

Variabilitas Antar Tahunan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Kembung (*Rastreligger Sp.*) di Perairan Demak

Dorin Satya Graha*, Kunarso dan Muhammad Zainuri

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: dorinsatyagraha@gmail.com

Abstrak

Kabupaten Demak memiliki potensi kelautan dan perikanan yang cukup besar mencakup perikanan laut dan perikanan darat dengan salah satu komoditas unggulan perikanannya adalah ikan kembung. Ikan kembung merupakan jenis ikan ekonomis penting yang banyak ditangkap maupun dikonsumsi di Indonesia khususnya di Kabupaten Demak. Parameter oseanografi seperti suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a mempengaruhi variabilitas hasil tangkapan, fenomena *indian ocean dipole* (IOD) merupakan variabilitas iklim antar tahunan yang bisa mempengaruhi perubahan SPL dan klorofil-a. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variabilitas antar tahunan SPL dan klorofil-a terhadap hasil tangkapan ikan kembung di perairan Demak. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan penginderaan jauh untuk mengolah data SPL, klorofil-a, kecepatan angin, dan curah hujan. Penentuan musim ikan dianalisis dengan indeks musim penangkapan (IMP) menggunakan metode persentase rata-rata berdasar analisis runtun waktu selama 3 tahun (2018-2020). Hasil penelitian menunjukkan SPL dan klorofil-a tinggi terjadi pada musim barat dan rendah pada musim timur. Nilai DMI naik pada kondisi IOD positif, sehingga SPL menurun dan klorofil-a meningkat, sedangkan pada kondisi IOD netral SPL meningkat dan klorofil-a menurun. Keterkaitan hasil tangkapan ikan dengan SPL dan klorofil-a pada musim peralihan II hingga musim barat menunjukkan keterkaitan yang kuat negatif sebesar $r = -0,889$ dan $r = -0,657$ sedangkan pada musim peralihan I dan musim timur menunjukkan keterkaitan yang kuat positif sebesar $r = 0,696$ dan $r = 0,711$.

Kata kunci: Ikan Kembung, Klorofil-a, SPL, IOD, MODIS

Abstract

Annual Variability Of Sea Surface Temperatures And Chlorophyll-A To The Catch Of Mackerel (Rastrigger Sp.) In Demak Waters

Demak Regency has considerable marine and fisheries potential including marine fisheries and inland fisheries with one of the leading fisheries commodities being mackerel. Mackerel is an economically important fish species that is widely caught and consumed in Indonesia, especially in Demak Regency. Oceanographic parameters of sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a affect the variability of catches, the IOD (Indian Ocean Dipole) is phenomenon annual variability which affects changes in SST and chlorophyll-a. This study aims to determine the interannual variability of SST, chlorophyll-a and influenced to mackerel catches in Demak waters. This research uses quantitative methods with a remote sensing approach to process data on SST, chlorophyll-a, wind speed, and rainfall. The determination of the fishing season was analyzed with the fishing season index (IMP) using the average percentage method based on time series analysis for 3 years (2018-2020). The results showed that SST and chlorophyll-a were high in the west season and low in the east season. The DMI value rises in positive IOD conditions, so that affect SST decreases and chlorophyll-a increases, while in neutral IOD conditions SPL increase and chlorophyll-a will decrease. The relationship of fish catch with SST and chlorophyll-a in the transitional season II to the west season shows a strong negative relationship of $r = -0.889$ and $r = -0.657$ while in the transitional season I and east season shows a strong positive relationship of $r = 0.696$ and $r = 0.711$.

Keywords: Mackerel, Chlorophyll-a, SST, IOD, MODIS

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dengan luas wilayah perairan 3,25 juta kilometer persegi memberikan potensi kelautan dan perikanan yang cukup besar (Setiyarso *et al.*, 2016). Wilayah Kabupaten Demak memiliki panjang pantai 34,1 km dan luas wilayah pantai 254,61 km², Perairan Demak memiliki pantai yang relatif sempit, landai, dangkal, dan berombak. Di Kabupaten Demak, terdapat berbagai jenis spesies perikanan unggulan, antara lain ikan belanak, ikan kembung, udang dogol, udang putih (jerbung), dan rajungan. Ikan

kembung (*Scomber neglectus*) merupakan satu-satunya ikan yang ditangkap dengan menggunakan gillnet di Perairan Morodemak dan memiliki potensi yang sangat tinggi (Adlina *et al.*, 2021).

Ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) merupakan salah satu jenis ikan pelagis yang memiliki nilai ekonomis yang banyak ditangkap maupun dikonsumsi di Indonesia. Setiap 100 g daging ikan kembung mengandung 6,7 g protein, 2,5 g lemak, dan 1,5 g mineral (Sugiarto, 1986). Ikan kembung dibagi menjadi dua jenis yaitu ikan kembung jantan (*Rastrelliger kanagurta*) dan ikan kembung betina (*Rastrelliger neglatus*), perbedaan ikan kembung betina dan ikan kembung jantan dapat dibedakan dari warna dan tinggi badan pada ikan tersebut (Abubakar *et al.*, 2019).

Musim-musim penangkapan ikan di Laut Jawa dipengaruhi oleh dua massa air yang mendominasi perairan Laut Jawa. Kedua massa air ini berasal dari massa air Laut Cina Selatan dan massa air Laut Flores mempengaruhi pola persebaran parameter oseanografi seperti kandungan klorofil-a dan SPL yang berdampak pada perubahan pola musim penangkapan ikan di Laut Jawa (Gaol & Sadhotomo, 2007). Klorofil-a adalah pigmen yang digunakan fitoplankton sebagai media untuk melakukan fotosintesis, sehingga sangat penting dalam perkembangan produktivitas primer di perairan. Suhu permukaan laut dan kandungan klorofil-a tentu saling berkaitan. Parameter tersebut dapat digunakan sebagai indikasi untuk menduga keberadaan ikan. Sebaran SPL mengindikasikan terjadinya *front termal*, yaitu wilayah pertemuan suhu yang berbeda yang subur karena terjadi turbulensi (pengadukan masa air laut), sehingga menaikkan nutrient yang ada di lapisan bawahnya. Suhu dapat mempengaruhi fotosintesis pada fitoplankton baik secara langsung maupun tidak langsung (Intansari *et al.*, 2018).

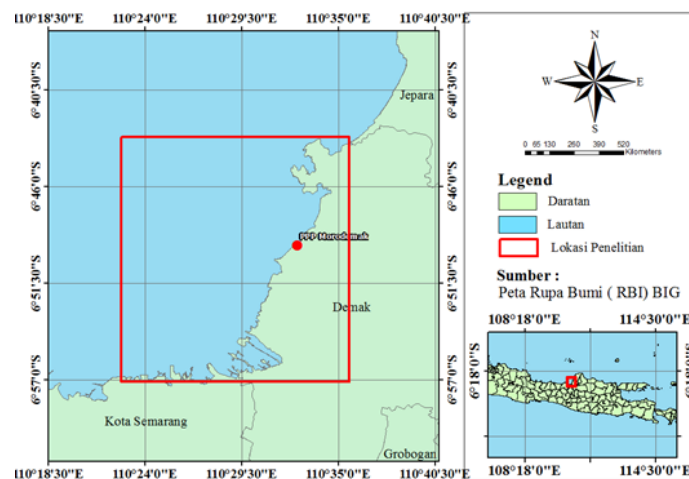
Faktor lain yang menyebabkan terjadinya pergeseran musim di wilayah Indonesia adalah fenomena IOD. Fenomena IOD terjadi karena adanya perbedaan anomali SPL di Samudera Hindia bagian barat dengan bagian timur. Fenomena IOD dapat menyebabkan penurunan maupun peningkatan SPL yang disertai dengan penurunan maupun peningkatan curah hujan (Rahayu *et al.*, 2018). Fenomena Interaksi Laut dan atmosfer seperti IOD mempengaruhi wilayah yang sangat luas secara telekoneksi antara Samudra- samudera di dunia. Fenomea IOD dapat membawa dampak negatif contohnya kekeringan dan peningkatan curah hujan di atas normal. Permasalahan yang muncul sebagai dampak variabilitas iklim tersebut diduga berpengaruh terhadap sektor perikanan Indonesia (Seprianto *et al.*, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keterkaitan dari variabilitas iklim antar tahunan terhadap SPL dan klorofil-a serta terhadap hasil tangkapan Ikan kembung di perairan Demak. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada pihak-pihak terkait mengenai daerah penangkapan ikan kembung yang potensial di perairan Perairan Demak dan dapat memperkaya pengetahuan pada bidang penginderaan jauh dan oseanografi perikanan khususnya pemetaan daerah penangkapan.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan bulan Juni - Agustus 2022 di wilayah perairan Kabupaten Demak ($06^{\circ} 43'26'' - 07^{\circ} 09'43''$ LS dan $110^{\circ} 27'58'' - 110^{\circ} 48'47''$ BT). Lokasi penelitian ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Materi Penelitian

