

Hubungan Zona Penangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella Lemuru*) dengan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A pada Variabilitas Iklim di Selat Bali

Reska Mega Adivitasari*, Kunarso dan Anindya Wirasatriya

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275, Indonesia
Email: *reskamega@gmail.com

Abstrak

Selat Bali merupakan perairan yang kaya dengan hasil ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) pada musim tertentu. Hal ini berhubungan dengan fenomena *upwelling* serta iklim regional terutama IOD sehingga target yang ingin diperoleh dari studi ini adalah mengetahui variasi hasil tangkapan ikan lemuru di Selat Bali, mengetahui distribusi spasial suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a dengan distribusi hasil tangkapan ikan lemuru serta mengetahui korelasi fenomena IOD terhadap hasil tangkapan ikan lemuru di Selat Bali. Data penelitian yang digunakan adalah *logbook* kapal Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pengambang, SPL, klorofil-a, kecepatan angin dan data DMI. Penelitian ini menggunakan metode kompilasi yang diolah dengan bahasa pemrograman dari bulan Januari 2014 hingga Desember 2016. Hasil penelitian diperoleh bahwa hasil tangkapan ikan lemuru berkisar 0 hingga 12.956 kg/hour tidak memiliki korelasi terhadap parameter SPL dan klorofil-a. SPL memiliki distribusi yang berbanding terbalik dengan konsentrasi klorofil-a. Bulan Juni, Agustus hingga Desember 2014 terjadi fenomena IOD positif dengan meningkatnya hasil tangkapan ikan lemuru. Bulan Juli hingga Agustus 2016 terjadi fenomena IOD negatif dengan penurunan hasil tangkapan ikan lemuru. Korelasi antara fenomena IOD terhadap hasil tangkapan ikan lemuru di Selat Bali menunjukkan bahwa IOD berpengaruh kecil karena nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (r^2) IOD yang relatif rendah.

Kata kunci: *Sardinella lemuru*, SPL, Klorofil-a, Monsun, IOD

Abstract

In certain seasons, the Bali Strait is water-rich with lemuru fish (Sardinella lemuru). This is related to the upwelling and regional climate, especially IOD so the targets to be obtained from this study are to determine the variation of lemuru catches in the Bali Strait, to know the spatial distribution of sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a with the distribution of lemuru surpsases and determine the correlation of the IOD phenomenon to the catch of lemuru fish in the Bali Strait. The research data used were logbook, SST, chlorophyll-a, wind speed, and DMI data. This study used a compilation method processed with a programming language from January 2014 to December 2016. The results showed that the catch of lemuru fish ranging from 0 to 12,956 kg/hour had no correlation with SST and chlorophyll-a parameters. SPL has a distribution that is inversely proportional to the concentration of chlorophyll-a. From June, August to December 2014, there was a positive IOD phenomenon with increasing lemuru catches. From July to August 2016 there was a negative IOD phenomenon with a decrease in lemuru catches. The correlation between the IOD phenomenon and the catch of lemuru fish in the Bali Strait shows that IOD has little effect because the correlation coefficient (r) and determination coefficient (r^2) of IOD are relatively low.

Keywords: *Sardinella lemuru*, SST, Chlorophyll-a, Monsoon, IOD

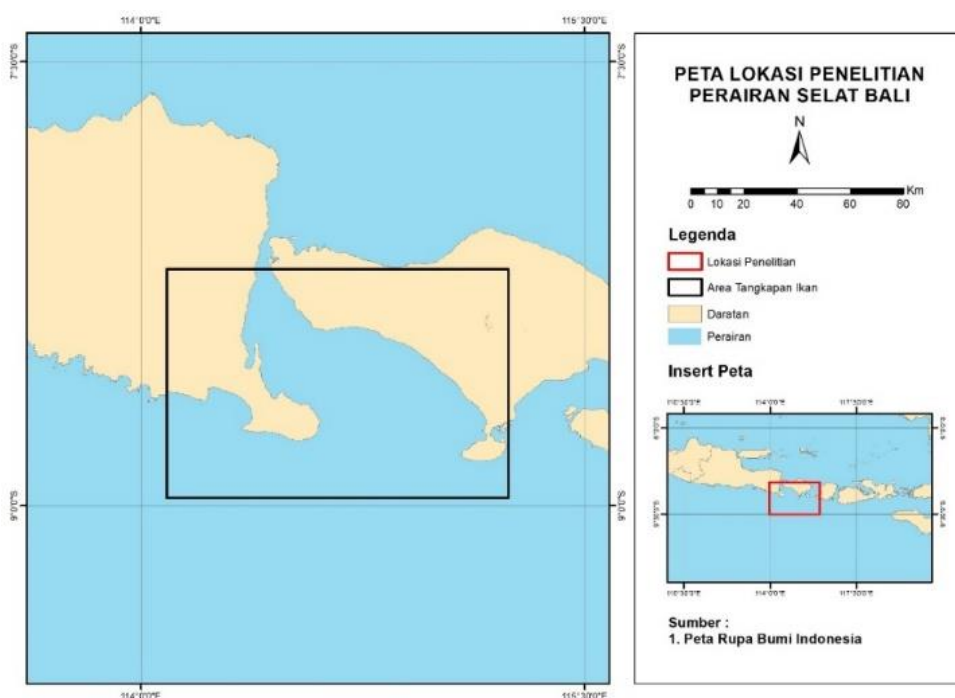
PENDAHULUAN

Selat Bali merupakan perairan sempit yang menghubungkan antara Pulau Jawa dan Pulau Bali dengan titik koordinat 8.10°S–8.90°LS dan 114.25°BT–115.25°BT. Selat Bali memiliki bentuk seperti corong terbuka ke arah Selatan dengan ukuran corong pembuka sekitar 2,5 km yang kemudian meluas hingga 55 km. Selat Bali merupakan salah satu perairan Indonesia yang memiliki potensi perikanan tangkap yang cukup tinggi dengan hasil ikan lemuru (Rahadian *et al.*, 2019). Hal ini juga didukung dengan pernyataan Ridha *et al.* (2013) mengenai ikan lemuru merupakan salah satu ikan pelagis kecil yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Ikan yang memiliki nama latin *Sardinella lemuru* ini merupakan salah satu jenis ikan pelagis kecil yang mayoritas hidupnya bergerombol atau *schooling* di daerah Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Oleh karena itu, ikan

lemuru sangatlah berpotensi berada di perairan Indonesia terutama di Selat Bali. Keberadaannya dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya, yaitu suhu, kedalaman, monsun serta variabilitas iklim lainnya sehingga ikan ini hanya dapat ditemukan pada musim-musim tertentu di Selat Bali. Mayoritas ikan lemuru dapat ditangkap pada musim penangkapan terjadi, yaitu pada bulan September hingga Desember dan puncak penangkapan pada bulan November.

Keberadaan ikan lemuru di Selat Bali yang dapat ditemukan pada musim-musim tertentu berkaitan dengan adanya kondisi oseanografi perairan, yaitu monsun. Monsun memiliki dua ciri-ciri utama antara lain, yaitu monsun timur ditandai dengan musim kemarau dan monsun barat dengan musim penghujan (Hestningsih *et al.*, 2017). Monsun timur terjadi pada bulan Juni hingga Agustus memiliki nilai suhu yang relatif rendah dengan konsentrasi klorofil-a cenderung meningkat, sedangkan monsun barat terjadi pada bulan Desember hingga Februari memiliki nilai suhu yang relatif tinggi dengan konsentrasi klorofil-a cenderung menurun. Kondisi monsun memiliki keterkaitan dengan fenomena iklim regional (ENSO dan IOD) yang mana berkaitan dengan terjadinya *upwelling* di perairan selatan Jawa hingga Nusa Tenggara. Hal-hal ini dapat mempengaruhi kondisi perairan Selat Bali secara langsung. *Upwelling* di selatan Jawa hingga Nusa Tenggara terjadi disetiap musim panas. Selain itu, variabilitas *upwelling* di selatan Jawa hingga Nusa Tenggara dipengaruhi oleh fenomena interannual atau variasi antar tahunan salah satunya, yaitu IOD. IOD positif di Samudra Hindia akan mempengaruhi *upwelling* menjadi lebih kuat sehingga nilai konsentrasi klorofil-a juga akan meningkat pesat (Khadami dan Suprijo, 2019).

