

## Pemetaan Zona Potensial Penangkapan Ikan Tongkol di Perairan Teluk Banten

Achmad Nagi<sup>1</sup>, Gandhi Napitupulu<sup>1</sup>, Ivonne Milichristi Radjawane<sup>1,2,3\*</sup>,  
Susanna Nurdjaman<sup>1,2</sup>, Dedi Supriadi<sup>4,5</sup>, Dewi Nurhayati<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Magister Sains Kebumihan, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

<sup>2</sup>Kelompok Riset Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesa No.10, Bandung, Jawa Barat 40132 Indonesia

<sup>3</sup>Korea-Indonesia Marine Technology Cooperation Research Center, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Fatahillah No.24, Cirebon, Jawa Barat 45611 Indonesia

<sup>4</sup>Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon  
Jl. Perjuangan No.17, Cirebon, Jawa Barat 45131 Indonesia

<sup>5</sup>Ilmu Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Sumedang, Jawa Barat 45363 Indonesia

Email: ivonnemr@itb.ac.id

### Abstrak

Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah komoditas di perairan Teluk Banten yang memiliki nilai produksi tinggi. Potensi ini bisa dimanfaatkan secara maksimal melalui pengetahuan tentang Zona Potensial Penangkapan Ikan (ZPPI). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara parameter oseanografi (suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a) dan hasil tangkapan Ikan Tongkol, serta membuat pemetaan ZPPI Ikan Tongkol pada tahun 2014-2019. Prediksi ZPPI dilakukan melalui pendekatan parameter oseanografi berdasarkan citra satelit dan data hasil tangkapan Ikan Tongkol. Rata-rata tertinggi produksi Ikan Tongkol tahun 2014-2019 di Teluk Banten diperoleh selama musim peralihan I dengan SPL 29,92° C – 30,98°C dan konsentrasi klorofil-a 0,99 – 1,13 mg/m<sup>3</sup>. Analisis pengaruh SPL dan klorofil-a pada tangkapan dilakukan dengan regresi berganda. Pengaruh SPL dan klorofil-a terhadap hasil tangkapan dinilai cukup kuat berdasarkan dari koefisien korelasi ( $r$ ) 0,743 dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,551. Nilai  $R^2$  dapat memberikan penjelasan bahwa SPL dan klorofil-a mempengaruhi hasil tangkapan sebesar 55,1%. Melalui Analisis Wavelet diperoleh persebaran klorofil-a dominan dipengaruhi faktor monsun sedangkan pengaruh IOD (*Indian Ocean Dipole*) dan ENSO (El Niño–Southern Oscillation) lemah, sehingga pemetaan ZPPI disusun berdasarkan empat musim. ZPPI yang memiliki potensi lokasi terbanyak diperoleh pada musim barat sejumlah 13 titik. Selanjutnya, berkurang pada musim peralihan I sebanyak 10 titik, musim peralihan II sebanyak 6 titik, dan musim timur sebanyak 4 titik.

**Kata Kunci :** Klorofil-a, Monsun, Tongkol, Suhu permukaan laut

### Abstract

#### *Mapping of Potential Fishing Zones of Mackarel Tuna in Banten Bay*

*Mackarel Tuna (Euthynnus affinis) is a commodity in Banten Bay waters that has high production value. This potential can be maximally utilized through knowledge of the Potential Fishing Zone (PFZ). This study aims to analyze the relationship between oceanographic parameters (sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a) and the catch of Mackarel Tuna, and create PFZ mapping of Mackarel Tuna in 2014-2019. The prediction of PFZ is done through the approach of oceanographic parameters based on satellite imagery and catch data. The highest average production of Mackarel Tuna in 2014-2019 in Banten Bay was obtained during transitional season I with a SST of 29.92°C - 30.98°C and a chlorophyll-a concentration of 0.99 - 1.13 mg/m<sup>3</sup>. Analysis of the effect of SST and chlorophyll-a on catch was done with multiple regression. The influence of SST and chlorophyll-a on catch was considered quite strong based on the correlation coefficient ( $r$ ) of 0.743 and the coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.551. The  $R^2$  value can provide an explanation that SST and chlorophyll-a affect the catch by 55.1%. Through Wavelet Analysis, it is obtained that the distribution of chlorophyll-a is dominantly influenced by monsoon factors while the influence of IOD (Indian Ocean*

*Dipole) and ENSO (El Niño-Southern Oscillation) is weak, so that PFZ mapping is organized based on four seasons. The PFZ that has the most potential locations is obtained in the west season with 13 points. Furthermore, it decreases in the first transition season with 10 points, the second transition season with 6 points, and the eastern season with 4 points.*

**Keywords :** *Chlorophyll-a, Mackarel Tuna, Monsoon, Sea surface temperature*

## PENDAHULUAN

Perairan Teluk Banten memiliki potensi yang cukup besar untuk produksi hasil perairan khususnya Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*). Ikan Tongkol merupakan jenis ikan pelagis di perairan Teluk Banten yang memiliki nilai produksi cukup tinggi di tahun 2019, yaitu sebesar Rp. 941.702.000 (PPN Karangantu, 2019). Selama 5 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2015 hingga 2019, tahun 2019 merupakan tahun dimana nilai produksi Ikan Tongkol mencapai level tertinggi (PPN Karangantu, 2019), maka guna meningkatkan produksi Ikan Tongkol di tahun-tahun berikutnya, penangkapannya perlu dioptimalkan lagi.

Keberadaan dan persebaran ikan di laut bersifat dinamis, selalu berubah atau bergerak sesuai dengan pergerakan kondisi lingkungan. Secara alamiah, ikan memilih habitat yang lebih sesuai dengan parameter oseanografi perairan, seperti suhu permukaan laut (SPL), salinitas, dan konsentrasi klorofil-a, yang akan mempengaruhi dinamika atau pergerakan air laut baik secara horizontal maupun vertikal (Deni, 2010). Mengacu pada hasil penelitian (Setiawan *et al.*, 2013), parameter yang paling berperan dalam sebaran ikan adalah sebaran SPL dan konsentrasi klorofil-a di perairan. Dengan mengetahui parameter SPL dan klorofil-a yang optimal untuk spesies ikan di wilayah laut, kita dapat memprediksi keberadaan kelompok ikan dan dapat digunakan untuk tujuan penangkapan ikan (Tangke *et al.*, 2015). Sebaran parameter SPL dan klorofil-a di suatu perairan berbeda-beda, dengan perbedaan tersebut dapat membentuk pola sebaran parameter SPL dan klorofil-a secara temporal dan spasial (Mugo *et al.*, 2010). Kesuburan daerah ini terkait dengan adanya pola aliran seperti proses *mixing* dan *upwelling* (Kunarso *et al.*, 2005). Wilayah ini juga dipengaruhi oleh fenomena atmosfer laut, seperti *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO), *Indian Oscillating Dipole* (IOD), dan dinamika angin muson. Memahami variabilitas SPL dan klorofil-a tidak terlepas dari pemahaman variabilitas anomali iklim global yang terjadi yaitu ENSO dan IOD.

Teknologi untuk mendeteksi variabilitas

parameter SPL dan klorofil-a telah berkembang pesat dewasa ini melalui berbagai sumber yang dimiliki oleh satelit penginderaan jauh (Simbolon *et al.*, 2011). Teknologi penginderaan jauh (Inderaja) memiliki keunggulan dibandingkan dengan pengamatan secara *in-situ*, karena cakupannya yang luas, penggunaan data ini lebih efektif untuk mengamati area yang relatif luas seperti halnya di Perairan Teluk Banten. Salah satu teknologi yang banyak digunakan saat ini dan terus berkembang adalah penginderaan jauh melalui penggunaan sensor laut pada wahana satelit yang melintasi wilayah perairan. Interpretasi data citra satelit akan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengolah data dengan mengintegrasikan data parameter SPL dan klorofil-a dari citra satelit dan data tangkapan Ikan Tongkol untuk memetakan zona potensi penangkapan Ikan Tongkol di perairan Teluk Banten.

Pembuatan peta ZPPI ini sangat membantu nelayan untuk mendapatkan informasi daerah penangkapan ikan yang memungkinkan dan juga berguna bagi nelayan besar di luar daerah penangkapan ikan (Farda & Jatisworo, 2019). Pemetaan mencegah penangkapan berlebih dalam perikanan, eksploitasi sumberdaya ikan secara besar-besaran dan mencegah konflik perikanan antara nelayan tradisional dan nelayan besar/modern (Rahmadani & Jaelani, 2020). Hal ini memungkinkan nelayan kecil untuk meningkatkan hasil tangkapannya.

Mengingat potensi penangkapan ikan Teluk Banten yang besar dan mendukung pengembangan teknologi penginderaan jauh (Inderaja), maka potensi tersebut harus dimaksimalkan dengan memberikan informasi daerah penangkapan ikan yang potensial. Terkait dengan hal tersebut, perlu adanya penelitian untuk memaksimalkan pengembangan perikanan dan membantu nelayan memprediksi daerah penangkapan yang potensial. Sehingga penelitian tentang pemetaan ZPPI Tongkol di Teluk Banten memang diperlukan bertujuan untuk menganalisis hubungan antara SPL dan klorofil-a terhadap hasil tangkapan Ikan Tongkol dan membuat peta ZPPI.

**MATERI DAN METODE**

Lokasi penelitian ini terletak di perairan Teluk Banten, Provinsi Banten yang terletak pada koordinat 6°0’0” LS; 106°12’0” BT. Peta lokasi penelitian bisa dilihat pada Gambar 1.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Metode survei adalah penelitian yang bertujuan untuk memperoleh fakta tentang fenomena yang ada dan mencari informasi faktual (Sugiono, 2016). Penelitian dilakukan terhadap beberapa individu atau unit sekaligus, baik dengan bantuan sensus maupun berdasarkan sampel. Pemilihan metode survei ini didasarkan pada kajian yang ingin mengetahui bagaimana pengaruh parameter oseanografi terhadap penangkapan ikan di perairan Teluk Banten.