Data yang diteliti adalah data hasil tangkapan ikan kembung (*Rastreligger sp.*) dari Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Kabupaten Demak, DMI (Index IOD) dari website <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/DATA/dmi.monthly.txt>, data klorofil-a dan SPL dari citra satelit Aqua MODIS berupa data harian (daily) level 3, data angin dari laman Copernicus menggunakan data satelit *Advanced Scatterometer* (ASCAT) dan curah hujan dari data hasil reanalysis ERA-5 dengan data yang digunakan adalah data bulanan rentang waktu dari tahun 2018 hingga 2020.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, dengan beberapa tahapan pengolahan data.

Pengolahan Data Penangkapan Ikan kembung (*Rastreligger sp.*)

Data ikan kembung diperoleh dari data tangkapan Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Kabupaten Demak dan diolah dengan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Hasil dari olahan tersebut berupa grafik hasil tangkapan ikan kembung secara bulanan yang disandingkan dengan data IOD, klorofil-a dan SPL selama 3 tahun (2018-2020).

Pengolahan Data Dipole Mode Index (DMI)

DMI merupakan anomali SPL di Samudera Hindia bagian barat dan bagian timur. Data variabilitas iklim IOD merupakan nilai indeks anomali Dipole Mode Index (DMI) selama 3 tahun. Nilai DMI dapat diunduh pada website <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/DATA/dmi.monthly.txt>. Data bulanan ini diklasifikasikan menjadi dua fenomena yaitu DMI Negatif dan DMI positif. Data bulanan yang diperoleh lalu dikelompokkan berdasarkan nilai anomali SPL. Kemudian dikompositkan berdasarkan kasus IOD Positif, IOD Netral dan IOD Negatif. Katagori yang digunakan untuk pembagian IOD sebagai berikut :

$Dipole\ Mode\ Index > +0,25^{\circ}C$	(IOD Positif)
$-0,25^{\circ}C < Dipole\ Mode\ Index < + 0, 25^{\circ}C$	(IOD Netral)
$Dipole\ Mode\ Index < 0, 25^{\circ}C$	(IOD Negatif)

Pengolahan Data Klorofil-a dan SPL

Data SPL dan klorofil-a yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari proses pengunduhan citra dari laman oceancolor menggunakan citra satelit Aqua MODIS berupa data harian (*daily*) level 3 dengan resolusi 4x4 km dalam bentuk format data *Network Common Data Form* (NetCDF). Data ini diolah menggunakan perangkat lunak SeaDAS untuk dilakukan pemotongan citra (*cropping*) sesuai dengan titik koordinat yang telah ditentukan oleh perangkat lunak Google Earth Pro. Citra yang telah dipotong selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk menghilangkan nilai "NaN" karena nilai tersebut tidak dapat terbaca satelit dikarenakan terhalang awan. Tahapan berikutnya adalah pengolahan menggunakan aplikasi ArcGIS untuk mengolah data citra tersebut menjadi bentuk visual peta. Peta tersebut lalu diatur skala dan rentang warnanya.