Upwelling di selatan Jawa terutama di bagian timur memiliki variabilitas musiman yang relatif stabil sepanjang tahun karena dipengaruhi oleh adanya massa air dari Samudra Pasifik yang masuk ke Samudra Hindia dengan mekanisme Arus Lintas Indonesia (Arlindo). *Upwelling* di sekitar pantai Nusa Tenggara bagian timur terjadi pada musim timur. Hal ini dapat terjadi karena adanya kekosongan massa air sehingga terjadi kenaikan massa air yang membawa kadar nutrien yang lebih tinggi dan kadar klorofil-a meningkat sehingga dapat memicu pertumbuhan fitoplankton lebih intensif (Hestningsih *et al.*, 2017). Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk pengembangan dari penelitian sebelumnya oleh Rinata (2017) yang hanya membahas mengenai hubungan antara klorofil-a dan suhu permukaan laut di daerah penangkapan ikan lemuru Selat Bali. Penelitian ini menambahkan parameter lain yang berkaitan serta berpotensi dalam mempengaruhi hasil tangkapan ikan lemuru, yaitu IOD.



Gambar 1. Daerah Penelitian

MATERI DAN METODE

Penelitian tentang hubungan zona penangkapan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) dengan suhu permukaan laut dan klorofil-a pada variabilitas iklim berlokasi di Selat Bali, Indonesia dengan letak geografis di 8.10°S–8.90°LS dan 114.25°BT–115.25°BT. Daerah penangkapan ikan lemuru berada di letak geografis 8.18°LS–8.59°LS dan 114.26°BT–115.11°BT dengan waktu pelaksanaannya bulan Januari tahun 2014 hingga bulan Desember tahun 2016. Penelitian ini dilakukan dengan pengolahan data citra serta pengolahan data tangkapan ikan, kapasitas kapal, aktivitas penangkapan ikan dan titik lokasi dengan data tahun 2014-2016. Data utama yang digunakan untuk memperoleh deskripsi dari data yang dikumpulkan berasal dari data tangkapan ikan lemuru yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Pengambang perbulan dimulai sejak bulan Januari 2014 hingga Desember 2016, data pendekatan dari data utama, yaitu data suhu permukaan laut diperoleh dari multi sensor satelit pada laman <https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/drive/files> dengan resolusi 0.01°×0.01° dan data klorofil-a yang diperoleh dari satelit Aqua atau EOS-PM dengan sensor MODIS (*Moderate resolution imaging spectroradiometer*) level 3 dan resolusi spasialnya 0.04°×0.04° (Wirasatriya et al., 2018). Data sekunder yang merupakan data penguang yang digunakan, yaitu data angin sebagai representasi dari variasi monsun diperoleh dari satelit ASCAT dan DMI sebagai representasi dari variasi Indian Ocean Dipole (IOD) diperoleh dari *Japan Agency For-Marine Earth Science And Technology* (JAMSTEC) dengan laman <http://www.jamstec.go.jp/>. Masing-masing data tersebut diolah dengan periode tiga tahun mulai dari bulan Januari 2014 sampai Desember 2016. Penelitian ini menggunakan metode *ocean remote sensing* untuk pengambilan data satelit kemudian diolah menggunakan bahasa pemrograman dengan *software* IDL sehingga dapat ditampilkan secara spasial dan temporal dalam bentuk gambar *plotting*, peta distribusi maupun grafik.

1. Metode Pengolahan Data Tangkapan Ikan

Metode pengolahan data jumlah tangkapan ikan diawali dengan menghitung *Catch per Unit Effort* (CPUE) per hari per lokasi/posisi kemudian dilakukan *plotting* dan membuat peta, yaitu menyandingkan dengan data suhu permukaan laut dan klorofil-a untuk melihat hubungannya terhadap produksi ikan lemuru. Metode dilanjutkan dengan membuat grafik *time series* untuk menginterpretasi berdasarkan jumlah tertinggi dan terendah produksi ikan lemuru serta peningkatan/penurunan produksinya secara umum serta disandingkan dengan data suhu permukaan laut, klorofil-a, angin dan DMI untuk mengetahui keterkaitannya. Carpenter dan Herrmann (2020) menyatakan rumus menghitung CPUE sebagai berikut :

$$CPUE = \frac{\text{Jumlah ikan yang ditangkap}}{\text{waktu penangkapan}}$$

2. Metode Pengolahan Data Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a

Metode pengolahan data suhu permukaan laut dan klorofil-a yang sudah dikumpulkan harus diekstrak dengan menggunakan *software* pemrograman kemudian data harian yang terbagi dalam beberapa data beserta waktu pengambilannya dikompositkan dengan rumus (1). Metode selanjutnya terbagi menjadi dua, yaitu data harian yang sudah dikompositkan digabungkan dengan data CPUE yang kemudian divisualisasikan menjadi *plotting*, serta mengkompositkan data harian yang sudah dikomposit menjadi data rata-rata bulanan untuk menilai rata-rata bulanan dari tahun 2014 hingga 2016 menggunakan *software* pemrograman dengan rumus (1). Data rata-rata bulanan kemudian dikompositkan kembali untuk mendapatkan rata-rata klimatologi bulanan dengan menggunakan *software* pemrograman dengan rumus (1). Hal ini bertujuan untuk mendapatkan rata-rata bulanan yang dikompilasi menjadi data rata-rata satu tahun (Banjarnahor et al., 2020). Hal ini bertujuan untuk melihat pola sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a dalam kurun waktu 3 tahun. Menurut Wirasatriya et al. (2017), persamaan komposit diuraikan sebagai berikut :

$$\bar{x}b(x, y) = \frac{1}{mh} \sum_{i=1}^{mh} xi(x, y, t) \quad (1)$$

keterangan :

$\bar{x}b(x,y)$ = Rata-rata harian, bulanan dan klimatologi bulanan

$xi(x,y,t)$ = Data jam, harian, periode ke-i pada posisi bujur x, lintang y dan jam ke-t

mh = Jumlah jam, hari dan bulan dalam 1 hari, bulan dan periode

i=1 = Jam, hari dan periode ke-1

*jika xi = NaN, maka data tersebut tidak memiliki nilai (data kosong) dan tidak diasumsikan dalam perhitungan rata-rata

Nilai mk adalah jumlah bulan yang dikompositkan menjadi klimatologi selama 3 tahun, misalkan dari 2014 hingga 2016 ada sebanyak 3 data untuk masing-masing perhitungan klimatologi bulanan. Hasil dari *monthly climatology* dibuat menjadi peta rata-rata yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan karakteristik suhu permukaan laut dan klorofil-a serta lokasi produksi ikan lemuru. Metode selanjutnya adalah membuat grafik *time series* dengan menggunakan data rata-rata bulanan. Hal ini digunakan untuk menganalisis keterkaitan data suhu permukaan laut, klorofil-a dengan produksi ikan lemuru yang juga disandingkan dengan data angin dan DMI.

3. Metode Pengolahan Data Angin

Metode pengolahan data angin yang sudah dikumpulkan kemudian diekstrak dengan menggunakan software pemrograman kemudian data harian yang terbagi dalam beberapa data beserta waktu pengambilannya. Data yang sudah diekstraksi kemudian dikompilasi bulanan untuk melihat rata-rata bulan Januari 2014 hingga bulan Desember 2016 menggunakan rumus (1). Metode selanjutnya adalah membuat grafik *time series* dengan menggunakan data rata-rata bulanan. Hal ini digunakan untuk menganalisis keterkaitan data angin dengan produksi ikan lemuru yang juga disandingkan dengan data suhu permukaan laut, klorofil-a dan DMI.

4. Metode Pengolahan Data DMI

Metode pengolahan data DMI yang sudah dikumpulkan kemudian dikompositkan menjadi IOD positif dan IOD negatif. Menurut Tjasyono et al., (2008) persamaannya adalah :

- *Dipole Mode Index* > +0,350 °C (IOD positif)
- -0.350 °C < *Dipole Mode Index* < +0,350 °C (IOD normal)
- *Dipole Mode Index* < -0.350 °C (IOD negatif)

Metode selanjutnya adalah membuat grafik *time series* dengan menggunakan data rata-rata bulanan untuk menganalisis keterkaitan data DMI dengan produksi ikan lemuru yang juga disandingkan dengan data suhu permukaan laut, klorofil-a dan angin.

