yang memiliki resolusi spasial 4 km. Data tersebut tersedia secara online di *website NASA Ocean Biology Processing Group* (<http://ocean-data.sci.gsfc.nasa.gov/>).

Analisis pengaruh siklon tropis terhadap kondisi perairan dan kesuburan perairan berdasarkan dari nilai rata-rata suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a pada 4 area utama (Gambar 1) yaitu daerah awal munculnya siklon (A1), daerah siklon kategori 1 (A2), daerah siklon kategori 2 (A3) dan pesisir selatan Papua (A4).

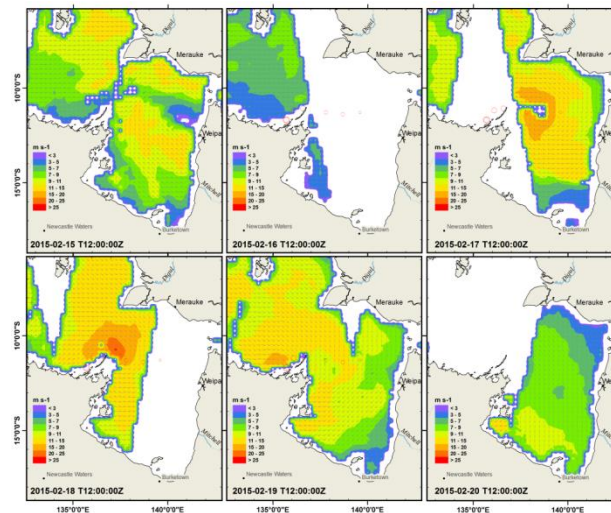
HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi Angin

Siklon tropis LAM dikategorikan dalam siklon kategori 2 berdasarkan skala

Saffir-Simpson dan berlangsung selama 5 hari. Berdasarkan data kecepatan angin dari satelit ASCAT-METOP memperlihatkan siklon tropis LAM mulai terbentuk pada tanggal 15 Februari 2015 di sebelah barat Weipa. Kecepatan angin yang tinggi terjadi di perairan Laut Arafura, selatan Merauke dan Teluk Carpentaria hingga mencapai kisaran 11-15 m/s dan mengalami pergerakan ke arah barat menuju ke Tanjung Cape York. Dua hari kemudian pada tanggal 17 Februari 2015 pusat siklon bergerak dengan kecepatan angin mencapai kisaran 15-20 m/s di sekitar pusat siklon. Siklon menerjang perairan Tanjung Cape York pada tanggal 18 Februari 2015 dengan kecepatan angin mencapai kisaran 20-25 m/s. Kecepatan angin yang tinggi terjadi hampir di seluruh perairan laut Arafura dan Teluk Carpentaria hingga mencapai kisaran 11-15 m/s. Sehari setelahnya siklon dikategorikan sebagai siklon tropis kategori 2 dan mulai menerjang wilayah pesisir dan daratan di sekitarnya, namun kecepatan angin masih cukup tinggi di perairan yang dilalui oleh siklon. Pada tanggal 20 Februari 2015 kecepatan angin mulai menurun pada kisaran 7-9 m/s. Variasi spasial dan temporal kecepatan angin sebelum dan selama siklon tropis LAM selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Angin menjadi faktor yang dapat memicu terjadinya ekman *pumping* yang selanjutnya menimbulkan fenomena *upwelling* atau *downwelling* dan pengadukan vertikal. Pada saat terjadi siklon tropis kecepatan angin biasanya meningkat pada daerah lintasan siklon. Namun pada pusat siklon kecepatan angin cenderung lemah. Kecepatan angin pada pusat siklon tropis LAM kurang dari 3 m/s.



Gambar 2. Variasi harian kecepatan angin (m/s) dari sensor *Advanced Scatterometer* – METOP

Siklon dapat memicu terjadinya peningkatan pada kondisi kecepatan angin yang tinggi dan pergerakan arus yang lambat (Zhao et al., 2008). Pada umumnya kecepatan angin yang tinggi justru terjadi pada area yang berjarak 20-30 mil dari pusat siklon. Siklon tropis LAM memiliki kecepatan angin maksimum sekitar 185 km/jam dan tekanan udara terendah sebesar 943 hPa.