Pengolahan Data Angin

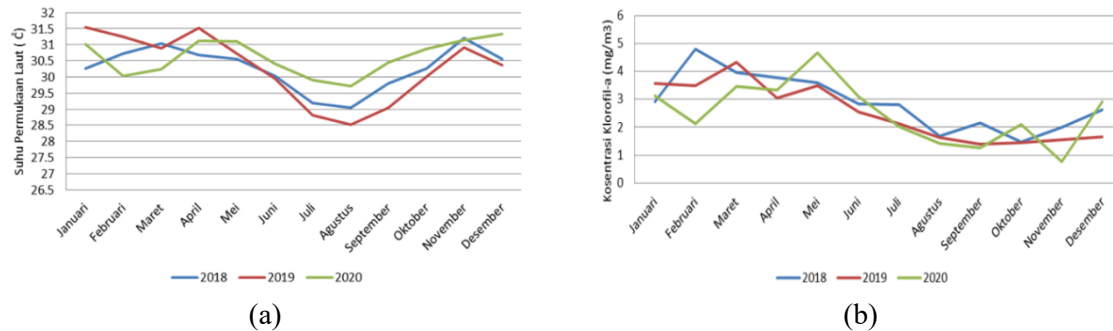
Data angin didapatkan dari laman copernicus menggunakan data satelit ASCAT yang kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak IDL. Data yang digunakan adalah data angin harian dengan komponen yang diperlukan adalah u (zonal) dan v (meridional) serta mempunyai resolusi 0,125⁰. Data angin kemudian diekstrak secara *daily* lalu diolah compile secara *monthly* dan *climatology* untuk membuat peta arah dan kecepatan angin serta untuk mengetahui nilai rata-rata, maksimum dan minimum dari kecepatan angin per bulan tiap tahunnya.

Pengolahan Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah reanalysis dari ERA-5 dengan format data NetCDF dengan resolusi 0,25⁰. Data dapat di download di <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>. Data curah hujan mencakup seluruh bumi yang akan diolah sesuai dengan cakupan wilayah penelitian. Data kemudian dikomposit menjadi data rata-rata klimatologi bulanan yang bertujuan untuk melihat pola sebaran curah hujan pada wilayah penelitian.

Tabel 1. Tingkat Hubungan Korelasi Berdasarkan Nilai Intervensi Korelasinya

Interval Korelasi	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat Rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat Kuat



Gambar 2. Grafik distribusi SPL (a) dan klorofil-a (b) tahun 2018-2020

Analisis Korelasi Temporal

Data SPL dan klorofil-a diuji korelasinya dengan variabel lainnya. Uji korelasi uji dilakukan terhadap data DMI dan hasil tangkapan menggunakan korelasi pearson (Walpole, 1988) seperti pada persamaan:

$$r^2 = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Keterangan: r^2 = korelasi; n = banyaknya data; x = variabel independen; y = variabel dependen

Hasil uji korelasi pearson disesuaikan dengan tingkat hubungan korelasi untuk diketahui tingkat keamatan hubungan antar variabel nya. Hubungan linear yang sempurna antar variabel terjadi bila nilai korelasi (r) mendekati +1 atau -1. Apabila r semakin mendekati 0 maka bisa dikatakan tidak ada hubungan antar variabel (Walpole, 1988). Analisis deskriptif juga digunakan untuk mengetahui lebih lanjut mengenai pengaruh IOD terhadap hasil tangkapan dengan memperhatikan hubungan antara DMI terhadap rata-rata hasil tengkapan tahunan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan Citra Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a