Data Suhu Permukaan Laut (SPL) diperoleh secara langsung melalui situs citra MODIS dianalisis menggunakan *software* SeaDAS versi 7.3.2 for windows. Langkah pertama adalah mengunduh data dari citra Aqua MODIS level 3 dengan resolusi 4 Km. Pemilihan citra Aqua MODIS level 3 karena pada level ini sudah mengalami koreksi geometrik dan radiometrik. Data citra yang dipilih adalah data citra bulanan yaitu pada tahun 2014-2019. Data yang sudah diunduh dalam format HDF (*Hierarchical Data Format*) di *cropping* sesuai lokasi penelitian melalui *software* SeaDAS. Data hasil *cropping* tersebut disimpan dalam format NC. Setelah diperoleh data dalam format NC dari pengolahan menggunakan *software* SeaDAS, pengolahan data



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian

dilanjutkan dengan menggunakan Microsoft Excel 2019. Kemudian dibuat sebaran SPL menggunakan *software* ArcGis 10.6 sehingga diperoleh data spasial beserta konturnya. Data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan selanjutnya dianalisis menurut waktu dan tempat operasi penangkapan ikan.

Data sebaran SPL secara horizontal dihitung menggunakan data citra SPL yang diperoleh dari NASA *Ocean Color* untuk mengetahui SPL. Algoritma yang digunakan dalam pengolahan SPL yang mengacu pada *Algorithm Theoretical Basic Document Modis 25* (ATBD 25) dengan persamaan 1:

$$SPL = c1 + c2 * (T31 - 273) + c3 * (T31 - T32) * (T20 - 273) + c4 * (T31 - T32) * \left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right) \dots\dots (1)$$

Keterangan: T20 = tingkat kecerahan suhu band 20 (BT); T31 = tingkat kecerahan suhu band 31 (BT); T32 = tingkat kecerahan suhu band 32 (BT) c1, c2, c3 dan c4: koefisien SPL; θ = sudut zenith satelit

**Klorofil-a**

Data citra klorofil-a sebagai indikator kesuburan perairan Teluk Banten diperoleh dari <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/brpuse.pl> karena di Indonesia belum ada sistem yang bisa menerima data langsung dari satelit SeaWiFS. Data SeaWiF yang diunduh dan digunakan adalah korelasi waktu dengan data AVHRR NOAA dari tahun 2014-2019.

Pengukuran kandungan klorofil-a citra satelit dilakukan dengan membandingkan nilai kanal dengan daya serap tertinggi dengan nilai kanal dengan daya serap terendah. Rasio antara dua atau tiga saluran dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan klorofil-a dengan penginderaan jauh. Rasio yang sering digunakan adalah rasio antara saluran biru (450-520 nm) dan saluran hijau (520-600 nm). Perhitungan besaran radiasi yang diterima oleh sensor satelit menurut Riley yang dimaksud (Suwargana *et al.*, 2013) adalah sebagai berikut:

$$\log (Chl) = 0,283 - 2,753 + 1,457 R^2 + 0,659 R^3 - 1,403 R^4 \dots\dots (2)$$

Keterangan: *Chl* =Konsentrasi klorofil-a; *R* = Reflektansi (443) / Reflektansi (551)

### Hasil Tangkapan Ikan

Informasi lokasi dan hasil tangkapan digunakan sebagai referensi wilayah atau ZPPI. Kemungkinan penangkapan didasarkan pada pengelompokan hasil tangkapan rendah, sedang, dan tinggi sesuai dengan jenis ikan yang ditangkap dan standarisasi penangkapan untuk waktu tertentu. Pada umumnya setiap jenis unit penangkapan ikan dapat menangkap jenis ikan yang berbeda di daerah penangkapan. Namun, kapasitas masing-masing unit penangkapan ikan untuk menghasilkan hasil tangkapan berbeda-beda. Oleh karena itu, perlu dilakukan standarisasi upaya penangkapan ikan sebelum menghitung CPUE (*Catch per Unit Effort*) dengan cara membandingkan setiap unit penangkapan ikan dengan upaya penangkapan ikan. Unit penangkapan ikan *default* yang digunakan adalah jenis penangkapan ikan yang mendominasi tangkapan spesies ikan tertentu di suatu area (memiliki tangkapan rata-rata tertinggi per CPUE selama periode tertentu). Dalam penelitian ini, data tangkapan dihitung berdasarkan CPUE untuk periode yang sama dengan citra satelit yang digunakan. Perhitungan CPUE ikan pelagis di wilayah studi menggunakan persamaan 3:

$$CPUE = \frac{P}{E} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: CPUE = Produksi per unit upaya (Kg/trip); P = Produksi (Kg); E= Upaya penangkapan (trip).

### Analisis Hubungan Parameter Oseanografi dengan Hasil Tangkapan Ikan Tongkol

Pola hubungan antara SPL dan klorofil-a pada penangkapan ditentukan secara statistik menggunakan analisis regresi linear berganda dengan tingkat kepercayaan 95%. Analisis regresi linear berganda bertujuan untuk mengetahui pengaruh dua atau lebih variabel bebas ( $X$ ) terhadap variabel terikat ( $Y$ ). Dalam hal ini digunakan SPL dan klorofil-a sebagai variabel bebas ( $X$ ) dan hasil tangkapan ikan sebagai variabel terikat ( $Y$ ). Model regresi linear berganda merupakan model yang baik jika estimasinya akurat, tidak bias, dan konsisten (Sujarweni & Utami, 2019). Tes uji asumsi klasik normalitas, multikolinearitas, dan heteroskedastisitas digunakan untuk memperoleh model regresi multilinear yang baik (Sujarweni & Utami, 2019). Kriteria keputusan uji asumsi klasik normalitas, multikolinearitas, dan heteroskedastisitas yang

diberikan oleh (Ghozali, 2011) meliputi beberapa hal. Pertama, data yang diplot seharusnya mengikuti garis diagonal data sebenarnya, menunjukkan distribusi data mendekati distribusi normal. Kedua, jika skor toleransi  $> 0,100$  dan skor VIF  $< 10,00$ , tidak ada indikasi multikolinearitas. Ketiga, gambar *scatterplot* tidak menunjukkan pola yang jelas (bergelombang, memuai, mengerut) dan titik-titik tersebar di atas dan di bawah sumbu  $y$  angka 0, hal tersebut menunjukkan tidak terjadi heteroskedastisitas. Kita dapat melanjutkan dengan regresi berganda untuk memperkirakan pengaruh variabel independen ( $X$ ) terhadap variabel dependen ( $\hat{y}$ ). Persamaan regresi yang digunakan adalah:

$$\hat{y} = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:  $\hat{Y}$  = Hasil tangkapan ikan;  $A$  = Konstanta (intersep);  $\beta_1$  = Koefisien regresi SPL;  $\beta_2$  = Koefisien regresi konsentrasi klorofil-a;  $X_1$  = Suhu ( $^{\circ}C$ );  $X_2$  = Klorofil-a ( $mg/m^3$ )

Kemudian dilakukan uji-t (parsial) dan uji-F (simultan). Uji t digunakan untuk menunjukkan seberapa kuat pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen (Sugiono, 2016). Jika thitung  $>$  ttabel berarti berpengaruh nyata (Tangke, 2012). Untuk menunjukkan apakah semua variabel independen berpengaruh secara simultan terhadap variabel dependen dilakukan uji F secara simultan. Jika nilai Fhitung  $>$  Ftabel, maka terdapat pengaruh yang nyata antara semua variabel bebas dan variabel terikat secara bersamaan (Suyono, 2015). Langkah selanjutnya adalah menentukan koefisien korelasi ( $R$ ) dan determinasi ( $R^2$ ).

Nilai  $R$  digunakan untuk menentukan apakah ada kekuatan hubungan yang rendah antara variabel independen dan variabel dependen. Pedoman interpretasi nilai  $R$  (Sugiono, 2016) dibagi menjadi lima kategori, yaitu sangat rendah (0,0 - 0,19), rendah (0,2 - 0,39), sedang (0,4 - 0,59), kuat (0,6 - 0,79), dan sangat kuat (0,8 - 1,0). Koefisien ( $R^2$ ) digunakan untuk menggambarkan seberapa banyak variasi yang dapat dijelaskan oleh model.

### Penentuan ZPPI Tongkol

Penentuan peta informasi ZPPI Tongkol dilakukan dengan memanfaatkan data yang telah dikumpulkan. Analisis yang dilakukan dalam pembuatan peta ZPPI Tongkol menggunakan analisis spasial yang dimiliki oleh SIG. Pada tahap

ini, data digital Teluk Banten diperlukan untuk dijadikan bahan dasar untuk mendigitasi pembuatan peta dasar. Digitasi dilakukan dengan menggunakan kemampuan aplikasi SIG, peta dasar yang digunakan adalah peta dasar yang diambil dari Google Earth. Peta dasar dipilih karena Google Earth telah terkoreksi secara Geometris dan Radiometrik, sehingga saat di input data koordinat posisi koordinatnya sudah tepat dengan kondisi bumi secara nyata. Hasil analisis data ditampilkan sebagai peta ZPPI Tongkol dengan memunculkan atribut yang telah disajikan pada basis data, sehingga akan menghasilkan output berupa peta tematik, yaitu peta informasi ZPPI. Sehingga para pembaca peta yang melihat akan lebih mudah mengekstrak informasi yang ada.

**Analisis Wavelet**

Wavelet merupakan alat analisis yang digunakan untuk merepresentasikan data, fungsi, atau operator ke dalam komponen frekuensi diskrit (Daubechies & Sweldens, 1995) dan memeriksa setiap komponen pada resolusi yang sesuai dengan skalanya (Strömbergsson *et al.*, 2020). Metode ini memiliki berbagai aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk oseanografi.