5. Analisa Korelasi

Analisis korelasi dilakukan antara variabel independen (DMI dan angin) dengan masing-masing variabel dependen, yaitu suhu permukaan laut, klorofil-a, dan tangkapan ikan. Analisis korelasi dilakukan dengan menggunakan metode Pearson berikut yang ditulis oleh Fogiell (1984) dengan persamaan dasar:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \tag{2}$$

dengan :

- r = nilai koefisien korelasi
- X = nilai variabel independen
- Y = nilai variabel dependen
- n = jumlah sampel

Analisis korelasi yang direpresentasikan dengan koefisien korelasi berfungsi untuk mengkategorikan tingkat pengaruh atau hubungan antar variabel berikut klasifikasi yang ditulis oleh Riduwan (2013) :

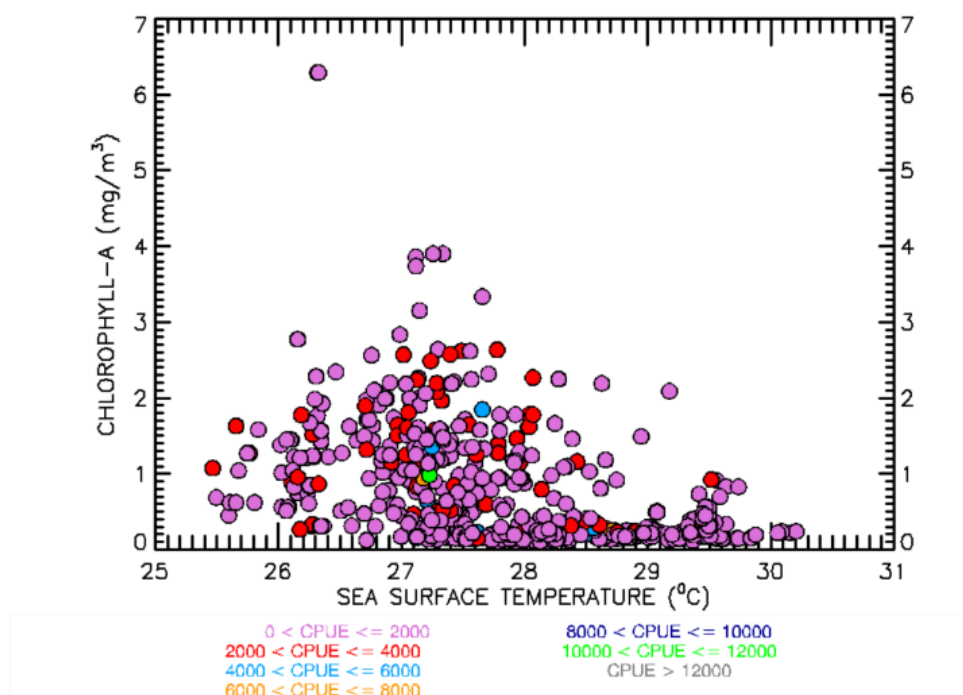
Tabel 1. Klasifikasi tingkat pengaruh berdasarkan nilai koefisien korelasi (Riduwan, 2013)

Koefisien Korelasi	Intepertasi Hubungan
0,00-0,19	Sangat Rendah
0,20-0,39	Rendah
0,40-0,59	Sedang
0,60-0,79	Kuat
0,80-1,00	Sangat Kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

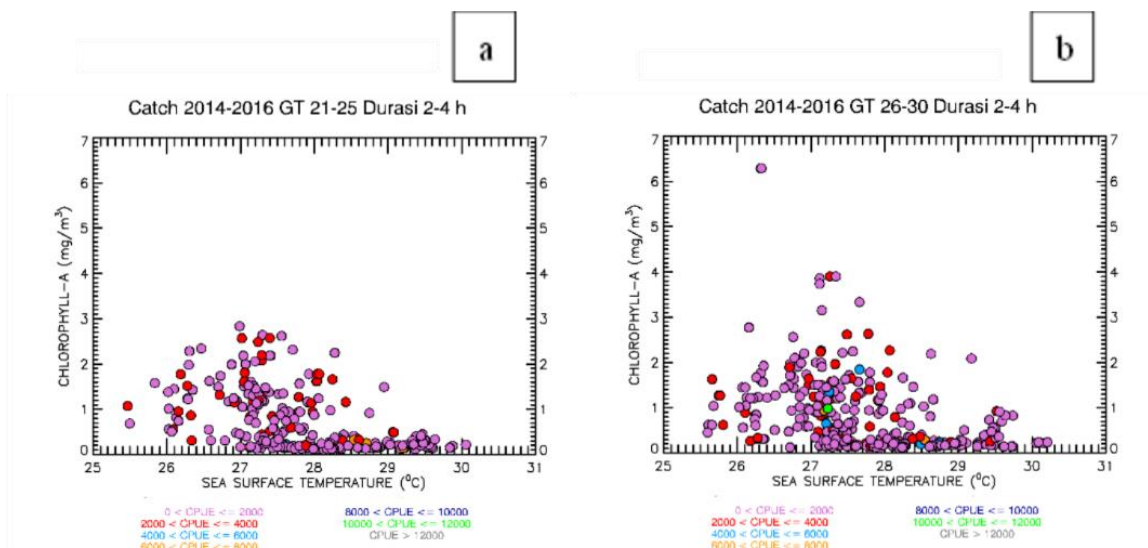
1. Variasi Hasil Tangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*)

Perairan Selat Bali merupakan bagian dari sistem yang ada di Samudera Hindia bagian selatan dimana dapat terjadi proses *upwelling* dan *downwelling* yang ditandai oleh peningkatan maupun penurunan produktivitas primer pada lapisan permukaan dimana menurut Wijaya *et al.* (2021) parameter suhu permukaan laut dan klorofil-a menjadi faktor penting dalam pendugaan daerah potensi sumberdaya ikan pelagis terutama ikan lemuru. Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh distribusi spasial hasil tangkapan ikan lemuru pada tahun 2014 hingga 2016 dengan kapasitas kapal berkisar dari 21 hingga 30 GT berdurasi tangkapan dari 2 hingga 4 jam dengan parameter suhu permukaan laut dan klorofil-a divisualisasikan pada Gambar 2 terlihat bahwa hasil tangkapan ikan lemuru yang acak atau tak terlihat jelas korelasi linier maupun non liniernya terhadap parameter suhu permukaan laut dan klorofil-a serta menunjukkan bahwa hasil tangkapan ikan lemuru dengan menggunakan kapasitas kapal 21 hingga 30 GT selama 2 jam mendapatkan hasil yang paling bervariasi karena dapat mencapai 12.956 kg/hour. Hasil tangkapan yang acak ini diduga dipengaruhi oleh faktor saat melakukan penangkapan, antara lain ketidakpastian titik lokasi penangkapan ikan lemuru sehingga nilai suhu permukaan laut dan klorofil-a secara spasial kurang akurat dan perbedaan kapasitas kapal serta durasi atau waktu saat melakukan penangkapan ikan.



Gambar 2. *Plotting* Hasil Tangkapan Ikan Lemuru terhadap Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a

Kapasitas kapal yang berbeda dapat menghasilkan tangkapan ikan lemuru yang juga berbeda sehingga kapasitas kapal yang awalnya divisualisasikan berukuran 21-30 GT divisualisasikan kembali menjadi dua kelompok, yaitu 21-25 GT dan 26-30 GT dengan hasil dari kelompok kapal berkapasitas 21-25 GT lebih bervariasi daripada kelompok kapal berkapasitas 26-30 GT (Gambar 3).