Variasi Suhu Permukaan Laut

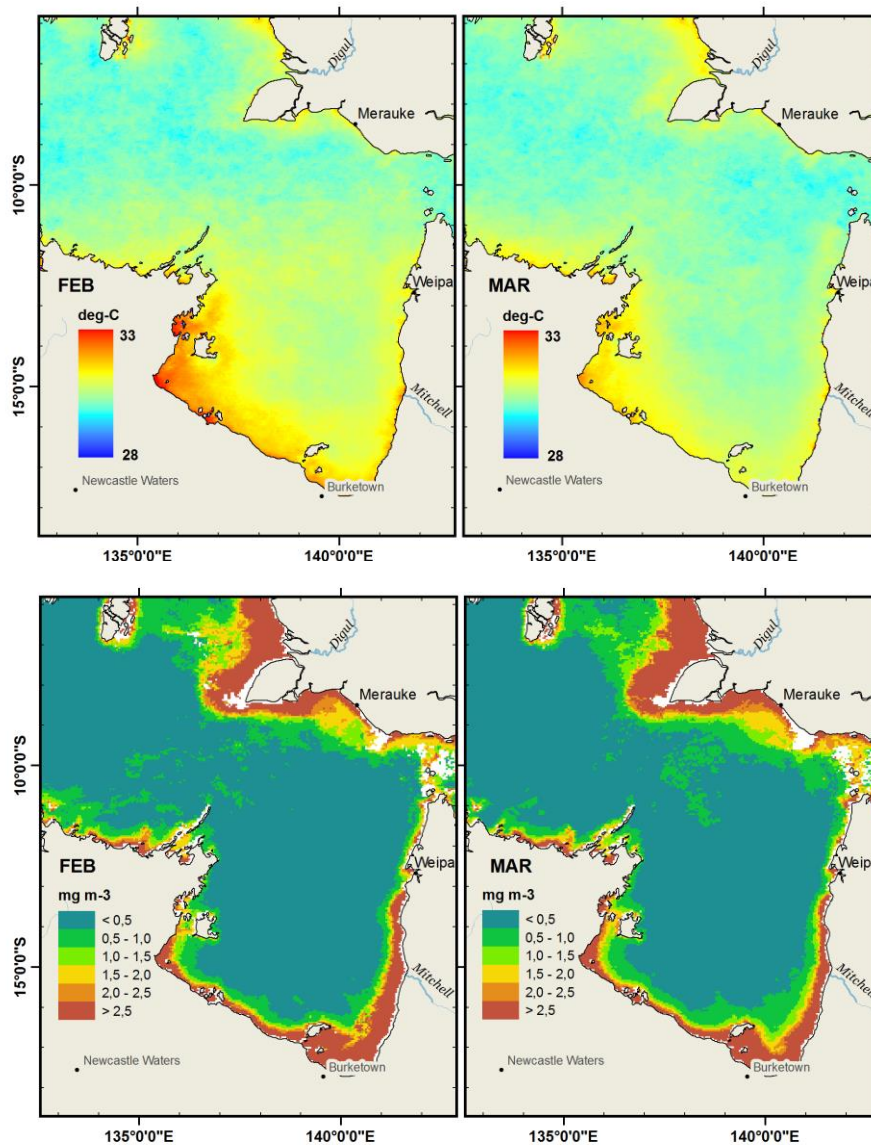
Kondisi suhu permukaan laut bulan Februari klimatologis di Laut Arafura dan Teluk Carpentaria cenderung lebih hangat dibandingkan pada bulan April (Gambar 3). Data komposit bulanan klimatologi selama kurun waktu 12 tahun memperlihatkan suhu yang tinggi di daerah pesisir dan perairan Teluk Carpentaria pada bulan Februari. Pada bagian Teluk Carpentaria yang menjadi lintasan siklon tropis LAM cenderung hangat berkisar antara 30-31°C. Sedangkan suhu yang lebih dingin menyebar di bagian tengah perairan Laut Arafura pada kisaran antara 29-30°C. Memasuki bulan Maret suhu perairan mengalami penurunan seiring masukannya massa air dari perairan Laut Coral yang bergerak ke arah barat. Suhu perairan Teluk Carpen-

taria cenderung lebih dingin dibandingkan daerah sekitar pesisir dengan kisaran antara 29,5-30°C. Namun suhu yang hangat masih terlihat di pesisir Teluk Carpentaria dan sekitar pesisir P. Papua.

