

ANALISIS SPASIAL DAN TEMPORAL KESUBURAN PERAIRAN YANG BERPENGARUH PADA AKTIVITAS KAPAL IKAN DI FISHING GROUND SELATAN ARU DENGAN MENGGUNAKAN CITRA MODIS DAN RADARSAT-2

SPATIAL AND TEMPORAL ANALYSIS OF WATER PRODUCTIVITY AFFECTING ACTIVITIES IN FISHING VESSEL AT SOUTH ARU FISHING GROUND USING MODIS IMAGE AND RADARSAT-2

Dendy Mahabror^{1, 2,*}, Abdul Rohman Zaky^{1, 2}

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Jakarta, Indonesia.

²Infrastructure Development of Space and Oceanography (INDESO), Bali, 82218, Indonesia.

*Corresponding author e-mail: mahabror_dee@yahoo.com

Submitted: 2 September 2016 / Revised: 29 Oktober 2016 / Accepted: 30 Oktober 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.21107/jk.v9i2.1695>

ABSTRACT

Southern Aru waters is a potential fishing areas with abundant fish resources. Fishing boats catch fish by considering the condition of the waters productivity such as upwelling phenomenon through the parameters of sea surface temperatures and an abundance of chlorophyll-a concentration. The use of MODIS imagery can periodically describe the timing and location of upwelling. Variability of sea surface temperature and chlorophyll-a concentration in latitude 7 LS and 7.5 LS, longitude 133.1 - 136 BT showed the phenomenon of upwelling in the east season where sea surface temperature decreased from 30° C to 24° C while the chlorophyll-a concentration increased by an average of 0,3 mg/m³ to 3.61 mg/m³. Downwelling phenomenon took place in the west season where the sea surface temperature in the same latitude range 30° C to be warm with an average concentration of chlorophyll-a <1 mg/m³. The number of fishing vessels operating in the fishing area known using RADARSAT-2 imagery and data VMS were later adapted to capture images of each month at the same location. Based on the spatial and temporal analysis was conducted to determine the distribution of fishing vessels in the eastern summer time high waters productivity where the concentration of chlorophyll-a at the point reached 5:01 mg m³, the number of fishing vessels in operation increased to 150 units/ ay. While in the West season low waters productivity where the concentration of chlorophyll-a at the point of <1 mg/m³ and the number of ships in operation decreased to below 40 units/day. This suggests that the increase in the number of fishing fleets affected by the level of waters productivity or fishing season in the East to Transition II at the southern Aru Islands waters.

Keywords: Chlorophyll-a, Modis, the south of Aru, RADARSAT-2, Sea surface temperature.

ABSTRAK

Perairan selatan Aru merupakan daerah penangkapan ikan yang potensial dengan sumberdaya ikannya yang berlimpah. Kapal-kapal ikan melakukan penangkapan ikan dengan mempertimbangkan kondisi kesuburan perairan yaitu fenomena upwelling melalui parameter suhu permukaan laut dan kelimpahan konsentrasi klorofil-a. Penggunaan citra MODIS secara periodik dapat menggambarkan waktu dan lokasi upwelling. Variabilitas suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a di lintang 7 LS dan 7.5 LS, bujur 133.1 – 136 BT menunjukkan fenomena upwelling pada musim Timur dimana suhu permukaan laut menurun dari 30°C hingga 24 °C sedangkan konsentrasi klorofil-a rata-rata meningkat dari 0,3mg/m³ hingga 3.61 mg/m³. Sebaliknya fenomena downwelling terjadi di musim Barat dimana suhu permukaan laut di lintang yang sama menjadi hangat berkisar 30°C dengan konsentrasi rata-rata klorofil-a <1 mg/m³. Jumlah kapal ikan yang beroperasi di daerah penangkapan diketahui dengan menggunakan citra Radarsat-2 dan data VMS yang disesuaikan dengan waktu pengambilan citra di setiap bulannya dengan lokasi yang sama. Berdasarkan analisis spasial dan temporal dimana konsentrasi klorofil-a di titik penangkapan mencapai 5.01 mg/m³ terjadi peningkatan jumlah kapal ikan yang beroperasi hingga 150 unit/hari. Sedangkan pada musim Barat kesuburan perairan rendah dimana konsentrasi klorofil-a di titik

penangkapan $<1 \text{ mg/m}^3$ dan jumlah kapal yang beroperasi mengalami penurunan hingga dibawah 40 unit/hari. Hal ini menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah armada kapal ikan dipengaruhi oleh tingkat kesuburan perairan atau musim tangkap pada musim Timur hingga musim Peralihan II di perairan selatan Kepulauan Aru.

Kata Kunci: Klorofil-a, Modis, perairan selatan Aru, Radarsat-2, suhu permukaan laut.