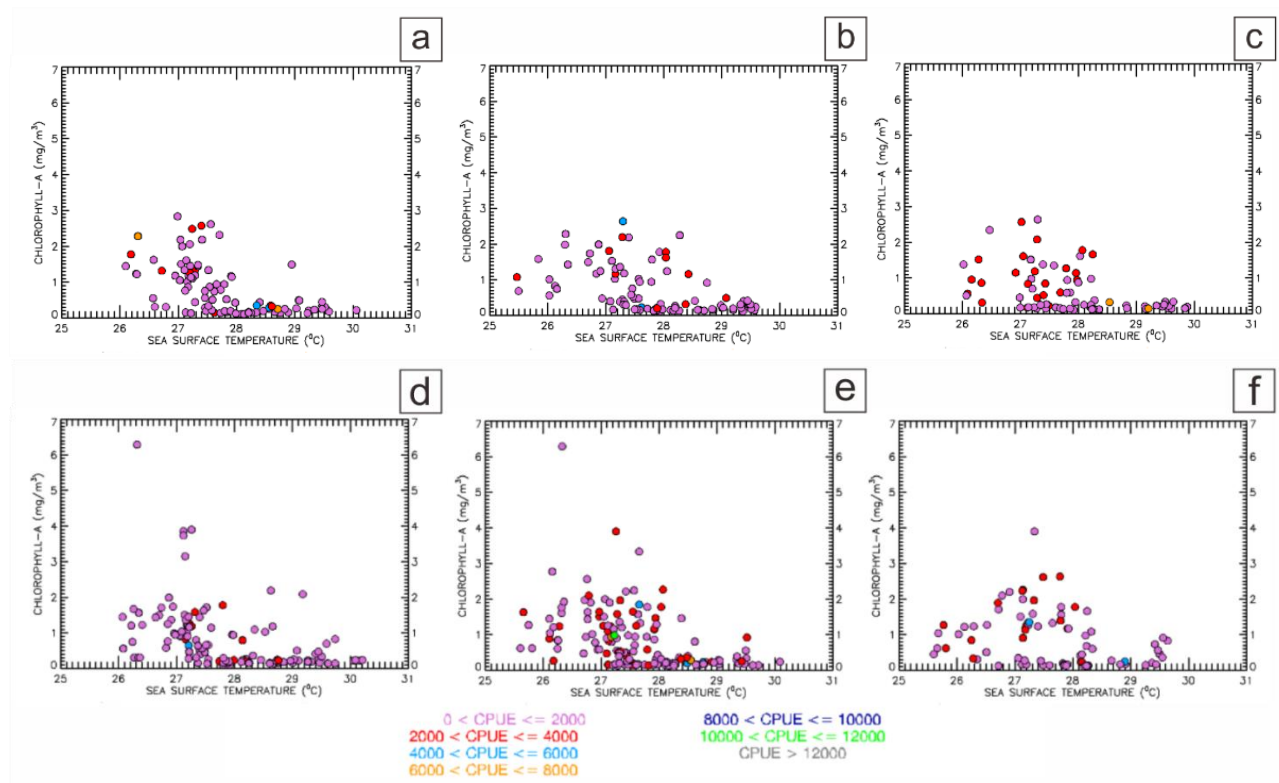


Gambar 3. *Plotting* Hasil Tangkapan Ikan Lemuru terhadap Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a dengan durasi 2 hingga 4 jam a) Kapasitas Kapal 21-25 GT, b) Kapasitas Kapal 26-30 GT

Namun hasil tangkapan ikan pada kapasitas kapal 26-30 GT memiliki hasil yang lebih banyak dengan bukti banyaknya *trip* yang dilakukan. Kapasitas kapal 26-30 GT melakukan sebanyak 966 *trip* dan kapasitas kapal 21-25 GT sebanyak 748 *trip* (Tabel 1). Durasi penangkapan ikan juga dapat berpengaruh, dalam hal ini durasinya berkisar dari 2 hingga 4 jam (Gambar 4). Kelompok kapal berkapasitas 21-25 GT dengan durasi penangkapan selama 2 jam dan kelompok kapal berkapasitas 26-30 GT dengan durasi penangkapan selama 3 jam memiliki hasil tangkapan paling bervariasi. Komparasi per durasi per kelompok terlihat memiliki perbedaan yang terlihat saat durasi tangkapan ikan 2 jam dan 4 jam, yaitu hasil tangkapan ikan oleh kapasitas kapal 21-25 GT lebih bervariasi daripada kapasitas kapal 26-30 GT. Meskipun tangkapan ikan menggunakan kapasitas kapal yang lebih kecil menghasilkan hasil yang lebih bervariasi, namun tidak menutup kemungkinan bahwa hasil kapasitas kapal yang lebih besar bisa mendapatkan hasil yang lebih melimpah. Hal ini terlihat pada *range* hasil ikan lemuru yang ditangkap dengan kapal berukuran 26-30 GT berdurasi tangkap 3 jam mendapatkan sekitar 0-12.000 *kg/hour* atau lebih melimpah daripada kapasitas kapal 21-25 GT berdurasi yang sama memiliki hasil hanya 0-6000 *kg/hour*. Hasil tangkapan ikan lemuru pada 21-25 GT dan 26-30 GT dengan rentang waktu 2 hingga 4 jam tidak menunjukkan adanya eksploitasi yang berlebih, hal ini dikarenakan rata-rata CPUE berbanding lurus dengan adanya jumlah *trip* dan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ridha *et al* (2013) sehingga dapat menjelaskan bahwa penggunaan kapasitas kapal dan waktu saat melakukan penangkapan ikan berpengaruh terhadap hasil tangkapan ikan lemuru.

Tabel 2. Hasil Trip dan CPUE

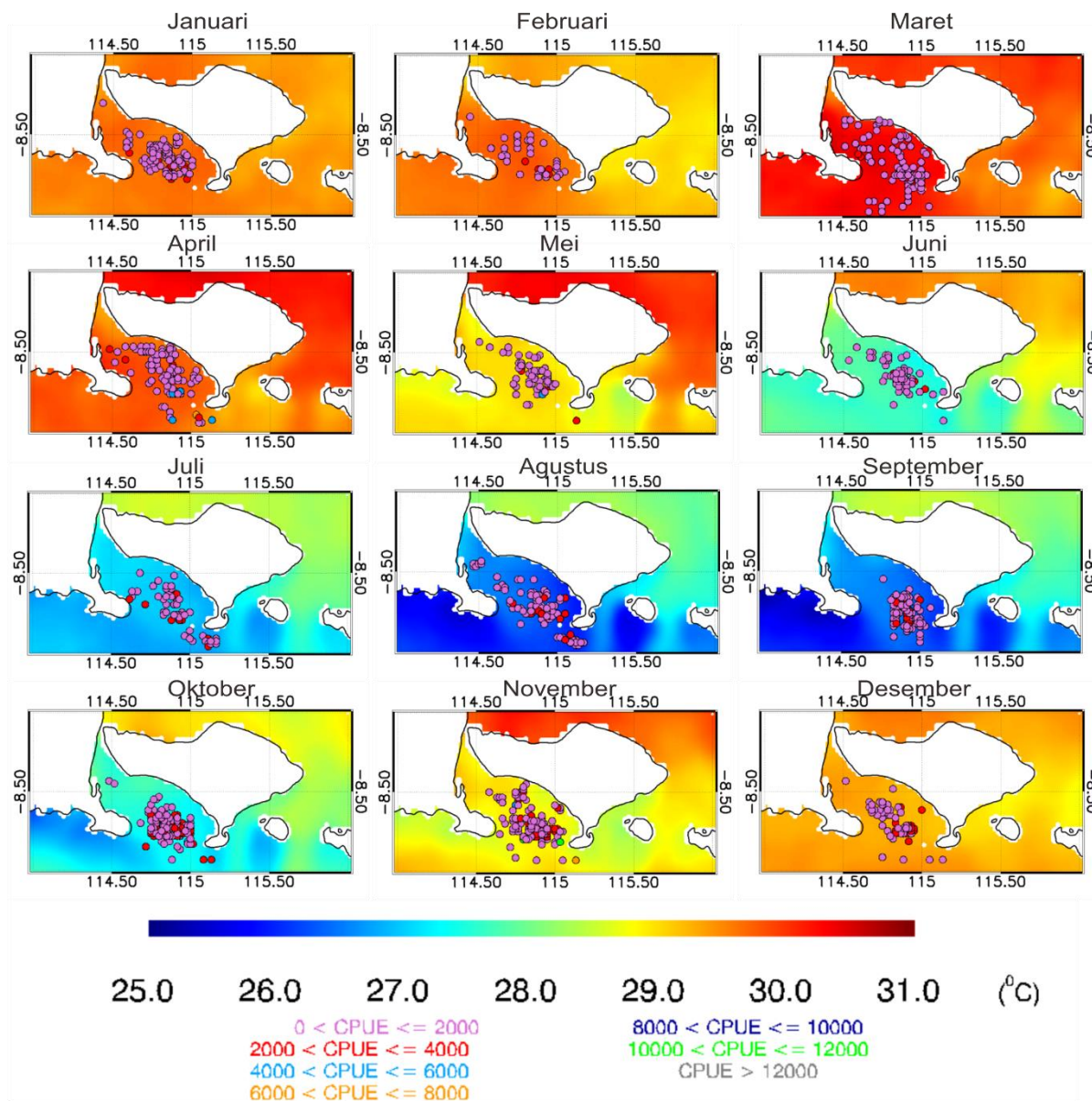
Kapasitas kapal (GT)	Durasi penangkapan (jam)	Trip (kali)	Rata-rata CPUE (<i>kg/hour</i>)
21-30		1714	1.505,469
21-25	2-4	748	1.462,470
26-30		966	1.538,730