Dalam transformasi wavelet, terdapat dua operasi utama yang mendasarinya, yaitu pergeseran (*shift*) dan penyekalaan (*scale*) (Sydney *et al.*, 1998). Pergeseran melibatkan pemindahan fungsi wavelet ke sepanjang sumbu *y*, misalnya  $\psi(y - 1), \psi(y - 2), \psi(y - b)$ . Penyekalaan melibatkan pengubahannya menjadi skala yang lebih besar atau lebih kecil, misalnya  $\psi(2y), \psi(4y), dan \psi(2^j y)$ . Kombinasi kedua operasi ini menghasilkan keluarga wavelet (Jiang *et al.*, 2022). Keluarga wavelet direpresentasikan oleh persamaan:

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi((y - b)/a) \dots\dots\dots (5)$$

dalam persamaan 5, *a* adalah parameter penskalaan (dilatasi), *b* adalah parameter pergeseran posisi (translasi) pada sumbu *y*, dan  $\sqrt{|a|}$  merupakan faktor normalisasi energi.

Transformasi wavelet dapat dilakukan dengan menggunakan konvolusi atau dengan rata-rata dan pengurangan (Jevrejeva *et al.*, 2003). Transformasi wavelet memiliki kompleksitas waktu yang linier dan dapat beradaptasi dengan berbagai jenis fungsi, termasuk fungsi diskontinu dan fungsi yang didefinisikan dalam domain

terbatas (Torrence & Compo, 1998). Analisis wavelet menjadi alat umum untuk menganalisis variasi kekuatan lokal dalam satu set waktu (Camussi & Meloni, 2021). Dengan mendekomposisi rangkaian waktu ke dalam ruang frekuensi-waktu, kita dapat menentukan mode variabilitas yang dominan dan bagaimana mode tersebut bervariasi seiring waktu.

Selanjutnya, terdapat juga transformasi wavelet silang (*cross wavelet transformation/ XWT*) yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua deret waktu, yaitu  $x_n$  dan  $y_n$  (Grinsted *et al.*, 2004). Transformasi wavelet silang ini didefinisikan sebagai  $W^{XY} = W^X W^{Y*}$ , di mana \* menunjukkan konjugasi kompleks (Torrence & Compo, 1998). Kekuatan wavelet silang didefinisikan sebagai  $|W^{XY}|$  (Nazari & Karakouzian, 2020). Argumen kompleks ( $W^{XY}$ ) dapat diinterpretasikan sebagai fase relatif lokal antara  $x_n$  dan  $y_n$  dalam ruang frekuensi-waktu. Distribusi teoritis dari kekuatan wavelet silang dari dua deret waktu dengan latar belakang *power spectrum*  $P_k^X$  dan  $P_k^Y$  dapat dihitung menggunakan persamaan 6.

$$D \left( \frac{W_n^X(s)W_n^{Y*}(s)}{\sigma_X \sigma_Y} < p \right) = \frac{Z_v(p)}{v} \sqrt{P_k^X P_k^Y} \dots\dots\dots(6)$$

Dalam persamaan (6), *D* adalah distribusi teoritis dari kekuatan wavelet silang,  $W_n^{X(s)}$  dan  $W_n^{(Y*)}(s)$  adalah kekuatan wavelet silang dari dua deret waktu,  $\sigma_X$  dan  $\sigma_Y$  adalah deviasi standar dari deret waktu *X* dan *Y*, *p* adalah *confidence level* yang terkait dengan probabilitas pdf (*probability density function*),  $Z_{v(p)}$  adalah fungsi distribusi chi-square, *v* adalah derajat kebebasan dari chi-square distribution, dan  $\sqrt{P_k^X P_k^Y}$  adalah akar kuadrat dari perkalian dari dua distribusi  $\chi^2$  (Katsavriasis *et al.*, 2022).

Dengan menggunakan metode transformasi wavelet dan transformasi wavelet silang, kita dapat menganalisis dan memahami variasi dan hubungan antara deret waktu dalam domain frekuensi-waktu secara lebih komprehensif.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

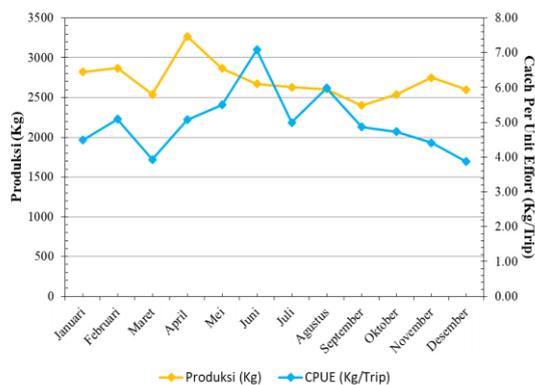
**Hasil Tangkapan Ikan Tongkol di Teluk Banten**

Rata-rata tangkapan dan nilai CPUE tahun 2014-2019 ditunjukkan pada Gambar 2. Puncak tangkapan tertinggi pada bulan April adalah 3.268 kg dengan CPUE 5,07 kg/trip, sedangkan

tangkapan terendah pada bulan September adalah 2.400 kg dengan CPUE 4,87 kg/trip. Nilai CPUE tertinggi tercatat pada bulan Juni sebesar 7,08 kg/trip, nilai CPUE terendah pada bulan Desember sebesar 3,87 kg/trip. Hal ini karena CPUE dihitung berdasarkan jumlah perjalanan bulanan, sehingga tangkapan besar atau kecil tidak menjamin CPUE tinggi atau rendah.

**Distribusi SPL dan Klorofil-a Secara Spasial**

Distribusi sebaran SPL rata-rata bulanan secara spasial di Perairan Teluk Banten selama tahun 2014-2019 seperti Gambar 3. Gambar 3a – 3l ditampilkan melalui degradasi warna putih hingga merah, di mana semakin merah menunjukkan SPL yang semakin tinggi. Hasil visualisasi menunjukkan perairan Teluk Banten memiliki sebaran SPL yang berbeda-beda pada tiap bulannya. Sebaran SPL pada bulan Januari berkisar antara 29,65 - 30,85 °C, bulan Februari berkisar antara 29,8 - 31,5 °C, bulan Maret berkisar antara 29,4 - 31 °C, bulan April berkisar antara 30,3 - 32,1 °C, bulan Mei berkisar antara 30 - 33,4 °C, bulan Juni berkisar antara 29,6 - 31,9 °C, bulan Juli berkisar antara 29,15 - 30,2 °C, bulan Agustus berkisar antara 28,75 - 29,5 °C, bulan September berkisar antara 28,5 - 29,9 °C, bulan Oktober berkisar antara 28,9 - 30,4 °C, bulan November berkisar antara 29,65 - 31,15 °C, dan bulan Desember sebaran SPL berkisar antara 29,6 - 31,5 °C. Nilai rata-rata SPL tertinggi terdapat pada bulan Februari dengan nilai 30,98 °C, sedangkan nilai rata-rata SPL terendah terdapat pada bulan Agustus dengan nilai 29,08 °C. Amri *et al.* (2013) menyatakan bahwa SPL terendah terjadi pada musim timur disebabkan oleh tiupan angin muson tenggara yang menyebabkan terjadinya *upwelling*.



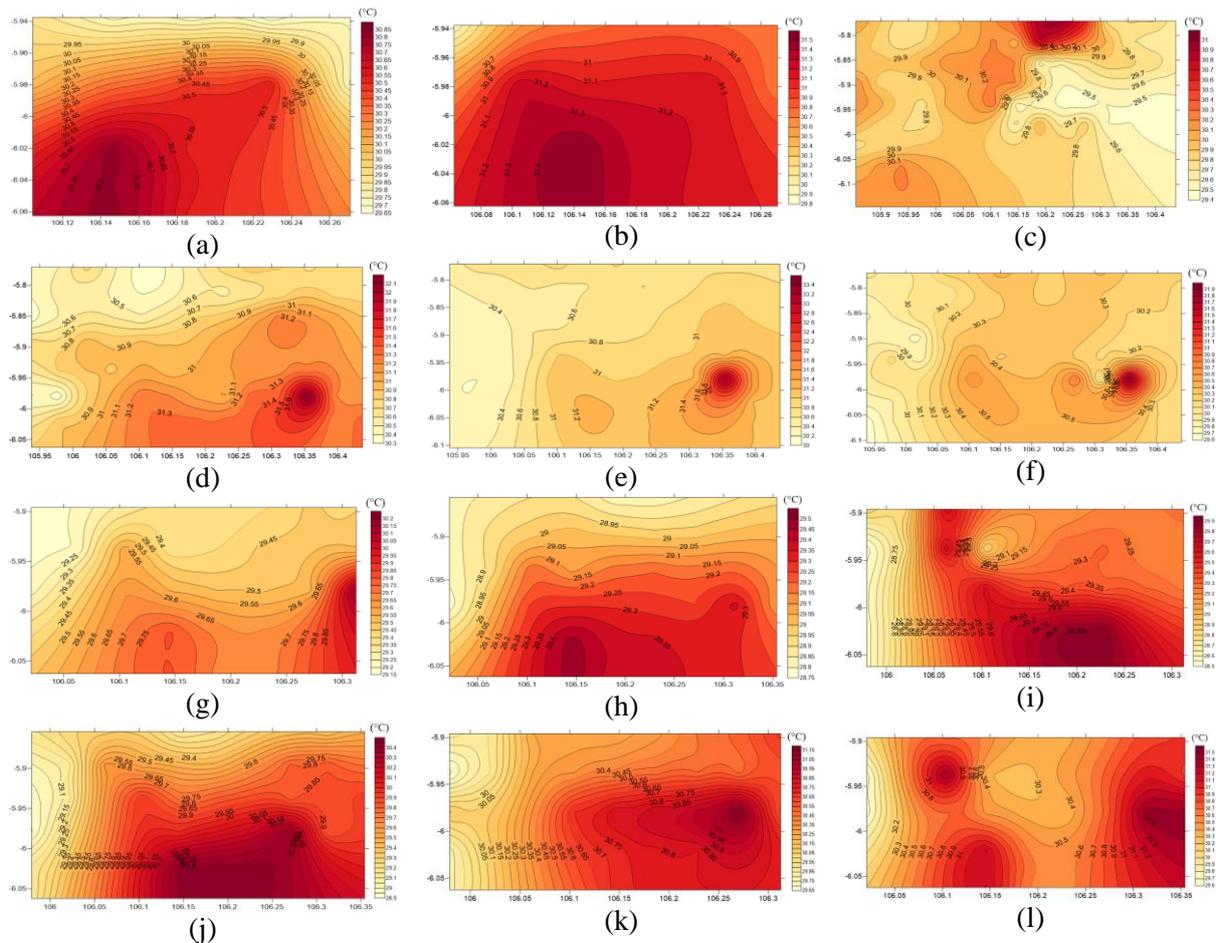
**Gambar 2.** Grafik hasil tangkapan dan CPUE Ikan Tongkol