PENDAHULUAN

Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 718 yang meliputi perairan Aru merupakan salah satu tujuan utama daerah penangkapan udang dan ikan di Indonesia. Estimasi potensi sumberdaya ikan di WPPNRI 718 mencapai 13% dari potensi sumberdaya ikan laut nasional. Udang dan ikan demersal memiliki kontribusi terhadap produksi perikanan laut nasional masing-masing sekitar 45% dan 20%. Udang dan ikan demersal telah lama menjadi sasaran utama kegiatan penangkapan ikan oleh armada perikanan yang beroperasi (Kepmen KP No 54 Tahun 2014).

Perairan Indonesia yang dipengaruhi oleh sistem pola angin muson memiliki pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi antara musim, di samping itu pula juga dipengaruhi oleh massa air Lautan Pasifik yang melintasi perairan Indonesia menuju Lautan Hindia melalui sistem arus lintas Indonesia (Arlindo). Pada musim barat massa air umumnya mengalir ke arah timur perairan Indonesia, dan sebaliknya ketika musim timur suplai massa air yang berasal dari daerah *upwelling* perairan Banda akan mengalir menuju perairan Indonesia bagian barat (Wyrтки, 1961). Perbedaan suplai massa air tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap kondisi perairan yang akhirnya mempengaruhi tinggi rendahnya produktivitas perairan salah satunya perairan Aru. Perubahan kondisi suatu massa air itu sendiri dapat diketahui dengan melihat sifat-sifat massa air meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan kandungan nutrisi (Tish *et al.*, 1992).

Saat ini, perairan tersebut merupakan salah satu daerah utama penangkapan ikan demersal di Indonesia, dimana dalam 3 dekade terakhir perkembangan upaya pemanfaatan sumberdaya ikan di perairan Aru semakin meningkat yang ditandai dengan meningkatnya jumlah perusahaan dan armada perikanan yang beroperasi di perairan tersebut. Meningkatnya jumlah

armada perikanan mengindikasikan bahwa perairan Aru merupakan daerah penangkapan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Keberhasilan dalam usaha penangkapan ikan ditentukan oleh ketepatan dalam menentukan daerah penangkapan ikan. Daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) adalah suatu daerah perairan dimana diharapkan ikan yang menjadi sasaran penangkapan tertangkap dalam jumlah yang optimal. Pengetahuan terhadap lokasi penangkapan ikan yang potensial akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi penangkapan ikan.

Salah satu cara yang efektif dalam penentuan *fishing ground* yaitu dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra MODIS. Beberapa parameter yang diperlukan dalam penentuan daerah tersebut diantaranya, suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a permukaan. Informasi sebaran SPL dapat diidentifikasi sebagai daerah *upwelling* dan *thermal front* yang merupakan daerah potensi perikanan (Simbolon *et al.*, 2013). *Upwelling* merupakan peristiwa naiknya air dari dasar laut ke permukaan sebagai perbedaan gradien suhu. Pada daerah tersebut biasanya terdapat konsentrasi klorofil yang berlimpah yang merupakan makanan ikan dan diduga daerah tersebut terdapat banyak ikan yang disebut daerah *fishing ground* (Simbolon *et al.*, 2011).

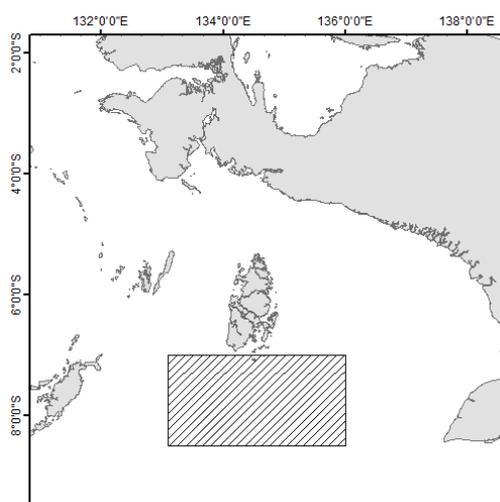
Analisis pola sebaran kapal ikan dan nilai suhu permukaan laut serta konsentrasi klorofil-a permukaan menghasilkan informasi zona potensi penangkapan ikan yang selanjutnya dapat diaplikasikan sebagai acuan bagi nelayan dalam operasi penangkapan ikan. Informasi *fishing ground* dapat digunakan untuk aktivitas penangkapan ikan secara spasial dan temporal. Pemantauan aktivitas penangkapan ikan di titik *fishing ground* dapat diindikasikan dengan melakukan deteksi kapal ikan melalui citra Radarsat-2 dan *Vessel Monitoring System* (VMS).

Satelit Radarsat-2 adalah satelit dengan sensor aktif yang dapat beroperasi pada siang dan malam sehingga sangat sesuai untuk mengetahui sebaran kapal ikan secara spasial maupun temporal di perairan yang menjadi area penangkapan. Sedangkan VMS menurut Per. 05/MEN/2007 tentang penyelenggaraan sistem pemantauan kapal perikanan adalah sistem pemantauan kapal perikanan dimana setiap kapal perikanan diatas 30 GT wajib memasang *transmitter* yang memberikan informasi posisi dan kecepatan kapal sehingga dapat dipantau secara terpusat.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui variabilitas suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a dalam penentuan daerah *upwelling* serta mengetahui karakteristik parameter oseanografi daerah operasi penangkapan ikan dan sebaran kapal ikan yang beroperasi di perairan selatan Aru.