Gambar 4. *Plotting* Hasil Tangkapan Ikan Lemuru terhadap Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a dengan a) Kapasitas Kapal 21-25 GT durasi 2 jam, b) Kapasitas Kapal 21-25 GT durasi 3 jam, c) Kapasitas Kapal 21-25 GT durasi 4 jam, d) Kapasitas Kapal 26-30 GT durasi 2 jam, e) Kapasitas Kapal 26-30 GT durasi 3 jam, f) Kapasitas Kapal 26-30 GT durasi 4 jam

2. Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru

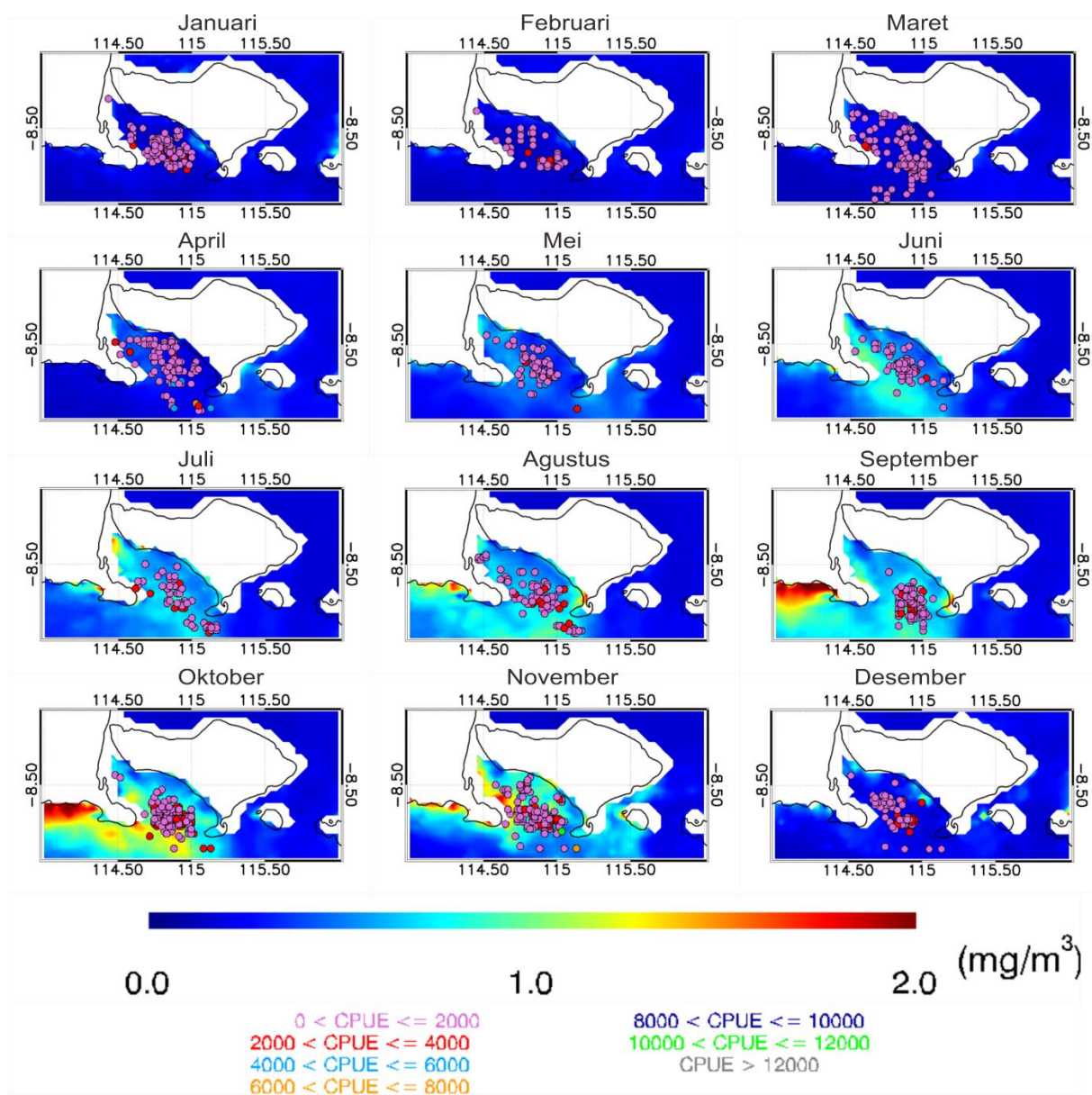
Hasil tangkapan ikan lemuru secara spasial dan temporal dengan hasilnya dijumlahkan per bulan dengan rentang waktu 3 tahun (2014-2016) terhadap suhu permukaan laut divisualisasikan pada Gambar 5 terlihat bahwa hasil yang paling sedikit terjadi saat bulan Februari sedangkan hasil tangkapan terbanyak ada pada bulan April dan dilanjutkan dengan hasil tangkapan pada bulan Oktober dan November. Analisa musiman klimatologi suhu permukaan laut di Selat Bali yang berfokus di daerah tangkapan ikan memiliki distribusi yang lebih hangat saat monsun barat dibandingkan pada monsun timur dengan rentang suhu berkisar 25-31 °C. Monsun barat (Desember-Februari) memiliki *range* suhu 28,7-29,9 °C sedangkan pada monsun timur (Juni-Agustus) berkisar 25,5-28,8 °C. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sukresno *et al* (2018) bahwa saat monsun barat terjadi maka intensitas *upwelling* menurun sehingga suhu permukaan laut akan lebih hangat. Suhnya dapat berkisar 28-31 °C dibandingkan pada monsun timur yang hanya berkisar antara 25-29 °C. Secara umum suhu permukaan laut mengalami puncak suhu tertinggi pada bulan Maret berkisar 29,9-31,9 °C serta suhu yang terendah terjadi pada bulan Agustus (25,3-27,2 °C) dan September (25,1-27,2 °C). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Kunarso *et al.* (2011) dimana suhu permukaan laut yang mengalami fluktuasi musiman memiliki suhu terdingin pada saat monsun timur.



Gambar 5. Peta Distribusi Suhu Permukaan Laut dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru

Hasil tangkapan ikan lemuru secara spasial dan temporal dengan hasilnya dijumlahkan per bulan dengan rentang waktu 3 tahun (2014-2016) terhadap klorofil-a divisualisasikan pada Gambar 6. Konsentrasi klorofil-a dapat digunakan untuk mengetahui daerah tangkapan ikan, hal ini didukung dengan pernyataan Lalli dan Parson (1994) bahwa klorofil-a merupakan salah satu parameter fisik yang penting sebagai indikator terjadinya *upwelling* dan *downwelling* karena memiliki keterkaitan dengan adanya peningkatan maupun penurunan plankton di perairan sehingga klorofil-a dapat digunakan untuk menentukan tingkat kesuburan dan produktivitas perairan. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Kunarso *et al.* (2011) bahwa hal-hal tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menduga dan menentukan perairan yang potensial untuk *fishing ground* atau daerah tangkapan ikan. Analisa musiman klimatologi klorofil-a di daerah tangkapan ikan lemuru di Selat Bali memiliki distribusi konsentrasi yang tinggi pada monsun timur dibandingkan pada saat monsun barat dengan rentang konsentrasi klorofil-a berkisar 0-1 mg/m³ dan hal ini sesuai dengan pernyataan Kunarso *et al.* (2011) tentang klorofil-a memiliki konsentrasi puncak tertinggi ada pada bulan Agustus atau September. Konsentrasi klorofil-a pada saat monsun timur berkisar dari 0,4-1,7 mg/m³ dan pada saat monsun barat berkisar 0-1 mg/m³.