Analisis *time series* suhu permukaan laut sebelum dan saat terjadinya siklon tropis LAM diperlihatkan pada Gambar 4. Suhu permukaan laut rata-rata sebelum terjadinya siklon tropis LAM sebesar 29,52 °C dengan nilai terendah pada A4 (29,02°C) dan tertinggi pada A1 (29,79 °C) yang merupakan lokasi awal terbentuknya siklon. Seiring dengan perkembangan siklon suhu permukaan laut mengalami penurunan. Penurunan yang signifikan terlihat 2-3 hari pasca dilalui oleh siklon. Penurunan suhu permukaan laut rata-rata pada Area A1, A2 dan A3 secara berurutan yaitu sebesar 0,42°C, 0,60°C, dan 1,14°C. Penurunan suhu yang cukup besar terjadi pada A3 yang merupakan lokasi terjadinya siklon dewasa sebelum bergerak memasuki daratan. Namun tidak halnya dengan A4 yang bukan merupakan lintasan siklon. Suhu permukaan laut rata-rata pada area ini tidak mengalami penurunan yang signifikan, bahkan mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan siklon dari 29,47°C pada tanggal 15

Februari 2015 hingga mencapai $29,51^{\circ}\text{C}$ pada tanggal 18 Februari 2015. Penurunan yang cukup tinggi pada area ini terlihat

pasca terjadinya siklon yaitu tanggal 22 Februari 2015 hingga 2 Maret 2015 pada kisaran antara $28,84$ – $28,98^{\circ}\text{C}$.

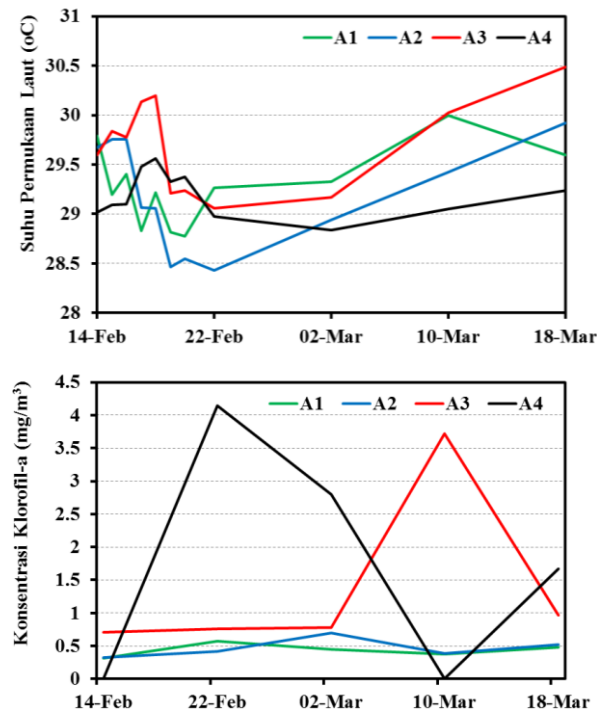


Gambar 3. Komposit bulanan klimatologis suhu permukaan laut ($^{\circ}\text{C}$) dan konsentrasi klorofil-a (mg/m^3) tahun 2003 – 2014 dari Sensor Modis-AQUA

Variasi konsentrasi klorofil-a

Kondisi kesuburan perairan bulan Februari klimatologis di Laut Arafura dan Teluk Carpentaria cenderung lebih rendah dibandingkan pada bulan April (Gambar 3). Data komposit bulanan klimatologi selama kurun waktu 12 tahun memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang tinggi ($> 2 \text{ mg}/\text{m}^3$) terlihat di daerah pesisir

Teluk Carpentaria dan Laut Arafura pada bulan Februari. Sedangkan di bagian tengah perairan Teluk Carpentaria dan Laut Arafura cenderung lebih rendah ($< 0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$). Tingginya nilai konsentrasi klorofil-a menunjukkan adanya masukan nutrisi dan partikel terlarut lainnya pada aliran air sungai.