MATERI DAN METODE

Lokasi kajian berada di perairan selatan Aru dengan batasan koordinat 133,1 BT – 136 BT dan 7 LS – 8,5 LS (gambar 1 daerah yang diarsir). Batasan area kajian ini didasari oleh ketersediaan data citra MODIS harian level-2, Radarsat-2 dan VMS. Selanjutnya dilakukan kajian bahwa area tersebut merupakan titik daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) yang berpotensi sebagai daerah terbentuknya *upwelling* berdasarkan musim.



Gambar 1. Lokasi kajian di perairan Aru.

Penentuan daerah tersebut tentunya didasari dengan sebaran suhu permukaan laut yang

merupakan salah satu parameter untuk mengetahui terjadinya proses *upwelling* di suatu perairan (Birowo dan Arief, 1983). Pada proses *upwelling* ini terjadi penurunan suhu permukaan laut yang diikuti dengan tingginya kandungan zat hara dibandingkan dengan daerah sekitarnya.

Data yang digunakan pada kajian ini terdiri dari citra MODIS, citra Radarsat-2 dan data VMS (*Vessel Monitoring System*) periode Maret 2015 hingga Februari 2016. Pengolahan citra Radarsat-2 dilakukan untuk mendapatkan sebaran kapal ikan dengan melakukan deteksi sebaran kapal ikan secara dimensi dan posisi untuk kemudian dilakukan *overlay* dan validasi dimensi dan posisi kapal ikan menggunakan data VMS. Selain itu, data VMS digunakan untuk melengkapi kekosongan data kapal ikan yang bersumber dari deteksi kapal ikan citra Radarsat-2 di daerah kajian.

Pengolahan citra MODIS baik SPL maupun klorofil-a meliputi *masking* awan dan daratan, ekstraksi nilai parameter, *clipping* area kajian, dan komposit citra harian menjadi 7 harian. Selanjutnya dilakukan garis transek di lintang 7 LS dan 7.5 LS di bujur 133.1-136 BT. Ekstraksi piksel dilakukan berdasarkan garis transek tersebut dan juga titik sebaran kapal ikan untuk menggambarkan variabilitas masing-masing parameter secara umum di lokasi kajian dan secara khusus di titik penangkapan. Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata nilai SPL dan klorofil-a di titik-titik tersebut. Nilai rata-rata SPL dan klorofil-a diperoleh dengan rumus (Amri dkk, 2013):