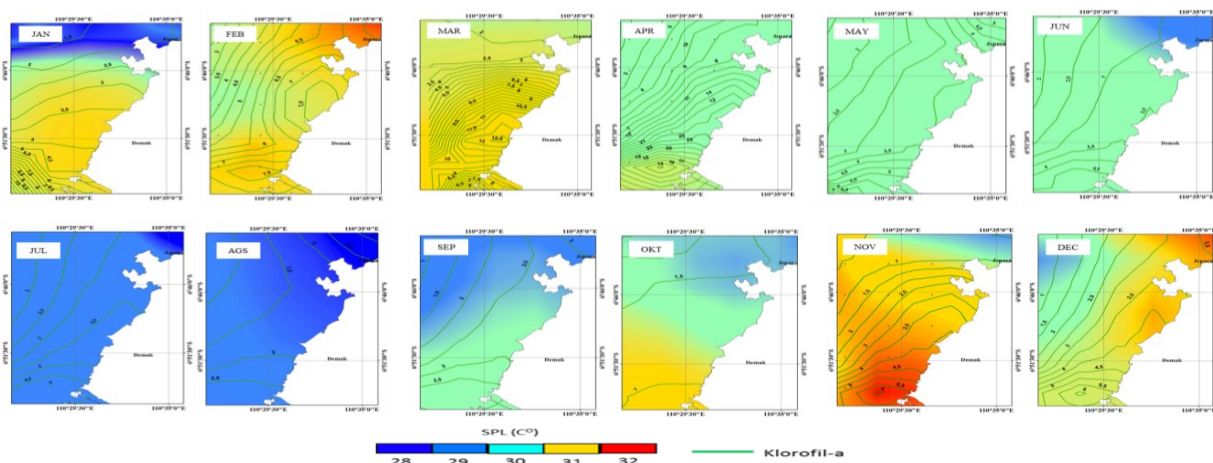
Hasil data SPL dan klorofil-a di perairan Kabupaten Demak selama 3 tahun (2018-2020) secara temporal dapat disajikan dalam Gambar 2. Terlihat bahwa SPL pada tahun 2018 menunjukkan nilai tertinggi yang terjadi pada musim peralihan II yaitu November dan terendah terjadi pada musim timur yaitu Agustus. Tahun 2019 nilai SPL yang tertinggi terjadi pada musim barat yakni Januari dan terendah terjadi pada musim timur yaitu Agustus. Nilai SPL tahun 2020 yang tertinggi terjadi pada musim Barat yakni Desember dan nilai terendah terjadi pada musim timur yaitu Agustus. Sebaran konsentrasi klorofil-a pada tahun 2018 tertinggi terjadi pada musim barat yaitu Februari dan terendah terjadi pada musim akhir peralihan II yaitu pada Oktober. Tahun 2019 nilai klorofil-a tertinggi terjadi pada musim peralihan I yaitu Maret dan terendah terjadi pada musim peralihan II yaitu pada September. Tahun 2020 nilai klorofil-a tertinggi terjadi pada akhir musim peralihan I yaitu Mei dan terendah terjadi pada musim barat yaitu pada November. Berdasarkan hasil bulanan nilai SPL dan klorofil-a pada Perairan Demak tahun 2018 – 2020, terdapat anomali korelasi antara nilai SPL dan klorofil-a. Saat musim Barat tahun 2018 dimana saat terjadi nilai konsentrasi klorofil-a tertinggi (4,80 mg/m³) pada Februari, nilai SPL juga mengalami nilai tertinggi (31,21°C) pada November. Pola tersebut cenderung berlaku tiap bulannya pada tahun 2018-2020. Anomali tersebut dapat dipengaruhi oleh fenomena IOD yang menyebabkan

penurunan dan kenaikan SPL dalam periode yang tidak teratur (Brewin *et al.*, 2012). Peningkatan konsentrasi klorofil-a pada perairan akan memengaruhi peningkatan produktivitas perairan. Proses fotosintesis oleh fitoplankton akan meningkat, yang juga dapat diindikasikan sebagai peningkatan jumlah hasil tangkapan ikan pada perairan tersebut (Sujana *et al.*, 2020).

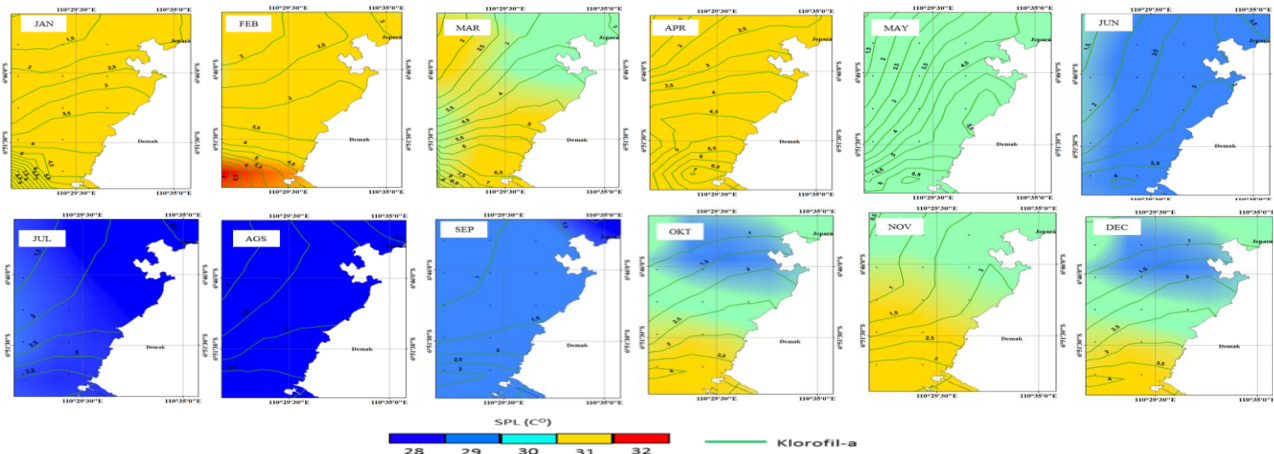
Variabilitas SPL dan Klorofil-a Secara Temporal