Konsentrasi klorofil-a dikenal sebagai pigmen fotosintesis dari fitoplankton. Pigmen ini dianggap sebagai indeks terhadap tingkat produktivitas biologi. Di perairan laut, indeks klorofil-a merupakan gambaran biomassa fitoplankton (Gomez *et al.*, 2012). Sebaran konsentrasi klorofil-a bulanan secara spasial di Perairan Teluk Banten ditampilkan pada Gambar 4, dalam visualisasi menggunakan degradasi warna biru hingga hijau, di mana semakin hijau menunjukkan konsentrasi klorofil-a yang semakin tinggi.

Gambar 3a - 3l terlihat bahwa secara spasial sebaran konsentrasi klorofil-a di Perairan Teluk Banten tiap bulannya bervariasi. Sebaran konsentrasi klorofil-a pada bulan Januari berkisar antara 0,30 - 3,54 mg/m<sup>3</sup>, bulan Februari berkisar antara 0,46 - 6,08 mg/m<sup>3</sup>, bulan Maret berkisar antara 0,30 - 5,37 mg/m<sup>3</sup>, bulan April berkisar antara 0,27 - 5,68 mg/m<sup>3</sup>, bulan Mei berkisar antara 0,36 - 3,10 mg/m<sup>3</sup>, bulan Juni berkisar antara 0,47 - 4,36 mg/m<sup>3</sup>, bulan Juli berkisar antara 0,47 - 4,36 mg/m<sup>3</sup>, bulan Agustus berkisar antara 0,44 - 3,75 mg/m<sup>3</sup>, bulan September berkisar antara 0,34 - 4,62 mg/m<sup>3</sup>, bulan Oktober berkisar antara 0,30 - 2,11 mg/m<sup>3</sup>, bulan November berkisar antara 0,21 - 4,04 mg/m<sup>3</sup>, dan bulan Desember berkisar antara 0,27 - 1,37 mg/m<sup>3</sup>. Nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a tertinggi terdapat pada bulan Februari dengan nilai 2,02 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a terendah terdapat pada bulan Desember dengan nilai 0,50 mg/m<sup>3</sup>. Tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a diduga karena pengaruh tinggi rendahnya akumulasi zat hara yang dibawa oleh aliran sungai menuju perairan Teluk Banten.

**Distribusi SPL dan Klorofil-a Secara Temporal**

SPL dan konsentrasi klorofil-a di perairan Teluk Banten cukup fluktuatif (Gambar 5). Rata-rata SPL pada musim barat (Desember-Februari) 30,61 °C, musim timur (Juni-Agustus) 29,60 °C, musim peralihan I (Maret-Mei) 30,54 °C, dan musim peralihan II (September-November) 29,80 °C. Rata-rata SPL paling tinggi terdapat pada musim barat. Akhlak *et al.* (2015) menyatakan pada musim timur matahari sedang berada di bumi bagian utara di mana intensitas cahaya matahari yang mencapai permukaan laut cenderung lebih rendah. Berbeda dengan rata-rata konsentrasi klorofil-a yang cenderung lebih tinggi pada musim barat 1,13 mg/m<sup>3</sup> dan musim timur 1,09 mg/m<sup>3</sup> dibanding musim peralihan I 0,99 mg/m<sup>3</sup> dan musim peralihan II 0,95 mg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 3.** Distribusi SPL bulanan secara spasial selama tahun 2014-2019 di Perairan Teluk Banten, (a) Januari; (b) Februari; (c) Maret; (d) April; (e) Mei; (f) Juni; (g) Juli; (h) Agustus; (i) September; (j) Oktober; (k) November; dan (l) Desember.

Mengacu dari hasil analisis grafik distribusi SPL dan klorofil-a secara temporal pada Gambar 5, dapat dinyatakan bahwa SPL di Perairan Teluk Banten tidak selalu berbanding lurus terhadap konsentrasi klorofil-a. Seperti pernyataan (Effendi *et al.*, 2012), SPL yang tinggi akan berpengaruh pada tingginya fotosintesis sehingga klorofil-a yang didapat cenderung tinggi. Adanya informasi terkait SPL yang tidak selalu berbanding lurus terhadap klorofil-a diduga disebabkan adanya faktor lain yang mempengaruhi rendahnya konsentrasi klorofil-a saat SPL cukup tinggi. Faktor lain yaitu: arus, angin (Ayuningsih *et al.*, 2014), nitrat, fosfat (Meyer *et al.*, 2016), nutrisi, dan intensitas cahaya matahari (Effendi *et al.*, 2012). Arus dan angin berpengaruh pada distribusi dan kelimpahan fitoplankton sebagai tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil-a. Nitrat dan fosfat berperan sebagai faktor pembatas dalam kelimpahan konsentrasi klorofil-a yang pada

akhirnya mempengaruhi kelimpahan fitoplankton. Hasil penelitian Meyer *et al.* (2016) diperoleh bahwa peningkatan klorofil-a berbanding lurus dengan nitrat dan fosfat yang berperan sebagai faktor pembatas fitoplankton. Nutrien dan intensitas cahaya matahari berbanding lurus terhadap konsentrasi klorofil-a. Ketersediaan nutrien dan intensitas cahaya matahari yang cukup akan meningkatkan konsentrasi klorofil-a.

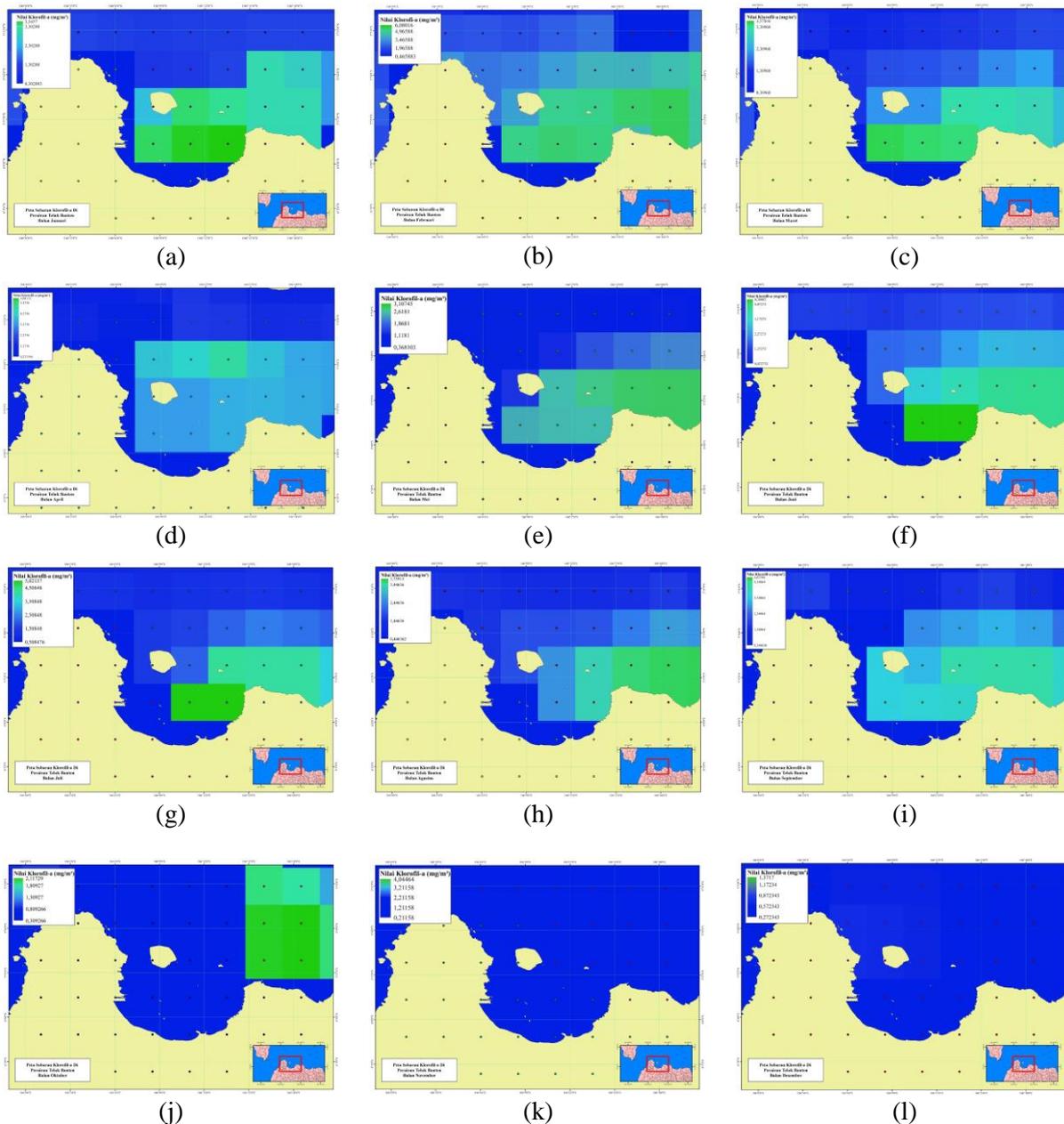
**Fluktuasi SPL dan Klorofil-a Terhadap Hasil Tangkap Ikan Tongkol**

Suhu air memiliki efek berbeda pada ikan yang berbeda, bahkan dalam satu spesies ikan, suhu dapat memiliki efek berbeda pada tingkat metabolisme normal (*Standard Metabolic Rates/SMR*) dari ikan. Oleh karena itu, ikan pelagis memilih suhu yang sesuai dengan kebutuhan metabolismenya. Temperatur tinggi, yang tidak dapat diadaptasi oleh tuna, dapat menyebabkan

respons penghindaran di area ini. Nilai SPL di daerah penelitian berkisar antara 29,08 °C hingga 30,98 °C, beberapa daerah penelitian masih dalam kisaran suhu yang dianjurkan untuk ikan pelagis. Menurut (Rasyid, 2010), ikan pelagis cenderung beradaptasi pada suhu 28 °C hingga 30 °C, namun penangkapan ikan yang optimal biasanya pada suhu 29 °C hingga 30 °C.

Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) merupakan ikan pelagis yang hidup di perairan terbuka. Gambar 6 menunjukkan bahwa distribusi

Ikan Tongkol dipengaruhi oleh SPL. Rata-rata produksi Ikan Tongkol cukup tinggi selama tahun 2014-2019 diperoleh pada musim barat (Desember - Januari) yaitu sebesar 2.763 Kg dan musim peralihan I (Maret - Mei) sebesar 2.892 Kg, di mana suhu berkisar antara 29,92 °C hingga 30,98 °C Ikan Tongkol senantiasa melakukan pergerakan guna mendapat suhu optimum. Menurut Sandi (2014), Ikan Tongkol melakukan pergerakan secara vertikal, di mana pada malam hari cenderung berenang ke permukaan, sedangkan

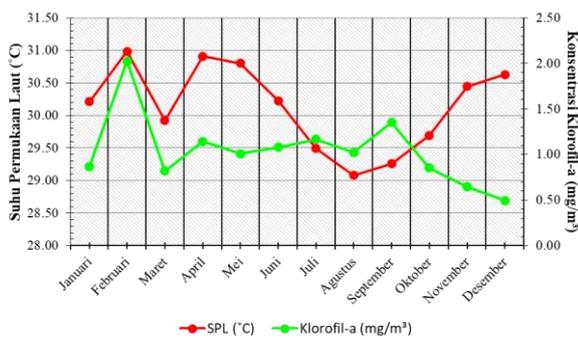


**Gambar 4.** Distribusi konsentrasi klorofil-a bulanan secara spasial di Perairan Teluk Banten selama tahun 2014-2019, (a) Januari; (b) Februari; (c) Maret; (d) April; (e) Mei; (f) Juni; (g) Juli; (h) Agustus; (i) September; (j) Oktober; (k) November; dan (l) Desember.

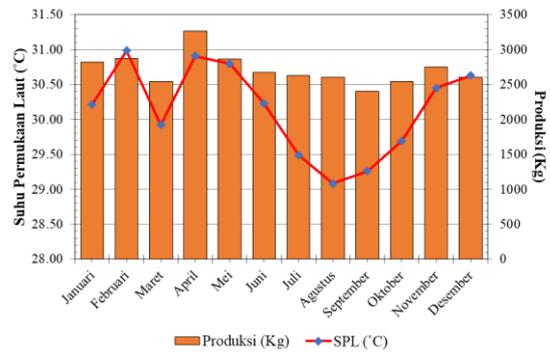
saat terang bulan atau saat matahari mulai terbit, gerombolan Ikan Tongkol akan berpencar atau berada di kolom air bagian atas. Ketika malam hari, SPL lebih hangat dibanding kolom perairan, sehingga Ikan Tongkol melakukan pergerakan ke permukaan. Berbeda konteks pada saat matahari mulai terbit, gerombolan ikan akan cenderung di bawah permukaan perairan, selain karena suhu permukaan yang lebih tinggi, juga sebagai bentuk perlindungan diri.

Informasi kondisi lingkungan perairan penting untuk diketahui karena dapat menjelaskan hubungan antara spesies target tangkapan dan lingkungannya yang pada akhirnya dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam penentuan zona potensi penangkapan. Suhu berperan dalam mengendalikan ekosistem perairan karena perubahannya berpengaruh pada aspek oseanografi yang mempengaruhi distribusi ikan. Menurut Effendi *et al.* (2012), peningkatan suhu 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen 10%. Ketika suhu meningkat, kelarutan oksigen akan berkurang seiring dengan meningkatnya salinitas. 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen 10%. Ketika suhu meningkat, kelarutan oksigen akan berkurang seiring dengan meningkatnya salinitas.

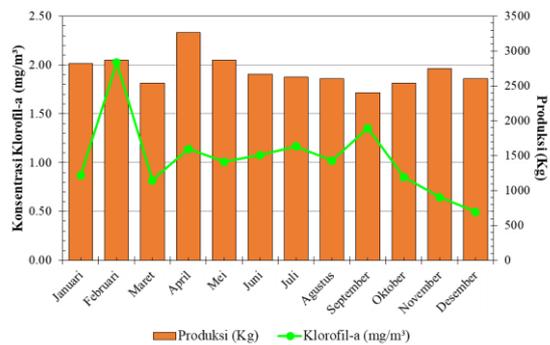
Ikan Tongkol memanfaatkan plankton sebagai makanannya (Adnan, 2010). Penelitian Putra *et al.* (2012) menunjukkan bahwa naiknya konsentrasi klorofil-a tidak langsung berdampak pada naiknya hasil tangkapan Ikan Tongkol, akan tetapi membutuhkan beberapa waktu sehingga klorofil-a yang ada telah dimanfaatkan oleh zooplankton sebagai sumber makanan. Grafik yang disajikan pada Gambar 7 menunjukkan hasil tangkapan yang tinggi dialami pada musim barat dan musim peralihan I. Konsentrasi klorofil-a pada musim barat yaitu sebesar 1,13 mg/m<sup>3</sup> dan pada musim peralihan I yaitu sebesar 0,99 mg/m<sup>3</sup>. Dari



**Gambar 5.** Grafik distribusi SPL dan klorofil-a secara temporal



**Gambar 6.** Fluktuasi SPL terhadap hasil tangkapan Ikan Tongkol



**Gambar 7.** Fluktuasi klorofil-a terhadap hasil tangkapan Ikan Tongkol

informasi tersebut, dapat dikatakan bahwa hasil tangkapan Ikan Tongkol paling tinggi di Perairan Teluk Banten terjadi pada saat konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,99 - 1,13 mg/m<sup>3</sup>.

Terdapat rentang waktu sekitar satu hingga dua bulan antara naiknya konsentrasi klorofil-a dengan hasil tangkapan. Hal ini terlihat dari grafik (Gambar 7) yang menunjukkan peningkatan klorofil-a pada bulan Februari tidak langsung berdampak pada peningkatan hasil tangkapan pada bulan selanjutnya, tetapi justru peningkatan hasil tangkapan terjadi pada bulan April. Hal tersebut tidak berlaku konstan. Peningkatan konsentrasi klorofil-a yang berbanding terbalik dengan hasil tangkapan seperti pada bulan Juli dan September, dikarenakan ada sumber makanan lain Ikan Tongkol. Menurut Zulkhasyani & Andriyeni (2014) pada umumnya Ikan Tongkol memangsa ikan-ikan ukuran kecil. Ada kemungkinan bahwa komposisi makanan akan berubah sesuai musim serta jenis dan ketersediaan makanan di perairan.

### Pengaruh SPL dan Klorofil-a Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Tongkol

Pengaruh SPL dan klorofil-a terhadap hasil tangkapan Ikan Tuna di perairan Teluk Banten secara statistik dilakukan dengan analisis regresi linier berganda menggunakan *software* SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) pada tingkat kepercayaan 95%. Asumsi klasik seperti normalitas, multikolinieritas dan heteroskedastisitas dimasukkan untuk menghindari perbedaan. Tujuan pengujian asumsi klasik adalah untuk memastikan bahwa estimasi persamaan regresi yang diperoleh akurat dan tidak bias sehingga diperoleh model regresi yang terbaik.

Uji normalitas digunakan untuk mengukur apakah sebaran data yang didapat terdistribusi normal, sehingga dapat digunakan dalam pengujian statistik parametrik. Dalam pandangan statistik, sifat dan karakteristik populasi haruslah terdistribusi normal. Sebaran data yang terdistribusi normal dapat digunakan sebagai asumsi bahwa sampel telah mewakili populasi. Jika titik-titik yang menggambarkan data sesungguhnya mengikuti garis diagonal maka model regresi dikatakan terdistribusi normal (Ghozali, 2011). Hasil yang didapat menunjukkan titik-titik mengikuti garis diagonal, hal tersebut menunjukkan bahwa model regresi terdistribusi normal.

Uji multikolinieritas digunakan untuk mengetahui apakah terjadi multikolinieritas atau tidak. Sunaryo (2011) menegaskan bahwa adanya masalah multikolinieritas mempengaruhi kemampuan model untuk mengestimasi koefisien regresi dan menyebabkan hasil yang didapat bertentangan dengan teori. Aturan pengambilan keputusan dalam uji multikolinieritas yakni apabila nilai *tolerance* > 0,1 dan *variance inflation factor* (VIF) < 10, maka tidak terjadi masalah multikolinieritas (Ghozali, 2011). Hasil uji multikolinieritas dapat dilihat pada Tabel 1, nilai *tolerance* 0,989 dan VIF 1,011, nilai *tolerance* > 0,100 dan nilai VIF < 10,00, sehingga dapat disimpulkan tidak terjadi gejala multikolinieritas.