$$X_{mean} = \sum X/n \quad (1)$$

X = nilai SPL/klorofil-a

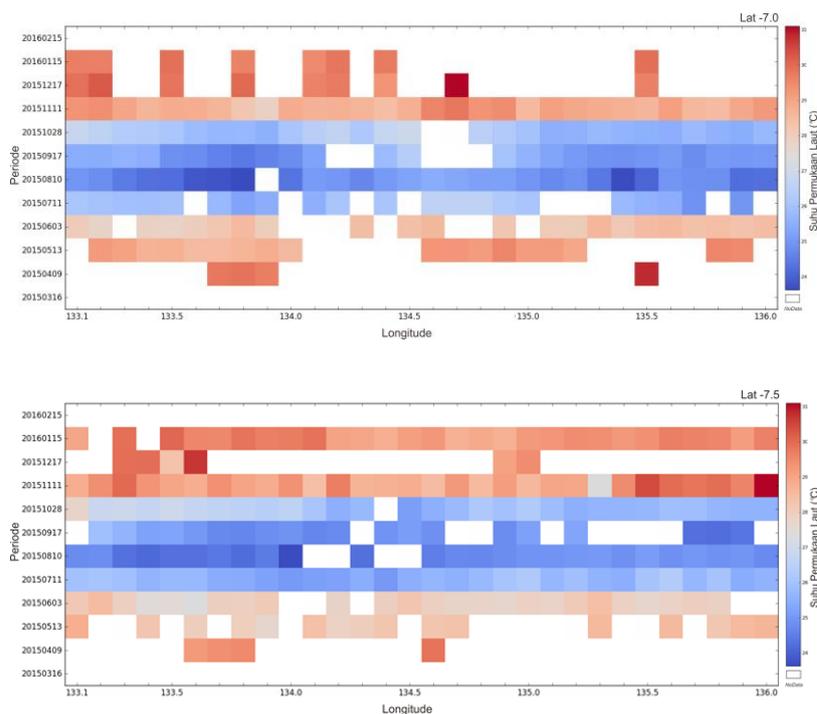
n = jumlah piksel SPL/ klorofil-a

Analisis data menggunakan komputer dengan sistem operasi *Windows 7* beserta perlengkapannya. Perangkat lunak berupa *software SEADAS 7.2*, *Arcgis 10.1*, dan *python 2.7* untuk pengolahan citra MODIS, dan *software Sartool* untuk deteksi sebaran kapal ikan pada citra Radarsat-2. Adapun metode yang digunakan dalam kajian ini yaitu analisis spasial dan temporal dengan penyajian data secara deskriptif menggunakan diagram, grafik, dan peta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi mengenai variabilitas spasial dan temporal pada parameter SPL dan konsentrasi klorofil-a memiliki peranan penting dalam identifikasi daerah potensi ikan. Citra MODIS secara periodik dengan minimal periode 1 tahun diperlukan untuk mengetahui dan menggambarkan variabilitas SPL dan konsentrasi klorofil-a baik secara spasial maupun temporal dalam penentuan daerah *upwelling*. Pada gambar 2 menunjukkan bahwa terjadi tren penurunan SPL dimulai pada bulan Juni hingga bulan Agustus (Musim Timur) yang mencapai 24°C. Sedangkan pada bulan September secara gradual SPL meningkat walaupun masih dalam kisaran 26°C. Sedangkan pada musim Barat SPL menjadi hangat yang mana diketahui nilai SPL mencapai 28°C hingga 30°C. Perairan yang cenderung dingin di musim Timur akan berdampak pada kondisi konsentrasi klorofil-a (gambar 3).

Variabilitas konsentrasi klorofil-a pada garis transek (7 LS dan 7.5 LS di bujur 133.1 – 136 BT) selama periode kajian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi klorofil-a lebih tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan sebelum dan sesudahnya (gambar 3). Nilai konsentrasi klorofil-a rata-rata di bulan Agustus berkisar 3,14 mg/m³ dengan nilai maksimum sebesar 8.71 mg/m³ dan di bulan September nilai rata-rata konsentrasinya sedikit lebih tinggi berada di kisaran 3,61 mg/m³ dengan nilai maksimum mencapai 9,32 mg/m³. Pada musim Barat nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a menurun drastis hingga 0,3 mg/m³ dengan nilai maksimum 1.0 mg/m³. Variabilitas SPL dan konsentrasi klorofil-a di garis transek tersebut menunjukkan bahwa adanya anomali yang signifikan di perairan selatan Aru dimana penurunan nilai SPL musim timur mencapai 4°C sedangkan peningkatan konsentrasi klorofil-a di musim ini mencapai 8 mg/m³.



Gambar 2. Variabilitas suhu permukaan laut di lintang 7 LS dan 7.5 LS di bujur 133.1 – 136 BT selama periode kajian.

Ikan adalah hewan berdarah dingin yang suhu tubuhnya selalu menyesuaikan dengan suhu sekitarnya (Reddy, 1993). Selanjutnya dikatakan pula bahwa ikan memiliki kemampuan untuk mengenali dan memilih kisaran suhu tertentu yang memberikan kesempatan untuk melakukan aktivitas

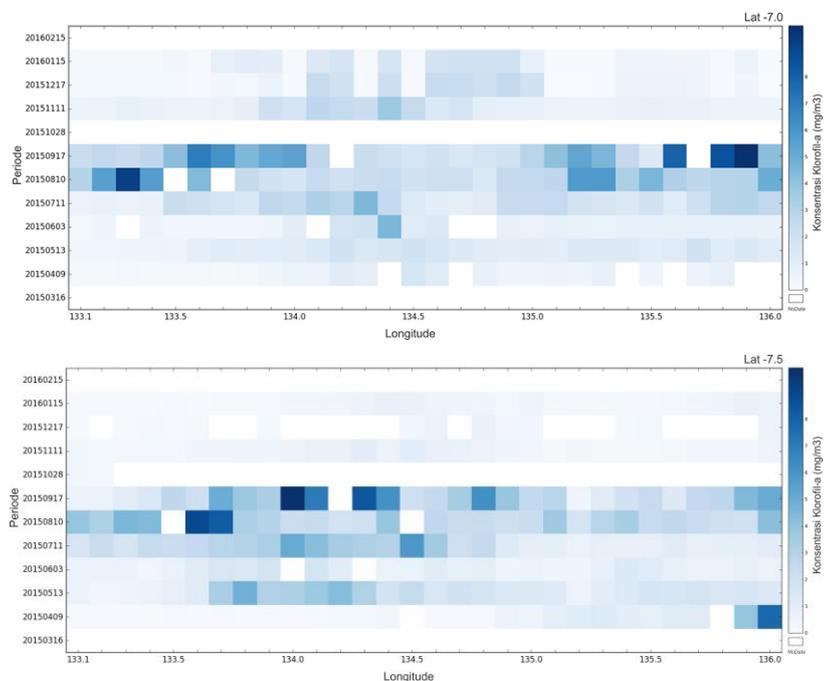
secara maksimum dan pada akhirnya mempengaruhi kelimpahan dan distribusinya. Untuk mengetahui kondisi SPL di titik aktivitas penangkapan periode Maret 2015 - Februari 2016 maka dilakukan ekstraksi piksel di setiap titik aktivitas penangkapan. Pada bulan Maret 2015 dan

bulan Februari 2016 tidak tersedia data SPL dikarenakan banyaknya tutupan awan di bulan tersebut. Sedangkan pada bulan April 2015 - Januari 2016 terlihat adanya perubahan SPL (gambar 4).