Nilai SPL pada tahun 2018 tertinggi terjadi pada musim peralihan II yaitu November sebesar $31,215^{\circ}\text{C}$ (Gambar 3) dan terendah terjadi pada musim timur yaitu Agustus sebesar $29,042^{\circ}\text{C}$. Tahun 2019 nilai SPL yang tertinggi terjadi pada musim barat yakni Januari sebesar $31,546^{\circ}\text{C}$ (Gambar 4) dan terendah terjadi pada musim timur yaitu Agustus sebesar $28,512^{\circ}\text{C}$. Nilai SPL tahun 2020 yang tertinggi terjadi pada musim barat yakni Desember sebesar $31,336^{\circ}\text{C}$ (Gambar 5) dan nilai terendah terjadi pada musim timur yaitu Agustus dengan nilai sebesar $29,710^{\circ}\text{C}$. Ditinjau dari pergerakan fluktuasi SPL pada grafik deret waktu, maka SPL di perairan Demak secara umum cenderung akan bergerak naik (suhu meningkat) terjadi pada musim peralihan II dan musim barat yaitu pada November hingga Januari dengan suhu berkisar $31,21^{\circ}\text{C}$ - $31,54^{\circ}\text{C}$. Sedangkan SPL cenderung bergerak turun (suhu menurun) pada musim timur yaitu Agustus yang berkisar antara $28,15^{\circ}$ - $29,71^{\circ}\text{C}$. Kenaikan SPL pada musim peralihan II-musim barat diduga terjadi karena 2 faktor, pertama rendahnya proses pelepasan panas karena kelembaban udara dan tutupan awan yang tinggi. Kedua karena pengaruh tingginya material padatan tersuspensi (MPT) yang masuk ke wilayah laut, yang menyebabkan radiasi cahaya matahari lebih banyak terserap ke kolom air, sehingga air menjadi lebih panas. Sebaliknya rendahnya SPL pada musim peralihan I-musim timur, diduga disebabkan 2 faktor, pertama peningkatan kecepatan angin. Menurut Wirasatriya *et al.* (2018), rendahnya SPL diakibatkan karena kecepatan angin meningkat, dengan kecepatan angin kuat, pelepasan panas laten juga tinggi. Fluks panas laten berperan penting dalam mengatur pelepasan panas yang dikendalikan oleh kecepatan angin. Pernyataan tersebut sesuai dengan data yang di hasilkan seperti pada November ketika kecepatan angin rendah yaitu sebesar $1,991\text{ m/s}$ justru nilai SPL mengalami peningkatan yaitu sebesar $31,215^{\circ}\text{C}$. Pola ini cenderung berlaku sama setiap bulannya selama 3 tahun (2018-2020). Variabel angin dan SPL mempunyai keterkaitan satu sama lain, hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai korelasi antara SPL dengan kecepatan angin pada musim peralihan II-musim barat memperoleh korelasi (r) sebesar $-0,421$ (Tabel 2) dan nilai korelasi musim peralihan I-musim timur sebesar $0,819$ (Tabel 2) yang diartikan bahwa SPL dan kecepatan angin pada musim peralihan II - musim barat memiliki hubungan berbanding terbalik sedang dan pada musim peralihan I-musim timur memiliki hubungan berbanding lurus sangat kuat. Kedua, rendahnya SPL pada musim peralihan I-musim timur juga karena kecilnya suplai MPT pada saat tersebut sehingga air lebih jernih, dan penyerapan panas di kolom air semakin lambat.