Setelah melalui beberapa uji persyaratan, dapat dilanjutkan dengan analisis regresi linear berganda untuk menduga kuatnya hubungan antara variabel terikat ( $\hat{y}$ ) dengan variabel bebas ( $X$ ). Berdasarkan hasil perhitungan, didapat model regresi (lihat persamaan 7).

$$\hat{y} = -4867,928 + 248,912 X_1 + 76,609 X_2 \dots\dots\dots (7)$$

Konstanta sebesar -4867,928 artinya jika variabel bebas SPL ( $X_1$ ) dan klorofil-a ( $X_2$ ) nilainya 0 maka nilai produksi ikan akan mengalami penurunan sebesar 4867,928 kg, meskipun secara realita SPL maupun klorofil-a tidak akan pernah bernilai 0. Koefisien regresi variabel SPL ( $X_1$ ) 248,912 artinya peningkatan SPL sebagai variabel bebas ( $X_1$ ) sebesar 1 °C akan berpengaruh terhadap peningkatan hasil tangkapan ikan sebesar 248,912 kg. Koefisien regresi variabel klorofil-a ( $X_2$ ) 76,609 artinya peningkatan klorofil-a sebagai variabel bebas ( $X_2$ ) sebesar 1 mg/m<sup>3</sup> akan memberi pengaruh terhadap peningkatan hasil tangkapan ikan sebesar 76,609 kg.

**Tabel 1.** Nilai *tolerance* dan VIF

Model	Sig.	Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
Konstanta	.067		
SPL (°C)	.011	.989	1.011
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	.573	.989	1.011

Secara statistik melalui uji t didapat hasil bahwa SPL memiliki pengaruh nyata terhadap hasil tangkapan. Hal ini dibuktikan dengan  $t_{hitung}$  sebesar 3,197, lebih besar dari  $t_{tabel}$  sebesar 2,262, sehingga SPL secara parsial berpengaruh nyata terhadap hasil tangkapan. Berbeda dengan konsentrasi klorofil-a yang mana secara parsial tidak berpengaruh nyata terhadap hasil tangkapan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*). Terlihat dari  $t_{hitung}$  sebesar 0,585, lebih kecil dari  $t_{tabel}$  sebesar 2,262. Namun, jika dilakukan analisis secara simultan melalui uji F didapat hasil bahwa secara simultan, SPL dan klorofil-a memiliki pengaruh nyata terhadap hasil tangkapan. Hal ini terlihat dari nilai  $F_{hitung}$  sebesar 5,530, lebih besar dari  $F_{tabel}$  sebesar 4,10.

Koefisien korelasi ( $R$ ) 0,743 menunjukkan adanya korelasi antara SPL dan klorofil-a sebagai variabel bebas dengan hasil tangkapan sebagai variabel terikat. Koefisien korelasi sebesar 0,743 menurut Sugiono (2016), termasuk koefisien korelasi yang cukup kuat (0,600 - 0,799). Analisis korelasi dapat dilanjutkan untuk menghitung koefisien determinasi dengan cara mengkuadratkan koefisien korelasi.

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,551 menunjukkan pengaruh SPL dan klorofil-a secara

simultan terhadap hasil tangkapan ikan sebesar 55,1%, artinya SPL dan klorofil-a berpengaruh terhadap hasil tangkapan ikan sebesar 55,1%, sedangkan 44,9% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak termasuk dalam model regresi. Beberapa faktor lain yang kemungkinan mempengaruhi hasil tangkapan, antara lain kedalaman air, arus, dan salinitas air (Gaol & Sadhotomo, 2017).

**Pengaruh ENSO dan IOD terhadap Klorofil-a dan SPL**

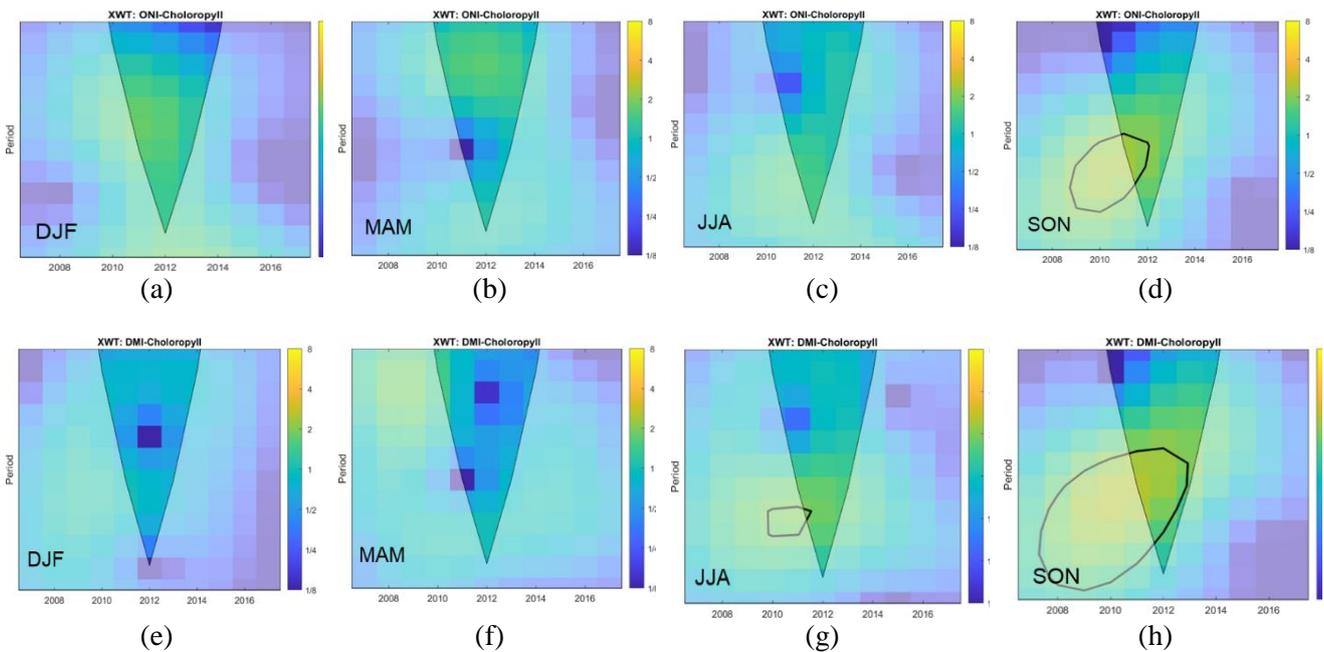
ZPPI dapat diperkirakan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi ikan seperti SPL dan klorofil-a. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, SPL memiliki pengaruh yang cukup kuat terhadap penangkapan ikan. Karena ikan merupakan hewan berdarah dingin yang suhu tubuhnya sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan perairan. Tangkapan tuna terbesar di perairan Teluk Banten terjadi pada saat sebaran SPL berkisar antara 29,92 °C hingga 30,98 °C dan konsentrasi klorofil a berkisar antara 0,99 hingga 1,13 mg/m<sup>3</sup>.

Dalam memetakan ZPPI sebelum dipetakan terhadap musim, perlu dianalisis pengaruh faktor intraseasonal yaitu ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) dengan indeks ONI dan IOD (*Indian*

*Ocean Dipole*) dengan indeks DMI (Napitupulu *et al.*, 2022). Untuk mengetahui pengaruh ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) terhadap klorofil-a sehingga dilakukan perhitungan XWT. XWT antara klorofil-a dengan indeks ONI seperti Gambar 8 pada (a) musim barat (DJF), (b) peralihan I (MAM), (c) timur (JJA), (d) dan peralihan II (SON). Nilai ONI mempengaruhi nilai klorofil-a secara signifikan jika nilai signifikansi XWT >=5. Terlihat pada keempat musim tidak ada nilai koefisien signifikansi >=5, sehingga dapat dikatakan pengaruh ENSO terhadap persebaran klorofil-a di Teluk Banten tidak signifikan.

XWT antara klorofil-a dengan indeks DMI seperti Gambar 8 pada musim (e) barat (DJF), (f) peralihan I (MAM), (g) timur (JJA), dan (h) peralihan II (SON). Nilai DMI mempengaruhi nilai klorofil-a secara signifikan jika nilai signifikansi XWT >=5. Terlihat pada keempat musim tidak ada nilai koefisien signifikansi >=5, sehingga dapat dikatakan pengaruh *Indian Ocean Dipole* (IOD) terhadap persebaran klorofil-a di Teluk Banten tidak signifikan.

Hal yang sama juga dilakukan untuk SPL (gambar tidak dimasukkan) diperoleh pengaruh ENSO dan IOD terhadap SPL lemah. Sehingga, dalam memetakan ZPPI, pengaruh ENSO dan IOD tidak diperhitungkan.