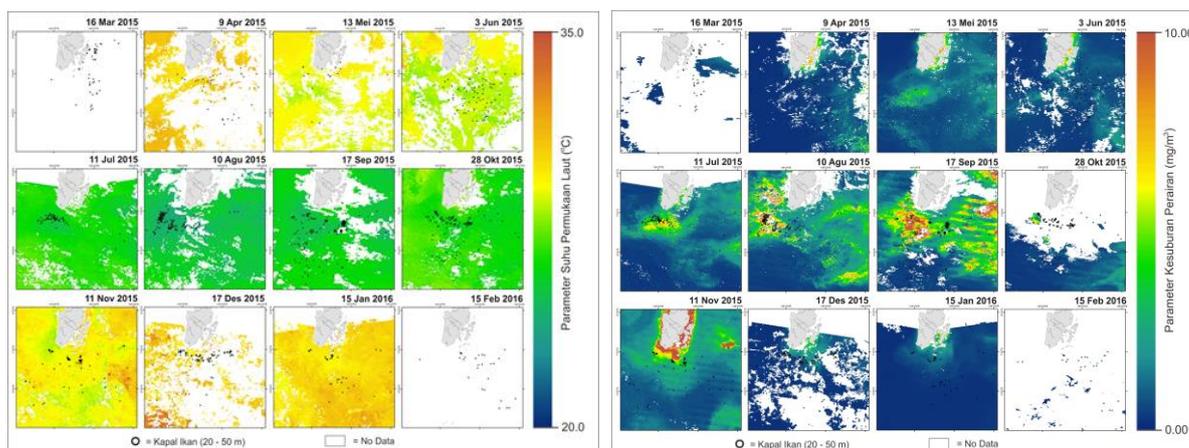
Berdasarkan citra MODIS yang difokuskan pada titik operasional kapal dapat diketahui bahwa nilai SPL rata-rata di titik aktivitas penangkapan ikan di bulan April 2015 berkisar 30°C dan di bulan Mei 2015 menurun di kisaran 28,7°C, sedangkan untuk nilai SPL di bulan Juni dan Juli masih terjadi tren penurunan nilai SPL (28,2 °C - 25,4°C). Pada bulan Agustus nilai SPL semakin turun menjadi 24,2°C dimana merupakan nilai SPL terendah sebelum kembali meningkat di bulan September di kisaran 25,1°C. Nilai SPL terus mengalami tren peningkatan di bulan berikutnya dimana sejak bulan Oktober didapatkan nilai SPL di kisaran 25,9 °C dan terus meningkat mencapai 29,6 °C di bulan Januari. Data *time series* SPL selama 1 tahun menunjukkan adanya tren penurunan SPL yang dimulai pada bulan Mei atau di penghujung berakhirnya musim peralihan I menuju ke musim timur dimana nilai SPL menjadi lebih dingin (24,07 °C) di bulan Agustus sehingga menjadi salah satu faktor pemicu munculnya *upwelling* (gambar 5).

Suhu permukaan laut Indonesia berkisar 28 °C-31 °C, akan tetapi pada saat *upwelling* suhu dapat turun hingga 25 °C, hal ini disebabkan karena massa air dingin dari lapisan bawah terangkat ke lapisan atas (Amri dkk, 2013). Jika dilihat dari citra MODIS (gambar 4) dapat disimpulkan bahwa pada musim timur terdapat fenomena *upwelling* yang disebabkan massa air dingin sehingga nilai SPL menurun hingga mencapai 24 °C dan untuk membuktikan terjadinya fenomena tersebut maka penulis akan membandingkan nilai SPL dengan nilai konsentrasi klorofil-a di musim yang sama.

Klorofil-a merupakan faktor biologis yang mempengaruhi tingkat kesuburan perairan. Faktor biologis ini merupakan zat hijau daun yang terdapat di seluruh organisme fitoplankton dan mampu melakukan fotosintesis (Nontji, 1993). Sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan sangat tergantung pada konsentrasi nutrisi. Jumlah klorofil-a yang ada di perairan laut umumnya dapat dilihat dari jumlah fitoplankton sebagai produsen primer yang mana merupakan pangkal rantai makanan di perairan tersebut. Untuk itu parameter klorofil-a sangat penting untuk diketahui dalam menentukan musim tangkap.



Gambar 3. Variabilitas konsentrasi klorofil-a di lintang 7 LS dan 7.5 LS di bujur 133.1 – 136 BT selama periode kajian.