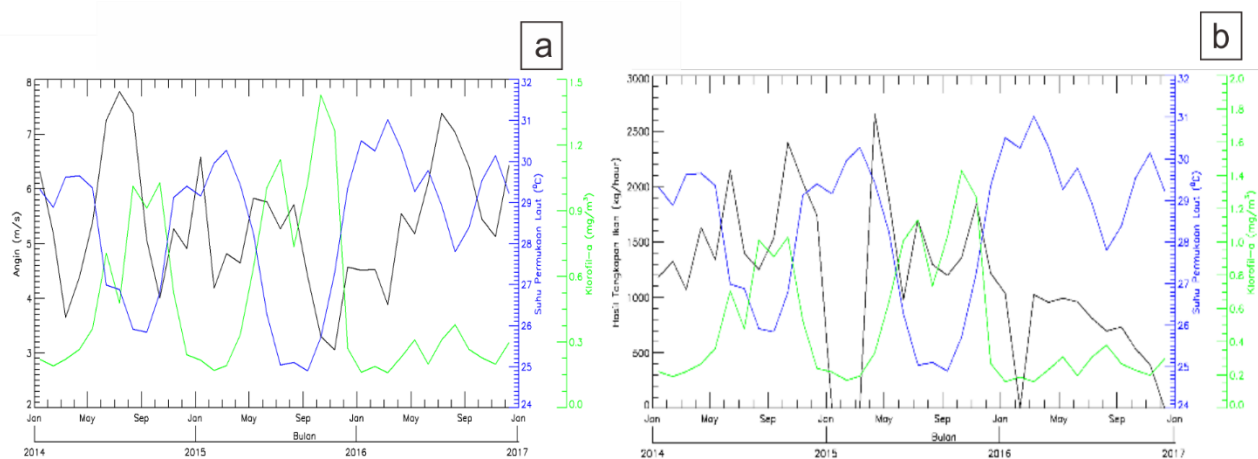
Konsentrasi klorofil-a memiliki puncak tertinggi terjadi saat musim peralihan II tepatnya pada bulan September ($0,5-2 \text{ mg/m}^3$) dan Oktober ($0,4-2 \text{ mg/m}^3$). Konsentrasi klorofil-a dengan puncak terendah terjadi saat monsun peralihan I pada bulan Maret yang hanya mencapai $0-0,5 \text{ mg/m}^3$.



Gambar 6. Peta Distribusi Klorofil-a dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru

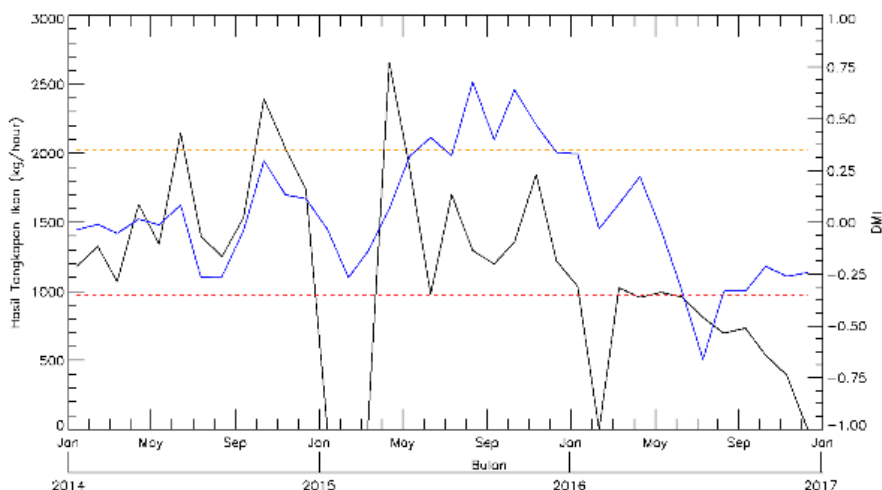
Hal di atas juga menjelaskan pada bulan Maret memiliki rata-rata suhu permukaan laut yang sangat tinggi dengan konsentrasi klorofil-a yang sangat rendah mendapatkan hasil tangkapan ikan yang relatif rendah, yaitu $699,0819 \text{ kg/hour}$. Bulan September memiliki suhu permukaan laut terendah dengan klorofil-a tertinggi mendapatkan hasil tangkapan ikan yang hanya berkisar $1157,468 \text{ kg/hour}$. Bulan April memiliki hasil tangkapan ikan yang paling melimpah hanya dengan konsentrasi klorofil-a yang relatif rendah dan suhu permukaan laut yang tinggi, yaitu $0,2-1 \text{ mg/m}^3$ dan $28,8-29,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Sehingga keterkaitan hasil tangkapan ikan dengan suhu permukaan laut dan klorofil-a kurang akurat dan memerlukan adanya studi lebih lanjut dengan faktor lain yang berkaitan, yaitu monsun dan IOD.

Upwelling dan *downwelling* merupakan proses yang berkaitan dengan adanya distribusi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a secara spasial dan temporal di suatu perairan. Bulan Juni hingga bulan Juli tahun 2014, bulan Mei tahun 2015 dan bulan Agustus tahun 2016 terjadi *upwelling* dengan ketentuan yang telah diteliti oleh Kunarso *et al.*, 2011 yaitu perairan yang memiliki kriteria dengan nilai suhu permukaan laut 26,18–28,35 °C dan klorofil-a 0,3–0,95 mg/m³. Terjadinya peristiwa *upwelling* dan *downwelling* berkaitan dengan adanya fenomena musiman salah satunya adalah angin monsun. Hal ini dikarenakan terjadinya perubahan dinamika perairan oleh massa air yang dibawa dari arus permukaan yang disebabkan arah angin bergerak hingga dapat berkaitan dengan adanya perubahan kecepatan dan arah angin (Putra *et al.*, 2019). Hubungan antara variabel suhu permukaan laut, klorofil-a dan monsun ditunjukkan pada Gambar 7a, yaitu ketika kecepatan angin meningkat diikuti suhu permukaan laut yang menurun serta konsentrasi klorofil-a yang meningkat dan begitu pula sebaliknya namun terdapat fluktuasi yang berubah atau tidak sesuai, yaitu pada tahun 2015 terlihat kecepatan angin yang tidak begitu meningkat diikuti dengan adanya pendinginan suhu permukaan laut yang signifikan dan konsentrasi klorofil-a yang sangat tinggi serta di waktu yang sama terlihat hasil tangkapan ikan tidak meningkat secara signifikan (Gambar 7b).



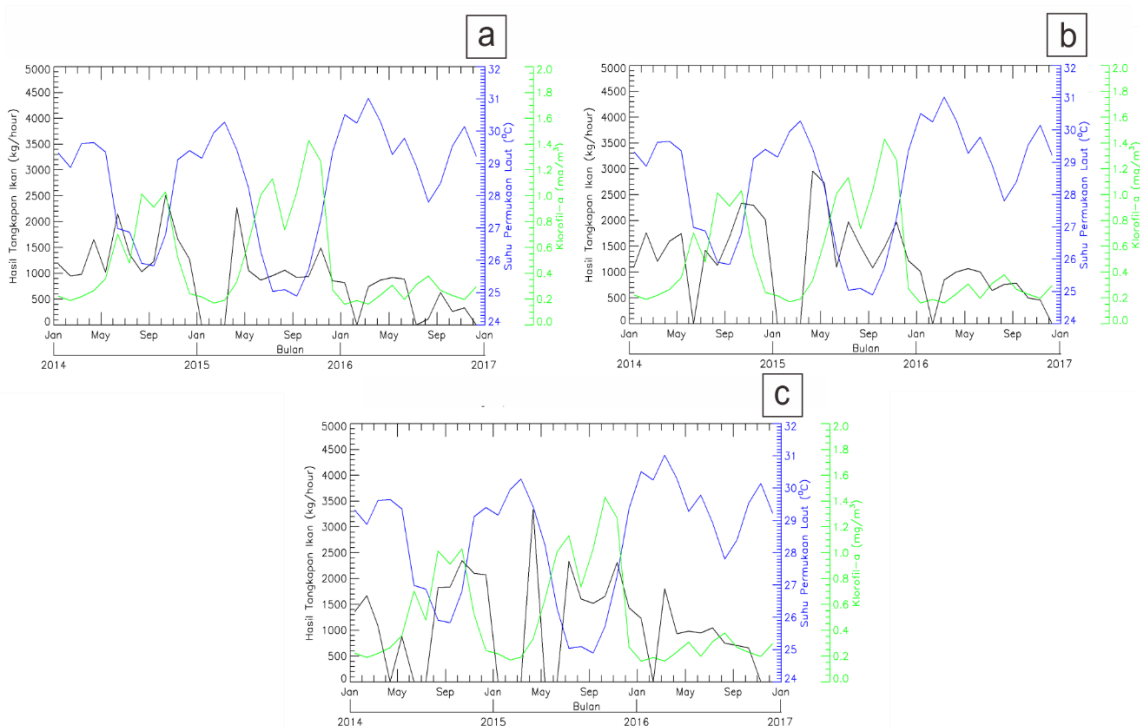
Gambar 7. a) Grafik *Time Series* Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a dan Angin, b) Grafik *Time Series* Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a dan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru