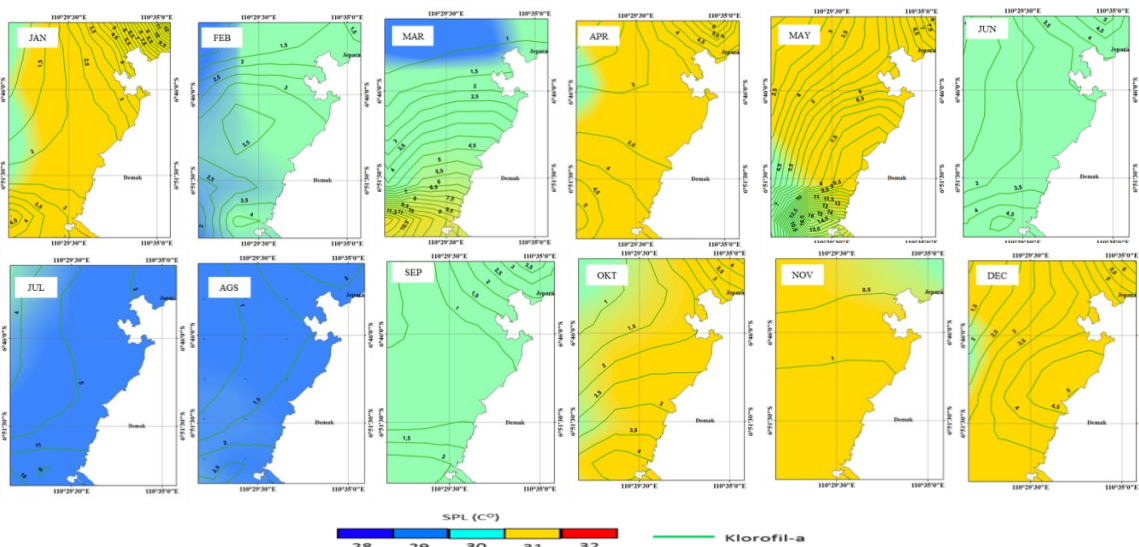
Sebaran konsentrasi klorofil-a di Kabupaten Demak (2018-2020) berkisar $0,77$ - $4,80\text{ mg/m}^3$ (Gambar 6). Nilai klorofil-a pada tahun 2018 tertinggi terjadi pada musim barat yaitu Februari sebesar $4,40\text{ mg/m}^3$ dengan rerata secara temporal sebesar $2,88\text{ mg/m}^3$ dan terendah terjadi pada akhir musim peralihan II yaitu pada Oktober sebesar $1,47\text{ mg/m}^3$ (Gambar 3). Tahun 2019 nilai klorofil-a tertinggi terjadi pada musim



Gambar 3. Distribusi Klorofil-a dan SPL Bulanan di Perairan Kabupaten Demak Tahun 2018



Gambar 4. Distribusi Klorofil-a dan SPL Bulanan di Perairan Kabupaten Demak Tahun 2019



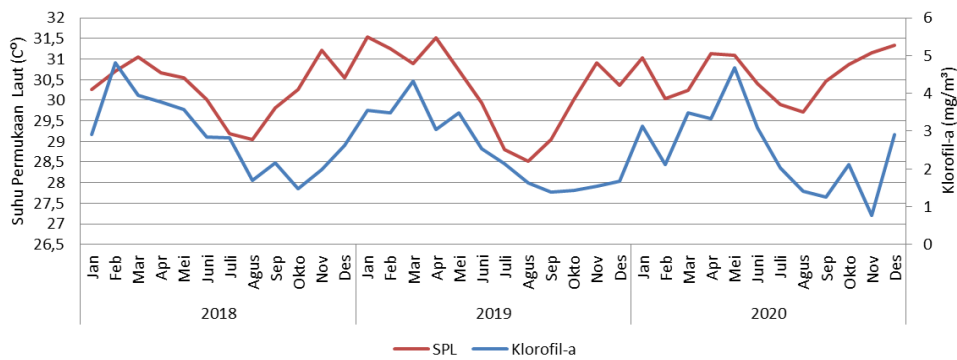
Gambar 5. Distribusi Klorofil-a dan SPL Bulanan di Perairan Kabupaten Demak Tahun 2020