Gambar 4. Sebaran titik operasi penangkapan ikan terhadap parameter kesuburan perairan dan suhu permukaan laut di perairan Aru selama periode kajian.

Hasil komposit 7 harian citra MODIS parameter konsentrasi klorofil-a di titik penangkapan periode Maret 2015 - Februari 2016 didapatkan nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a berdasarkan musim, yaitu musim barat, peralihan I, musim timur dan peralihan II. Pada peralihan I (April) nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a berkisar 0,44 mg/m³ dan terjadi peningkatan hingga 1,09 mg/m³ di bulan Mei. Pada musim timur (Juni) nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a menjadi 0,622 mg/m³. Hal ini berarti terjadi penurunan nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a sebesar 0.468 mg/m³ dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Namun memasuki bulan Juli dan Agustus, nilai konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan yang signifikan yaitu mencapai 3.06 mg/m³ di bulan Juli dan 5,01 mg/m³ di bulan Agustus. Adapun memasuki musim peralihan II (September) nilai konsentrasi klorofil-a mengalami penurunan secara gradual dimana nilai konsentrasinya mencapai 3,03 mg/m³ dan terus menurun hingga bulan November di kisaran 0,88 mg/m³ (gambar 6).

Pada musim Barat (Desember) nilai konsentrasi klorofil-a tetap mengalami penurunan hingga berada di kisaran 0,1 mg/m³ dan relatif stabil kembali hingga bulan Februari. Pergantian musim mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi hidrologi perairan, dimana pada musim timur (Juni-September) menyebabkan terjadinya *upwelling* dan di musim barat (Desember-Maret) terjadi *downwelling* (Nybakken, 1992). Hasil analisis citra MODIS menunjukkan bahwa di bulan Juni – Agustus 2015 terjadi peningkatan konsentrasi klorofil-a sedangkan

di penghujung akhir tahun di musim barat konsentrasi klorofil-a hanya berada di kisaran 0,1 mg/m³.

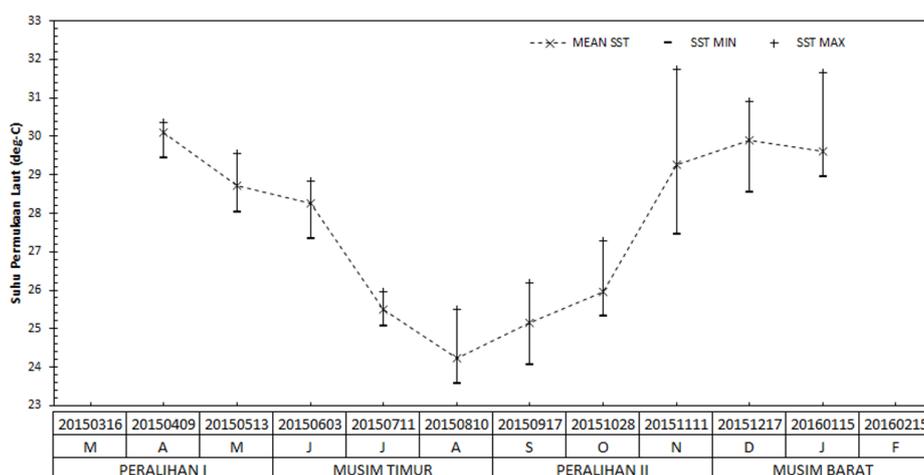
Terjadinya fenomena *upwelling* diindikasikan dengan penurunan suhu permukaan laut dan tingginya kandungan zat hara daerah tersebut dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Tingginya kadar zat hara tersebut merangsang perkembangan fitoplankton di permukaan. Perkembangan fitoplankton sangat erat kaitannya dengan tingkat kesuburan perairan, maka proses air naik selalu dihubungkan dengan meningkatnya produktivitas primer di suatu perairan dan selalu diikuti dengan meningkatnya populasi ikan di perairan tersebut atau juga dapat disebut dengan *fishing ground*.

Peningkatan populasi ikan di suatu perairan pada musim tertentu akan diikuti jumlah armada kapal ikan untuk mendekati titik tersebut dan melakukan aktivitas penangkapan dengan sebanyak mungkin. Peningkatan aktivitas penangkapan tersebut dapat diketahui dengan melakukan analisis sebaran kapal yang bersumber dari citra Radarsat-2 dan data VMS sehingga dapat diketahui peningkatan jumlah armada kapal ikan di suatu titik pada kondisi *upwelling*.