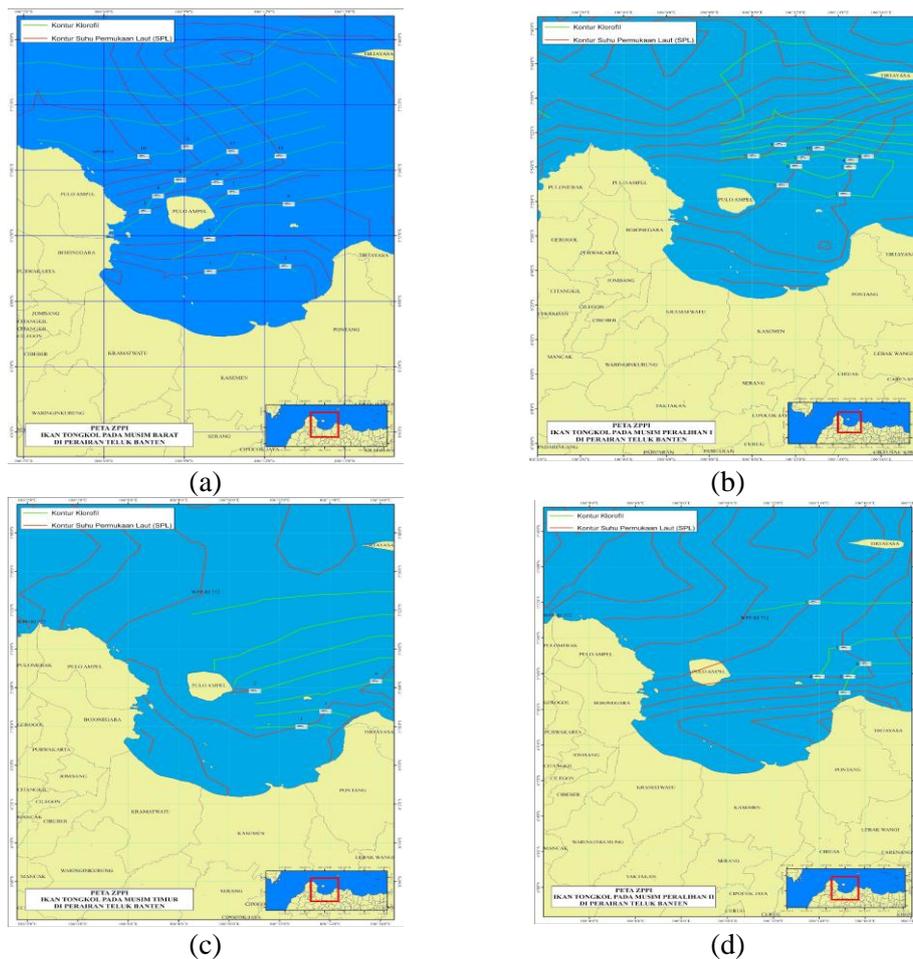
**Gambar 8.** Analisis XWT antara klorofil-a dengan ONI pada periode (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, (d) dan SON. Analisis XWT antara klorofil-a dengan DMI pada periode (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, dan (d) SON

**Peta ZPPI Ikan Tongkol di Teluk Banten**

Zona potensi penangkapan dapat diduga dengan mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi distribusi ikan, seperti SPL dan klorofil-a. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, SPL berpengaruh cukup kuat terhadap hasil tangkapan ikan. Hal ini dikarenakan ikan merupakan hewan poikilotermik di mana suhu tubuh sangat dipengaruhi suhu lingkungan perairan. Hasil tangkapan tertinggi Ikan Tongkol di Perairan Teluk Banten terjadi pada saat distribusi SPL berkisar antara 29,92 - 30,98 °C dan sebaran konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,99 - 1,13 mg/m<sup>3</sup>. Hasil peta ditujukan bagi nelayan Teluk Banten yang menggunakan alat tangkap kompatibel untuk penangkapan Ikan Tongkol, seperti bagan apung (*boat life net*), payang (*included lampara*), pancing (*hook and lines*), dan jaring rampus (*trammel net*) (PPN Karangantu, 2019).

Berdasarkan nilai-nilai dari hasil analisis, maka selanjutnya dilakukan penggabungan

(*overlay*) parameter oseanografi yang telah diteliti menggunakan *software* ArcGis 10.6. *Overlay* dilakukan dengan cara memasukkan nilai-nilai kisaran SPL dan konsentrasi klorofil-a saat hasil tangkapan Ikan Tongkol paling banyak didapat, kemudian dibentuk garis kontur untuk masing-masing parameter, selanjutnya akan tampak titik yang mempertemukan antara 2 kontur, maka titik itulah yang ditandai sebagai koordinat ZPPI Ikan Tongkol. Titik-titik ZPPI ditandai menggunakan simbol Ikan Tongkol. Pemetaan ZPPI tuna di perairan Teluk Banten dilakukan dalam 4 musim, yaitu musim barat (Desember-Februari), musim peralihan I (Maret-Mei), musim timur (Juni-Agustus), dan musim peralihan II (September-November). Gambar 9 (a) menunjukkan ZPPI Tongkol pada musim barat di Teluk Banten. ZPPI ini terbentuk dari hasil *overlay* pertemuan nilai SPL dan klorofil-a. Pada musim barat didapat 13 titik yang menjadi pertemuan nilai SPL dan klorofil-a, maka koordinat 13 titik tersebut



**Gambar 9.** Peta ZPPI Ikan Tongkol pada musim (a) barat, (b) peralihan I, (c) timur, dan (d) peralihan II

**Tabel 2.** Titik koordinat ZPPI Ikan Tongkol pada musim barat, peralihan I, timur, dan peralihan II

Titik ZPPI	Koordinat	
	Musim Barat	Musim Peralihan I
1	5°58'38,951" LS; 106°9'58,658" BT	5°55'34,426" LS; 106°14'18,130" BT
2	5°58'24,324" LS; 106°12'47,139" BT	5°55'3,456" LS; 106°11'24,811" BT
3	5°57'8,957" LS; 106°9'56,438" BT	5°54'0,250" LS; 106°14'33,442" BT
4	5°55'10,766" LS; 106°8'1,445" BT	5°53'36,952" LS; 106°14'38,761" BT
5	5°55'53,115" LS; 106°7'31,975" BT	5°53'28,687" LS; 106°12'23,489" BT
6	5°55'33,232" LS; 106°12'54,628" BT	5°53'57,531" LS; 106°12'2,710" BT
7	5°55'0,127" LS; 106°10'50,276" BT	5°53'21,907" LS; 106°10'3,879" BT
8	5°54'3,916" LS; 106°10'14,104" BT	5°52'41,990" LS; 106°11'18,319" BT
9	5°54'27,037" LS; 106°8'50,766" BT	5°53'23,270" LS; 106°15'22,649" BT
10	5°53'22,300" LS; 106°7'28,297" BT	5°52'55,040" LS; 106°13'5,116" BT
11	5°52'55,875" LS; 106°9'6,661" BT	
12	5°53'8,466" LS; 106°10'48,296" BT	
13	5°53'20,912" LS; 106°12'35,895" BT	

Titik ZPPI	Koordinat	
	Musim Timur	Musim Peralihan I
1	5°58'0,738" LS; 106°12'52,169" BT	5°57'4,714" LS; 106°15'6,77" BT
2	5°56'10,065" LS; 106°11'1,495" BT	5°56'10,065" LS; 106°15'18,709" BT
3	5°57'12,902" LS; 106°13'49,540" BT	5°54'33,533 LS; 106°15'7,992" BT
4	5°55'39,895" LS; 106°15'49,711" BT	5°56'10,065" LS; 106°13'59,092" BT
5		5°51'59,674" LS; 106°13'48,251" BT
6		5°55'26,781" LS; 106°16'1,426" BT

yang diduga menjadi ZPPI Ikan Tongkol pada musim barat di Perairan Teluk Banten. Titik-titik ZPPI Ikan Tongkol pada musim barat diberi label 1–13. Titik koordinat dari masing-masing titik tersebut disajikan pada Tabel 2.

Pada musim peralihan I yang disajikan pada Gambar 9 (b), hasil *overlay* dari pertemuan nilai SPL dan klorofil-a terbentuk 10 titik, maka koordinat 10 titik tersebut yang diduga menjadi ZPPI Ikan Tongkol pada musim peralihan I di Perairan Teluk Banten. Titik-titik ZPPI Ikan Tongkol pada musim peralihan I diberi label 1-10. Titik koordinat dari masing-masing titik tersebut disajikan pada Tabel 2.

ZPPI Tongkol pada musim timur disajikan pada Gambar 9 (c). Hasil *overlay* pertemuan nilai SPL dan klorofil-a pada musim timur cenderung sedikit, yaitu sebanyak 4 titik. Titik-titik ZPPI Ikan Tongkol pada musim timur diberi label 1-4. Titik koordinat yang diduga sebagai ZPPI Ikan Tongkol pada musim timur di Perairan Teluk Banten disajikan pada Tabel 2. Gambar 9 (d) menunjukkan peta yang menjadi ZPPI Ikan Tongkol pada musim peralihan II di Perairan Teluk Banten. Hasil *overlay* pertemuan parameter SPL dan konsentrasi klorofil-a pada musim peralihan II terbentuk sebanyak 6 titik. Titik-titik ZPPI Ikan Tongkol pada musim peralihan II diberi label 1-6. Titik

koordinat 6 titik yang diduga sebagai ZPPI Ikan Tongkol pada musim peralihan II di Perairan Teluk Banten disajikan pada Tabel 2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa zona penangkapan ikan tongkol di Teluk Banten memiliki potensi titik terbanyak pada musim barat (Desember-Januari) sebanyak 13 titik. Jumlah titik penangkapan ikan tongkol pada musim peralihan I (Maret-Mei) sebanyak 10 titik, musim timur (Juni-Agustus) sebanyak 4 titik, dan musim peralihan II (September-November) sebanyak 6 titik. Hal ini mengindikasikan bahwa pola distribusi ikan tongkol berubah selama perubahan musim di Teluk Banten.

Dalam zona penangkapan di Teluk Banten, jaring milenium digunakan untuk menangkap ikan tongkol serta bawal sebagai tangkapan utama (Samudra *et al.*, 2021). Selain itu, ikan kakap dan tenggiri merupakan hasil tangkapan sampingan yang juga diperoleh dalam operasi penangkapan ikan dengan jaring milenium (Wibowo *et al.*, 2017). Ikan tongkol memiliki puncak musim penangkapan terpanjang, dimulai dari bulan November hingga Juni. Ini menunjukkan bahwa periode ini merupakan waktu yang optimal untuk menangkap ikan tongkol di Teluk Banten. Faktor pola migrasi ikan, ketersediaan makanan, dan variabel lingkungan perlu diperhatikan dalam

menentukan pola musiman penangkapan untuk penelitian lebih lanjut.