Gambar 4. Variasi suhu permukaan laut (*GHRSSST*) dan konsentrasi klorofil-a (*MODIS*) pra dan pasca terjadinya siklon tropis LAM pada lokasi pengamatan (A1: Awal munculnya siklon; A2: Siklon kategori 1, A3: Siklon kategori 2, dan A4: Pesisir selatan P. Papua)

Wilayah pesisir selatan P. Papua merupakan muara 5 sungai besar (S. Merauke, S. Mato dan S. Bulaka, S. Kumo, dan S. Bunyake) dan memiliki tingkat kesuburan yang tinggi sepanjang tahun. Memasuki bulan Maret konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan pada beberapa wilayah khususnya di selatan Pulau Yos Sudarso.

Pengaruh siklon tropis terhadap peningkatan kesuburan perairan ditunjukkan oleh hasil analisis *time series* konsentrasi klorofil-a sebelum dan saat terjadinya siklon LAM (Gambar 4). Ketersediaan data harian konsentrasi klorofil-a dari satelit pada area lintasan siklon tidak ada karena tutupan awan yang tinggi sehingga analisis kesuburan perairan menggunakan data komposite 8 harian. Pada A1 dan A2 menunjukkan adanya peningkatan kesuburan selang beberapa hari pasca siklon walaupun tidak terlalu signifikan. Nilai konsentrasi klorofil-a pada A1 secara

berurutan sebelum dan pasca siklon sebesar $0,32 \text{ mg/m}^3$ dan $0,58 \text{ mg/m}^3$. Sedangkan nilai konsentrasi klorofil-a pada A2 secara berurutan sebelum dan pasca siklon sebesar $0,33 \text{ mg/m}^3$ dan $0,69 \text{ mg/m}^3$ dengan jeda waktu yang lebih lama pasca siklon melintas yaitu sekitar 10 harian.

Peningkatan konsentrasi klorofil-a yang tinggi terekam pada A3 dan A4 masing-masing sebesar $3,72 \text{ mg/m}^3$ dan $4,15 \text{ mg/m}^3$. Namun kedua area memiliki respon yang berbeda terhadap terjadinya siklon yang ditunjukkan dengan jeda waktu peningkatan kesuburan pasca melintasnya siklon. Pada A3 yang merupakan pusat siklon dewasa peningkatan klorofil-a terjadi 2 minggu pasca siklon. Sedangkan pada A4 yang memiliki tingkat kesuburan tinggi sepanjang tahun memberikan respon yang lebih cepat. Diduga tiupan angin yang tinggi saat terjadinya siklon menginduksi pergerakan vertikal massa

air di pesisir utara P. Papua tersebut. Tiupan angin yang kencang ke arah timur menyebabkan terjadinya transpor Ekman yang mendorong massa air di wilayah pesisir bergerak menjauhi pantai. Kekosongan massa air di wilayah pesisir akan tergantikan oleh massa air dari lapisan dalam ini menuju kearah permukaan. Umumnya proses *upwelling* dicirikan oleh massa air yang lebih dingin dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi. Menurut Wang et al., (2009) siklon tropis dapat memicu terbentuknya eddy, perubahan kedalaman lapisan termoklin dan pergerakan vertikal massa air yang kaya akan nutrien ke lapisan permukaan. Namun ada kemungkinan sebaliknya dimana terjadi proses *downwelling* pada A4. Penurunan kesuburan perairan akibat proses *downwelling* pada daerah sekitar pesisir selatan P. Papua dapat terjadi mengingat data konsentrasi klorofil pada 14 Februari 2015 dan 10 Maret 2015 tidak ada karena tingginya tutupan awan di area tersebut. Hal ini menyebabkan analisis tidak dapat dilakukan dengan lebih komprehensif.