Hasil *overlay* (gambar 7) nilai rata-rata SPL dan konsentrasi klorofil-a pada musim Timur (Juli-Agustus) menunjukkan bahwa nilai rata-rata SPL mengalami penurunan di kisaran 25 - 24°C, namun sebaliknya nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan di kisaran 3,06 - 5,01 mg/m³. Hal ini menunjukkan bahwa pada 2 bulan tersebut

merupakan puncak *upwelling*. Penurunan SPL dan meningkatnya konsentrasi klorofil-a secara umum mulai dapat terlihat ketika memasuki musim Timur (Juni) dan secara gradual *upwelling* berkurang pada musim peralihan II (Oktober) dimana SPL kembali mengalami peningkatan sedangkan

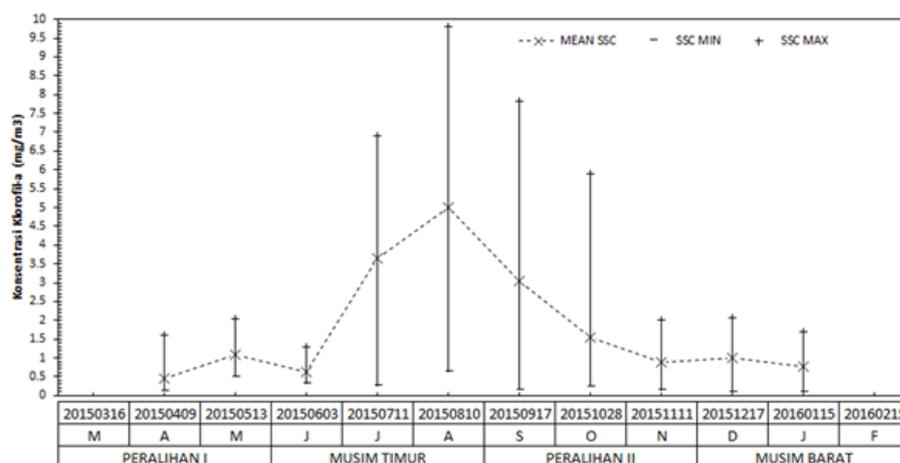
konsentrasi klorofil-a mengalami penurunan. Tren terjadinya *downwelling* mulai terlihat setelah memasuki bulan November dan puncaknya terjadi pada musim Barat (Desember-Maret) dimana nilai SPL meningkat $>29^{\circ}\text{C}$ sedangkan konsentrasi klorofil-a $<1\text{ mg/m}^3$.



Gambar 5. Karakteristik suhu permukaan laut ($^{\circ}\text{C}$) di titik operasi penangkapan ikan di perairan Selatan Aru selama periode kajian.

Fenomena *upwelling* dan *downwelling* dapat menjadi indikator musim tangkap dan musim paceklik. Hal tersebut akan terlihat dari jumlah armada kapal ikan yang beroperasi di suatu perairan. Jumlah kapal ikan yang beroperasi pada satu waktu di musim tangkap dan paceklik dapat diketahui dengan

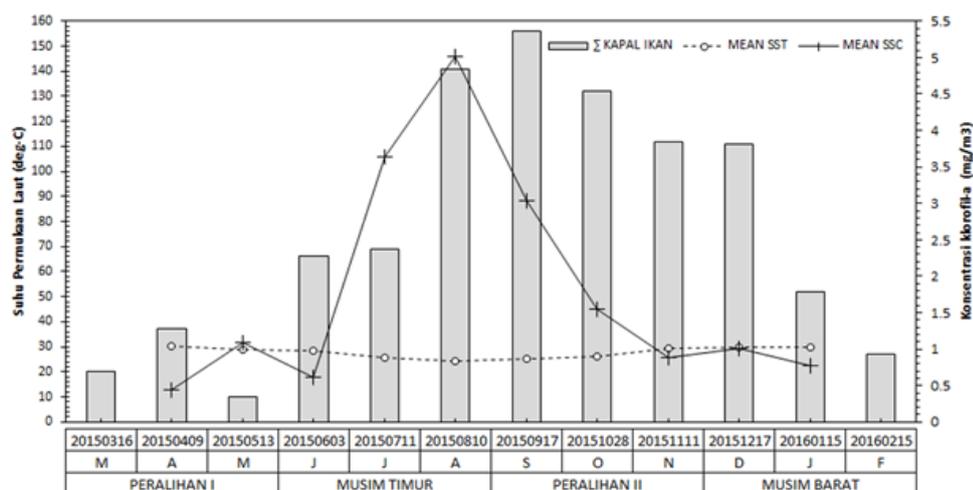
dilakukan deteksi kapal ikan menggunakan citra Radarsat-2 dan VMS sehingga dapat diketahui sebaran kapal ikan dengan asumsi satu waktu atau satu hari penangkapan di setiap bulannya.. Deteksi dan penentuan kapal ikan dilakukan dengan klasifikasi panjang dimensi kapal berukuran 20 - 50 m.



Gambar 6. Karakteristik konsentrasi klorofil-a (mg/m^3) di titik operasi penangkapan ikan di perairan Selatan Aru selama periode kajian.