Tahun 2016 dengan durasi penangkapan 2 hingga 4 jam juga mengalami fluktuasi, yaitu saat terjadinya peningkatan kecepatan angin, suhu permukaan laut mengalami sedikit proses pendinginan dengan tidak diikuti adanya peningkatan dari konsentrasi klorofil-a sehingga hasil tangkapan ikan yang diperoleh juga menurun. Hubungan antara variabel suhu permukaan laut, klorofil-a dan hasil tangkapan ikan perdurasi tangkap menunjukkan grafik yang tidak jauh berbeda (Gambar 8). Hasil tangkapan ikan lemuru dengan durasi penangkapan 4 jam memiliki data kosong yang lebih banyak daripada saat durasinya 2 jam dan 3 jam. Hal ini dapat menjadi dugaan bahwa durasi penangkapan ikan 4 jam kurang efektif untuk dilakukan, meskipun durasi tangkapannya memiliki rata-rata CPUE yang lebih tinggi dibandingkan dengan durasi penangkapan 2 jam dan 3 jam selain angin monsun, juga dapat dikaitkan dengan terjadinya fenomena IOD di Samudera Hindia karena menurut Wijaya *et al* (2021) IOD dapat mengakibatkan peningkatan atau pelemahan angin tenggara di sepanjang pantai. Hal ini berkaitan dengan adanya perubahan konsentrasi klorofil-a yang signifikan sehingga berkaitan dengan adanya hasil tangkapan ikan.



Gambar 8. Grafik *Time Series* Hasil Tangkapan Ikan Lemuru dan DMI

IOD direpresentasikan dengan DMI dimana ketika nilainya meningkat terutama pada saat melebihi 0,35 maka akan terjadi fenomena IOD positif dan ketika menurun hingga lebih kecil dari -0,35 maka akan terjadi fenomena IOD negatif (Tjasyono *et al.*, 2008). Keterkaitan antara variabel hasil tangkapan ikan dan DMI ditunjukkan pada Gambar 9, yaitu ketika terjadi IOD positif maka hasil tangkapan ikan lemuru juga akan meningkat namun ketika terjadi penurunan nilai DMI atau saat fenomena IOD negatif maka hasil tangkapan ikan lemuru juga akan menurun drastis. Bulan Juni, bulan Agustus hingga bulan Desember 2014 terjadi kenaikan nilai DMI hingga terjadi fenomena IOD positif diikuti dengan hasil tangkapan ikan lemuru yang tinggi pada bulan Agustus, bulan Oktober hingga bulan Desember tahun 2015 dengan puncak ada pada bulan November. Bulan Juli hingga bulan Agustus 2016 terjadi penurunan nilai DMI sehingga terjadi fenomena IOD negatif ini diiringi dengan adanya penurunan hasil tangkapan ikan lemuru pada bulan Juli hingga bulan Desember 2016.



Gambar 3. Grafik *Time Series* Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a dan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru dengan kapasitas kapal 21-30 GT pada a) durasi 2 jam, b) durasi 3 jam, c) durasi 4 jam.

3. Analisa Korelasi Variabilitas Iklim terhadap Hasil Tangkapan Ikan Lemuru

Korelasi antar variabel menggunakan uji korelasi pearson hasil tangkapan ikan lemuru, suhu permukaan laut, klorofil-a, angin, dan DMI. Hubungan ini berkisar -1 hingga +1 dengan ketentuan ketika hasilnya memiliki tanda positif maka hasil korelasinya berbanding lurus dan apabila memiliki tanda negatif maka memiliki hubungan yang berbanding terbalik (Kurnianingsih *et al*, 2017). Terlihat pada Tabel 3 bahwa hubungan antara hasil tangkapan ikan lemuru dengan suhu permukaan laut memiliki nilai korelasi (r) -0,386 yang berbanding terbalik namun sangat rendah korelasinya artinya apabila suhu permukaan laut sangat dingin belum tentu bisa mendapatkan hasil tangkapan ikan yang melimpah dan sebaliknya. Hubungan antara hasil tangkapan ikan lemuru dan klorofil-a memiliki nilai korelasi (r) 0,470 yang artinya berbanding lurus dengan intrepertasi yang sedang sehingga ketika konsentrasi klorofil-a tinggi maka akan berpeluang untuk mendapatkan hasil tangkapan ikan yang tinggi juga, dan sebaliknya. Hubungan antara hasil tangkapan ikan lemuru dan angin memiliki nilai korelasi (r) -0,143 dimana memiliki perbandingan yang berbalik dengan intrepertasi yang sangat rendah sehingga ketika kecepatan angin melambat maka belum tentu hasil tangkapan ikan akan melimpah dan sebaliknya. Hasil tangkapan ikan lemuru sebanding dengan DMI dengan intrepertasi yang sedang dikarenakan memiliki nilai korelasi (r) 0,452 sehingga ketika DMI melemah hingga melebihi batas tertentu atau disebut dengan fenomena IOD- maka hasil tangkapan ikan berpotensi menurun dan sebaliknya.

Tabel 1. Analisa Korelasi Pearson

r	SPL	Klorofil-a	Monsun	IOD
CPUE	-0.386	0.470	-0.143	0.452

Hubungan-hubungan tersebut dapat menjelaskan bahwa hubungan suhu permukaan laut dan klorofil-a terhadap hasil tangkapan ikan pada kondisi IOD positif adalah suhu permukaan laut yang relatif rendah dan klorofil-a yang relatif tinggi akan mendapatkan hasil tangkapan ikan yang relatif tinggi juga namun ketika terjadi IOD negatif maka hasil tangkapan ikan relatif menurun dengan kondisi suhu permukaan laut yang lebih hangat dan klorofil-a yang rendah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa hubungan fenomena IOD positif dan IOD negatif terhadap hasil tangkapan ikan lemuru adalah berbanding terbalik dengan intrepertasi berturut-turut yang sangat rendah dan sedang.

Tabel 2. Korelasi Pearson CPUE dan Fenomena IOD

r	IOD positif	IOD negatif
CPUE	-0.143768651	-0.501868144

Hal-hal tersebut memberi kesimpulan bahwa terdapat hubungan antara hasil tangkapan ikan terhadap suhu permukaan laut, klorofil-a pada musim dan fenomena IOD tertentu, selain itu ada faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil tangkapan ikan lemuru. Hal ini dapat terlihat pada Tabel 5 dengan adanya nilai dari koefisien determinasi (r^2) dimana IOD hanya mempengaruhi sebesar 20% atau r^2 sebesar 0,205 dari total tangkapan ikan lemuru sehingga 80% dapat dipengaruhi oleh faktor lain serta monsun hanya mempengaruhi 2% hasil tangkapan ikan lemuru dengan nilai $r^2 = 0,021$. Faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil tangkapan ikan lemuru di Selat Bali, antara lain fenomena perairan seperti ENSO, arus, *upwelling* dan/atau faktor saat melakukan penangkapan ikan lemuru seperti cuaca, gelombang, alat tangkap hingga nelayan yang menentukan berangkat atau tidaknya untuk melaut dan/atau hasil dari perekaman data citra dengan kondisi lapangan yang bias dan lain-lain. Kapasitas kapal dan durasi penangkapan yang berbeda-beda juga menunjukkan bahwa IOD tidak berpengaruh besar terhadap hasil tangkapan ikan lemuru.