Pada umumnya peningkatan kesuburan pada lintasan siklon tidak serta merta terjadi pasca melintasnya siklon. Siklon tropis LAM menyebabkan peningkatan konsentrasi klorofil-a yang hingga 5 kali lipat dibandingkan pada saat sebelum terjadinya siklon. Sebelum siklon terekam konsentrasi klorofil-a pada A3 sebesar $0,71 \text{ mg/m}^3$ dan mengalami peningkatan hingga $3,72 \text{ mg/m}^3$ dalam kurun waktu 2 minggu pasca siklon (10 Maret 2015). Hal ini dimungkinkan adanya pengayaan nutrien di daerah pesisir menyusul tingginya curah hujan di daratan. Area A3 terdiri dari beberapa pulau kecil dan menjadi muara beberapa sungai besar di Australia bagian utara. Aliran air dari daratan membawa material terlarut (*river discharge*) yang dimungkinkan terdeteksi oleh sensor MODIS sebagai klorofil-a. Kondisi ini diperkuat dengan nilai konsentrasi klorofil yang relatif stabil

pada saat terjadinya siklon pada kisaran $0,71 \text{ mg/m}^3$ - $0,76 \text{ mg/m}^3$ yang menunjukkan tidak ada peningkatan kesuburan pada saat terjadinya siklon. Hasil penelitian Ye et al., (2013) menunjukkan 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 di Laut Cina Selatan.

SIMPULAN

Suhu permukaan laut mengalami penurunan tertinggi mencapai 1.14°C dalam kurun waktu 2-3 hari pasca siklon tropis LAM, khususnya pada area A3 yang merupakan lokasi terjadinya siklon dewasa sebelum bergerak memasuki daratan. Peningkatan kesuburan perairan terekam pada semua area pengamatan namun dengan respon yang berbeda. Nilai konsentrasi klorofil-a sebelum terjadi siklon berkisar antara $0,71 \text{ mg/m}^3$ - $0,76 \text{ mg/m}^3$ dan mengalami peningkatan hingga 5 kali lipat pada kisaran $3,72 \text{ mg/m}^3$ dan $4,15 \text{ mg/m}^3$. Jeda waktu peningkatan kesuburan bervariasi dari beberapa hari (A1, A2 dan A4) hingga selang 2 minggu (A3) pasca siklon LAM. Adanya pengayaan nutrien di daerah pesisir menyusul tingginya curah hujan di daratan membawa material terlarut (*river discharge*) masuk ke perairan yang dimungkinkan terdeteksi oleh sensor MODIS sebagai klorofil-a. Oleh karena itu diperlukan pengukuran lapangan untuk memastikan tingginya nilai klorofil pada daerah pesisir.

DAFTAR RUJUKAN

- Asrianti P, Bey A, Ilhamsyah Y. 2013. Kajian beberapa karakteristik siklon tropis (kasus topan Choiwan dan

- Nida di lautan Pasifik Utara bagian barat). *Depik*, 2(3): 154-161.
- Bureau of Meteorology. 2015. *Severe Tropical Cyclone Lam Northern Territory Regional Office*. Di akses 8 April 2015, dari <http://www.bom.gov.au/announcements/sevwx/nt/nttc20150217.shtml>
- Haryani NS, Zubaidah A. 2012. Dinamika Siklon Tropis di Asia Tenggara Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Widya*, 29 (324):54-58.
- 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.
- Tjasyono BHK. 2004. *Klimatologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wang G Ling Z, Wang C. 2009. *Influence of tropical cyclones on seasonal ocean circulation in the South China Sea*. *Journal of Geophysical Research* (114):1-9.
- Widiani N. 2012. Identifikasi Kejadian Siklon Tropis di Perairan Sekitar Indonesia dari Observasi Satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) dan Kaitannya dengan Curah Hujan. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian.
- Ye HJ, Sui Y, Tang DL, Afanasyev YD. 2013. *A subsurface chlorophyll a bloom induced by typhoon in the South China Sea*. *Journal of Marine Systems* (128):138-145.
- Zhao H, Tang DL, Wang D. 2009. *Phytoplankton blooms near the Pearl River Estuary induced by Typhoon Nuri*. *Journal of Geophysical Research* (114):1-9.
- Zhao H, Tang DL, Wang Y. 2008. *Comparison of phytoplankton blooms triggered by two typhoons with different intensities and translation speeds in the South China Sea*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, (365):57- 65.