Jumlah sebaran kapal ikan pada musim Timur dan musim Peralihan II lebih banyak dibandingkan pada musim Barat dan musim Peralihan I (gambar 7). Citra Radarsat-2 dan VMS menunjukkan posisi kapal ikan melakukan penangkapan di daerah *upwelling* khususnya di bulan Juli-September. Data sampling pada musim peralihan I (Maret-Mei) menunjukkan bahwa jumlah kapal yang beroperasi di lokasi kajian tidak lebih dari 40 unit/hari. Memasuki musim Timur hingga

peralihan II (Juli-September), hasil deteksi kapal ikan yang beroperasi mulai meningkat sebanyak 60-150 unit/hari. Data jumlah kapal ini menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan secara signifikan di musim Timur hingga 4 kali lipat dibandingkan dengan musim peralihan I. Sedangkan untuk bulan Oktober-Desember jumlah kapal ikan menurun secara gradual dan kembali di titik terendah pada bulan Januari hingga Februari.



Gambar 7. Kondisi konsentrasi klorofil-a (mg/m^3) dan suhu permukaan laut ($^{\circ}\text{C}$) rata-rata di titik operasi penangkapan ikan dan jumlah kapal ikan di perairan Selatan Aru selama periode kajian.

Berdasarkan data SPL, konsentrasi klorofil-a, dan sebaran kapal ikan menunjukkan bahwa pola aktivitas penangkapan di perairan selatan Aru sangat dipengaruhi oleh tingkat kesuburan perairan. Fenomena *upwelling* yang terjadi di Musim Timur merupakan musim tangkap dan fenomena *downwelling* di musim Barat merupakan musim paceklik bagi nelayan dan industri perikanan yang memiliki ijin beroperasi di sekitar perairan tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kondisi SPL dan konsentrasi klorofil-a perairan selatan Aru menunjukkan adanya anomali selama musim Timur dan awal peralihan II (Juli-September). Hal ini diindikasikan sebagai terbentuknya fenomena *upwelling* dimana terjadi penurunan nilai rata-rata SPL mencapai 24°C diikuti dengan peningkatan nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a $>3 \text{ mg}/\text{m}^3$. Sedangkan fenomena *downwelling* terjadi pada musim Barat dimana nilai rata-rata SPL cenderung hangat berkisar 30°C dengan konsentrasi

rata-rata klorofil-a $<1 \text{ mg}/\text{m}^3$. Pada musim timur saat kesuburan perairan tinggi di titik penangkapan yaitu mencapai $5,01 \text{ mg}/\text{m}^3$, jumlah kapal ikan yang beroperasi >150 unit/hari. Pada musim Barat saat kesuburan perairan rendah dimana konsentrasi klorofil-a $<1 \text{ mg}/\text{m}^3$ di titik penangkapan, jumlah kapal ikan yang beroperasi <40 unit/hari. Secara umum tinggi rendahnya aktivitas penangkapan ikan di perairan selatan Aru mempunyai korelasi dengan tingkat kesuburan perairan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan atas dukungan data *Vessel Monitoring System (VMS)* dan kepada tim operasional radar *Infrastructure Development of Space and Oceanography (INDESO)* atas dukungan pengolahan data sebaran kapal ikan citra Radarsat-2 dalam kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Khairul, Djisman, M., Gaol, J. L., & Baskoro, M. S. (2013). *Karakteristik Suhu Permukaan Laut dan Kejadian Upwelling Fase Indian Ocean Dipole Mode Positif di Barat Sumatera dan Selatan Jawa Barat*. ResearchGate.
- Birowo, S., & Arief, D. (1983). Upwelling di Indonesia dan Suhu Sebagai Salah Satu Parameter Indikator. *Prosiding Seminar Meteorologi Antariksa*. LAPAN. Jakarta.
- Nontji, A. (1993). *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis*. Terjemahan PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Reddy, M. P. M. (1993). Influence of the Various Oceanographic Parameters on the Abundance of Fish Catch. *Proceeding of International Workshop on Application of Satellite Remote Sensing for Identifying and Forecasting Potential Fishing Zones in Developing Countries*. India, 7-11 December 1993.
- Simbolon, D., Silvia, & Prihatin, I. W. (2013). Pendugaan Thermal Front dan upwelling Sebagai Indikator Daerah Potensial Penangkapan Ikan di Perairan Mentawai. *Jurnal Marine Fisheries*, 4(1). IPB. Bogor
- Simbolon, D., Jeujan, B., & Eko, S. W. (2011). Efektifitas Pemanfaatan Rumpon pada Operasi Penangkapan Ikan di Perairan Kei Kecil. *Jurnal Marine Fisheries*, 2(1). IPB. Bogor.
- Schalk, P. H. (1987). Monsoon Related Changes in Zooplankton Biomass in The Eastern Banda Sea and Western Arafura Sea. *Biology Oceanography*, 5, 1-12.
- Tish, T. D., Ramp, S. R., & Collins, C. A. (1992). Observations of The Geostrophic Current and Water Mass Characteristics of Point Sur, California, from May 1988 through November 1989. *J. Geophys. Res*, 97(C8), 12. 355 – 12. 555.
- Wyrtki, K. (1961). *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. Naga Report vol. 2. Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and The Gulf of Thailand, 1959-61. S.I.O., La Jolla, Calif. 1961.