## KESIMPULAN

Hasil tangkapan Ikan Tongkol paling tinggi di Perairan Teluk Banten terjadi pada saat sebaran SPL berkisar antara 29,92 - 30,98 °C dan konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,99 - 1,13 mg/m<sup>3</sup>. Secara simultan parameter SPL dan konsentrasi klorofil-a memberi pengaruh nyata terhadap hasil tangkapan sebesar 55,1%, yang mana SPL memberi pengaruh sebesar 52,41% dan klorofil-a memberi pengaruh sebesar 2,69%. Pengaruh monsun dominan terhadap persebaran SPL dan klorofil-a lemah, sedangkan pengaruh IOD dan ENSO (iklim monsun) lemah. Zona penangkapan ikan tongkol di Teluk Banten yang memiliki potensi titik terbanyak ada pada musim barat (Desember-Januari) sebanyak 13 titik, selanjutnya berkurang pada musim peralihan I (Maret-Mei) sebanyak 10 titik, musim timur (Juni-Agustus) sebanyak 4 titik, dan musim peralihan II (September-November) sebanyak 6 titik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada "Korea-Indonesia Marine Technology Cooperation Research Center (20220512)" dan "Ocean and Coastal Basic Survey and Capacity Enhancement in Cirebon, Indonesia (PG53340)" yang didanai oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan Korea atas sebagian pendanaan dalam penulisan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhilak, M.A., Supriharyono, & Hartoko. 2015. Hubungan Variabel Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a dan Hasil Tangkapan Kapal Purse Seine yang Didaratkan di TPI Bajomulyo Juwana, Pati, *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 4(4): 128-135. doi: 10.14710/marj.v4i4.9791.
- Amri, K., Djisman, M., Jonson, L.G., & Mulyono, S.B. 2013. Karakteristik Suhu Permukaan Laut dan Kejadian Upwelling Fase Indian Ocean Dipole Mode Positif di Barat Sumatera dan Selatan Jawa Barat. *Jurnal Segara*, 9(1): 23-35 doi: 10.15578/SEGARA.V9I1.29.
- Ayuningsih, M.S., Hendrarto, I.B., & Purnomo, P.W. 2014. Distribusi Kelimpahan Fitoplankton dan Klorofil-a di Teluk Sekumbu Kabupaten Jepara: Hubungannya dengan Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 3(2): 138-147. doi: 10.14710/marj.v3i2.5017.
- Camussi, R. & Meloni, S. 2021. On the Application of Wavelet Transform in Jet Aeroacoustics. *Fluids*, 6(8): p.299.
- Daubechies, I. & Sweldens, W. 1998. Factoring Wavelet Transforms into Lifting Steps. *Journal of Fourier analysis and applications*, 4(3): 247-269. doi: 10.1007/BF02476026.
- Deni, D.R. 2010. Pengembangan Wilayah Melalui Pendekatan Kesisteman. Penerbit Institut Pertanian Bogor (IPB-Press). Bogor.
- Effendi, R., Palloan, P., & Ihsan, N. 2012. Analisis Konsentrasi Klorofil-a di Perairan sekitar Kota Makassar Menggunakan Data Satelit TOPEX/POSEIDON. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 8(3): 279-285. doi: 10.35580/jspf.v8i3.924.
- Farda, N.M., & Jatisworo, D. 2019. Penambahan Pola Ruang Waktu Pada Peta Prakiraan Daerah Penangkapan Ikan Di Perairan Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 712, 713 dan 573. *Majalah Ilmiah Globe*, 21(2): 117-128.
- Gaol, J.L., & Sadhotomo, B. 2017. Karakteristik dan variabilitas parameter-parameter oseanografi Laut Jawa hubungannya dengan distribusi hasil tangkapan ikan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 13(3): 201-211.
- Ghozali, I. 2011. Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 19. Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Grinsted, A., Moore, J.C., & Jevrejeva, S. 2004. Application of the Cross Wavelet Transform and Wavelet Coherence to Geophysical Time Series, *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11(5/6): 561-566. doi: 10.5194/npg-11-561-2004.
- Jevrejeva, S., Moore, J.C., & Grinsted, A. 2003. Influence of the Arctic Oscillation and El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on Ice Conditions in the Baltic Sea: The wavelet approach. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D21), doi: 10.1029/2003JD003417.
- Jiang, X., Lang, Q., Jing, Q., Wang, H., Chen, J. & Ai, Q., 2022. An Improved Wavelet Threshold Denoising Method for Health Monitoring Data: A Case Study of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge Immersed Tunnel. *Applied Sciences*, 12(13): p.6743.
- Katsavrias, C., Papadimitriou, C., Hillaris, A. & Balasis, G. 2022. Application of Wavelet Methods in the Investigation of Geospace Disturbances: A Review and an Evaluation of

- the Approach for Quantifying Wavelet Power. *Atmosphere*, 13(3): p.499.
- Kunarso, Safwan, H., & Ningsih, N.S. 2005. Kajian Lokasi Upwelling untuk Penentuan Fishing Ground Potensial Ikan Tuna. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 10(2): 61–67. doi: 10.14710/ik.ijms.10.2.61-67.
- Meyer, J., Löscher, S.C., Neulinger, A.F., Reiche, A., Loginova, C., Borchard, R.A., Schmitz, H., Hauss, Kiko R., & Riebese, U. 2016. Changing Nutrient Stoichiometry Affects Phytoplankton Production, DOP Accumulation and Dinitrogen Fixation – A Mesocosm Experiment in the Eastern Tropical North Atlantic. *Biogeosciences Journal*, 13(3): 781–794. doi: 10.5194/bg-13-781-2016.
- Mugo, R., Saitoh, S., Nihira, A., & Kuroyama, T., 2010, Habitat Characteristics of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Western North Pacific: a Remote Sensing Perspective, *Fish Oceanography*, 19: 382–396, doi: 10.1111/j.1365-2419.2010.00552.x.
- Napitupulu, G., Nurdjaman, S., Fekranie, N.A., Suprijo, T., & Subehi, L., 2022. Analysis of Upwelling in the Southern Makassar Strait in 2015 Using Aqua-Modis Satellite Image. *Journal of Water Resources and Ocean Science*, 11(4): 64-70, doi: 10.11648/j.wros.20221104.11.
- Nazari-Sharabian, M. & Karakouzian, M., 2020, Relationship Between Sunspot Numbers and Mean Annual Precipitation: Application of Cross-Wavelet Transform- A Case Study, *J*, 3(1): 67-78
- Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Karangantu. 2020. Laporan Tahunan Statistik PPN Karangantu 2019.
- Rahmadani, N.A.R., & Jaelani, L.M. 2020. Pemetaan Potensi Penangkapan Ikan Menggunakan Metode Single Image (Studi Kasus: Perairan Selatan Jawa). *Geoid*, 15(2): 249-255.
- Samudra, D., Supriadi, D., Apriliani, I. & Khan, A., 2021, The Selectivity of Purse Seine Against *Euthynnus affinis* Catch in PPN Muara Angke Jakarta. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 15(1): 18-26.
- Setiawan, A.N., Yayat, & Noir, P.P. 2013. Variasi Sebaran Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Akibat Arlindo terhadap Distribusi Ikan Cakalang di Selat Lombok. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 2(2): 58-69, doi: 10.13170/depik.2.2.723.
- Simbolon, D. 2011. Bioekologi dan Dinamika Daerah Penangkapan Ikan. Penerbit Institut Pertanian Bogor (IPB-Press), Bogor.
- Strömbergsson, D., Marklund, P., Berglund, K. & Larsson, P.E. 2020. Bearing Monitoring in the Wind Turbine Drivetrain: A Comparative Study of the FFT and Wavelet Transforms. *Wind Energy*, 23(6): 1381-1393.
- Sugiono, S. 2016. Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Sujarweni, V.W., & Utami, L.R. 2019. The master book of SPSS. Penerbit Anak Hebat Indonesia, Yogyakarta.
- Sunaryo, S., 2011. Mengatasi Masalah Multikolinieritas dan Outlier dengan Pendekatan ROBCA, *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi*, 12(1): 1-10.
- Suwargana, N., 2013. Resolusi Spasial, Temporal dan Spektral pada Citra Satelit Landsat, SPOT dan IKONOS, *Jurnal Ilmiah Widya*, 1(2): 167-174.
- Suyono, M.S. 2015. Analisis Regresi untuk Penelitian. Penerbit Deepublish, Yogyakarta.
- Sydney, B.C., Remesg, A.G., & Haito, G., 1998. Introduction to Wavelets and Wavelet Transform.
- Tangke, U., John, C., Mukti, Z., & Achmar, M., 2015, Sebaran Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Pengaruhnya Terhadap Hasil Tangkapan *yellowfin* tuna (*Thunnus albacares*) di perairan Laut Halmahera bagian Selatan. *Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan*. 2(3): 248-260, doi: 10.20956/jipsp.v2i3.78
- Torrence, C., & Compo, G.P., 1998, A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1): 61-78.
- Wibowo, S., Utomo, B.S.B., Ward, A.R., Diei-Ouadi, Y., Susana, S. & Suuronen, P., 2017, Case Studies on Fish Loss Assessment of Small-Scale Fisheries in Indonesia, *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, C1129: pp.I-114.
- Zhang L., Zhou W., & Jiao L., 2004, Wavelet Support Vector Machine, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 34(1): 34-39, doi: 10.1109/TS-MCB.2003.811113.
- Zulkhasyni & Andriyeni. 2014. Musim Penangkapan Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) di Perairan Kota Bengkulu. Laporan Hasil Penelitian. Fakultas Pertanian Universitas Prof. Dr. Hazairin Sh, Bengkulu.