Tabel 3. Analisa Determinasi

r ²	SPL	Klorofil-a	Monsun	IOD
CPUE	0.149	0.221	0.021	0.205

Berdasarkan analisa data tampak adanya fenomena IOD positif dari bulan Juni hingga bulan November tahun 2015 dengan bulan Agustus dan bulan Oktober menjadi puncaknya. Fenomena IOD positif pusat tekanan udara di Samudera Hindia bagian barat lebih rendah daripada pusat tekanan udara di Samudera Hindia bagian timur. Kondisi ini mengakibatkan angin bertiup kuat dari Samudera Hindia bagian timur menuju ke Samudera Hindia bagian barat, hal ini mengakibatkan adanya perpindahan massa air dari timur ke barat sehingga adanya kekosongan massa air di Samudera Hindia bagian timur dan diisi oleh massa air di bawahnya sehingga terjadi peningkatan *upwelling*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Khadami dan Suprijo, 2019 mengenai IOD positif di Samudera Hindia akan mempengaruhi *upwelling* yang kuat oleh karena itu fluktuasi konsentrasi klorofil-a dapat terlihat serta suhu permukaan laut yang beriringan, yaitu peningkatan hingga penurunan. Selain IOD positif, dalam hal ini angin monsun juga ikut berperan aktif, yaitu pergerakan angin monsun timur yang meningkat membuat massa air dingin yang bertambah sehingga dapat terlihat bahwa suhu permukaan laut di Selat Bali sempat mengalami penurunan, namun ketika memasuki musim peralihan II adanya pergerakan angin yang mulai bergerak berlawanan arah dari pergerakan angin yang disebabkan oleh fenomena IOD. Hal ini menjadikan adanya pelemahan kecepatan angin sehingga terjadi fluktuasi intensitas *upwelling* sehingga suhu permukaan laut dan klorofil-a berubah-ubah, meskipun begitu suhu permukaan laut terlihat cenderung semakin hangat dan konsentrasi klorofil-a cenderung tinggi. Bulan Oktober menjadi puncak terjadinya klorofil-a yang tinggi dengan suhu permukaan laut yang relatif tinggi namun dikarenakan plankton butuh jeda waktu untuk bertumbuh dan berkembangbiak maka saat puncaknya ada pada bulan Oktober hasil tangkapan ikan lemuru butuh juga jeda waktu untuk melimpah. Hal ini terbukti pada bulan November terlihat hasil tangkapan ikan yang sangat melimpah.

Fenomena IOD negatif memiliki pusat tekanan udara di Samudera Hindia bagian timur lebih rendah daripada pusat tekanan udara di Samudera Hindia bagian barat. Berdasarkan analisa data tampak adanya fenomena IOD negatif pada bulan Juli tahun 2016. Hal ini mengakibatkan angin bertiup kuat dari Samudera Hindia bagian barat menuju Samudera Hindia bagian timur sehingga mengakibatkan adanya perpindahan massa air dari barat ke timur yang kemudian menjadikan Samudera Hindia bagian timur mengalami penumpukan massa air hingga terjadi pelemahan proses *upwelling* atau bahkan berpotensi meningkatkan proses *downwelling*. Pergerakan angin monsun timur yang meningkat membuat massa air dingin bertambah sehingga angin yang disebabkan oleh IOD dan monsun saling berkolaborasi. Hal ini menjadikan adanya sedikit pelemahan proses *upwelling* yang terlihat pada suhu permukaan laut yang mengalami penurunan dengan konsentrasi klorofil-a yang sedikit meningkat. Hasil tangkapan ikan pada bulan Juli ini tak terlihat adanya peningkatan yang signifikan, hal ini diduga karena adanya pelemahan *upwelling* yang dibersamai dengan adanya pergantian musim mengakibatkan pada bulan-bulan selanjutnya kecepatan angin melemah sehingga suhu permukaan laut di Selat Bali terutama di daerah tangkapan ikan lemuru menjadi lebih hangat dan konsentrasi klorofil-a menurun sehingga dapat berhubungan dan berpengaruh dengan hasil tangkapan ikan yang terlihat semakin menurun. Pengaruh-pengaruh ini terlihat pada Tabel 6 dengan nilai r² sebesar 0,252 artinya 25% IOD negatif mempengaruhi hasil tangkapan ikan lemuru sedangkan IOD positif hanya mempengaruhi sebesar 2% dari hasil tangkapan ikan lemuru di Selat Bali.

Tabel 4. Analisa Determinasi CPUE dan Fenomena IOD

r ²	IOD positif	IOD negatif
CPUE	0.021	0.252

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa variasi hasil tangkapan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) selama tahun 2014 hingga 2016 menggunakan kapasitas kapal 21 hingga 30 *Gross Tonnage* dengan durasi penangkapan 2 hingga 4 jam di perairan Selat Bali, yaitu 0 hingga 12.956 kg/hour sedangkan variasi hasil tangkapan lemuru rerata bulanan mencapai 2.658 kg/hour. Hasil tangkapan ikan rerata bulanan tertinggi ini terjadi saat musim peralihan I dengan fenomena IOD normal di area penangkapan yang didominasi wilayah bagian selatan Selat Bali dengan nilai korelasi antara fenomena IOD terhadap hasil tangkapan ikan lemuru yang berpengaruh kecil terhadap hasil tangkapan ikan lemuru di Selat Bali karena nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (r^2) IOD yang relatif rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Banjarnahor, H. P., Suprayogi, A. & Bashit, N., 2020. Analisis Pengaruh Fenomena *Upwelling* terhadap Jumlah Tangkapan Ikan dengan Pengamatan Temporal Citra Aqua Modis (Studi Kasus: Selat Bali). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2):91-101.
- Carpenter, N., & Herrmann, K. K., 2020. Variation in Helminth Parasite Component Communities of *Gambusia affinis*. *Journal of Parasitology*, 106(2):247–253.
- Fogiel, M., 1984. *The Statistics Problem Solver*. Research and Education Association (New York).
- Hestiningih, Wirasatriya, A. Prasetyo, Y., & Sasmito, B. 2017. Identifikasi Kawasan *Upwelling* Berdasarkan Variabilitas Klorofil-A, Suhu Permukaan Laut dan Angin Tahun 2003–2015 (Studi Kasus: Perairan Nusa Tenggara Timur). *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. Semarang. Juni 2017.
- Khadami, F. & Suprijo, T., 2019. Spatial-Temporal Variation of Anomaly Chlorophyll-a in Southern Java and Nusa Tenggara Using Empirical Orthogonal Functionanalysis. *Journal of Physics: Conference Series* 1277.
- Kunarjo, Hadi, S. Ningsih, N. S., & Baskoro, M. S., 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah *Upwelling* pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selat Jawa sampai Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 16(3):171–180.
- Kurnianingsih, T. N., B. Sasmito, Y. Prasetyo, & A. Wirasatriya. 2017. Analisis Sebaran Suhu Permukaan Laut, Klorofil-A, dan Angin terhadap Fenomena *Upwelling* di Perairan Pulau Buru dan Seram. *J. Geod. Undip*, 6(1):278–287.
- Lalli, C. M., & Parson, T. M. 1994. *Biological Oceanography: an Introduction*. Pergamon:BPC Wheatons Ltd. British (Canada).
- Putra, I. N. J. T., Karang, I. W. G. A., & Putra, I. D. N. N., 2019. Analisis Temporal Suhu Permukaan Laut di Perairan Indonesia Selama 32 tahun (Era EVHRR). *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2):234–246.
- Rahadian, L. D. Khan, A. M. A. Dewanti, L. P., & Apriliani, I. M., 2019. Analisis Sebaran Suhu Permukaan Laut pada Musim Barat dan Musim Timur Terhadap Produksi Hasil Tangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella Lemuru*) di Perairan Selat Bali. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(2):28–34.
- Ridha, U. Muskananfolo, M. R., & Hartoko, A., 2013. Analisa Sebaran Tangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella Lemuru*) Berdasarkan Data Satelit Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Perairan Selat Bali. *Diponegoro Journal of Maquares Management of Aquatic Resources*, 2(4):53–60.
- Riduwan. 2013. *The Basics of Statistics*. Alfabeta (Bandung).
- Rinata, P. P. B. 2017. Analisis Sebaran Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut pada Daerah Penangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*) di Perairan Selat Bali. [Sripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sukresno, B. Jatisworo, D., & Kusuma, D. W., 2018. Analisis Multilayer Variabilitas *Upwelling* di Perairan Selatan Jawa. *Jurnal Kelautan Nasional*, 1(1).
- Tjasyono, B., A. Lubis, I. Juaeni, Ruminta, dan S. W. B. Harijono., 2008. Dampak Variasi Temperatur Samudera Pasifik Dan Hindia Ekuatorial Terhadap Curah Hujan di Indonesia. *J. Sains Dirgant*, 5(2):83–95.

- Wijaya, A., Zakiya, U., Sambah, A. B., & Setyohadi, D., 2021. Variabilitas Klorofil-a Periode *Indian Ocean Dipole* di Selat Bali Berdasarkan Analisis Empirical Orthogonal Function. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2):208-216.
- Wirasatriya, A. Prasetyawan, I. B., Triyono, C. D., Muslim., & Maslukah, L., 2018. Effect of ENSO on the variability of SST and Chlorophyll-a in Java Sea. *IOP Cont. Series: Earth and Environmental Science* 116.
- Wirasatriya, A. Setiawan, R. Y., & Subardjo, P., 2017. The Effect of ENSO on the Variability of Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature in the Maluku Sea. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(12):5513–5518.