peralihan I yaitu maret sebesar $4,32 \text{ mg/m}^3$ dengan rata-rata secara temporal sebesar $2,52 \text{ mg/m}^3$ dan terendah terjadi pada musim peralihan II yaitu pada September sebesar $1,38 \text{ mg/m}^3$. Tahun 2020 nilai klorofil-a tertinggi terjadi pada akhir musim peralihan I yaitu Mei sebesar $4,66 \text{ mg/m}^3$ dengan rerata secara temporal sebesar $2,52 \text{ mg/m}^3$ dan terendah terjadi pada musim barat yaitu pada November sebesar $0,77 \text{ mg/m}^3$. Berdasarkan hasil tersebut, nilai klorofil-a di perairan Kabupaten Demak dipengaruhi oleh intensitas curah hujan. Klorofil-a yang tinggi cenderung meningkat pada musim barat disebabkan oleh tingginya curah hujan pada saat itu yang diperkirakan membawa banyak nutrisi yang berasal dari daratan. Curah hujan yang umumnya tinggi di musim barat yang tinggi mampu membawa nutrisi yang tinggi melalui *runoff* sungai dari daratan dan bermuara di perairan Demak. Tahun 2018, ketika curah hujan tinggi (Februari) maka nilai klorofil-a juga mengalami peningkatan sebesar $4,80 \text{ mg/m}^3$. Tahun 2019, ketika curah hujan tinggi (Maret) maka nilai klorofil-a juga mengalami peningkatan sebesar $4,32 \text{ mg/m}^3$. Faktor lain yang mempengaruhi variabilitas klorofil-a yaitu kecepatan angin. Kecepatan angin yang tinggi akan berpengaruh terhadap nilai klorofil-a yang semakin tinggi juga. Hal ini terjadi diduga angin yang kuat akan menyebabkan proses *mixing* (Munandar *et al.*, 2021). Peningkatan proses *mixing* menyebabkan terangkatnya nutrisi di lapisan dalam naik ke permukaan. Peningkatan nutrisi di permukaan dengan dukungan cahaya matahari yang cukup akan meningkatkan proses fotosintesis yang memicu tingginya klorofil-a. Hasil korelasi antara klorofil-a dengan kecepatan angin, pada musim peralihan II - musim barat memperoleh korelasi sebesar 0,333 (Tabel 2) dan nilai korelasi musim peralihan I – musim timur sebesar -0,731 (Tabel 2) yang diartikan bahwa klorofil-a dan kecepatan angin pada

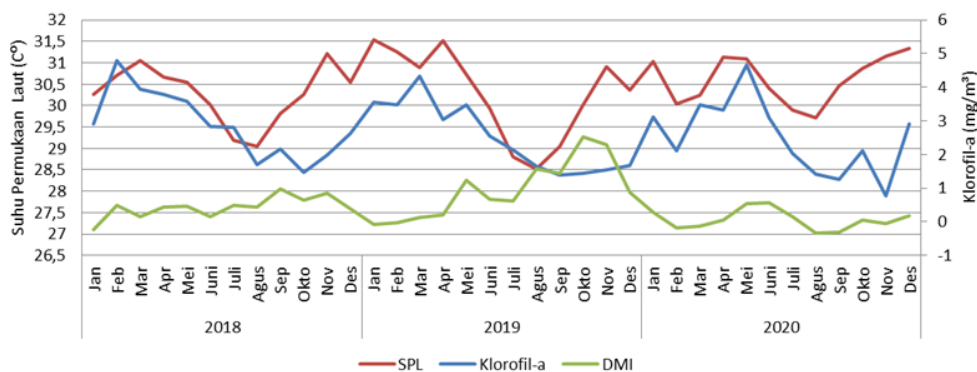
musim peralihan II - musim barat memiliki hubungan berbanding lurus rendah dan pada musim peralihan I – musim timur memiliki hubungan berbanding terbalik kuat. Nilai produktivitas primer tinggi dipengaruhi oleh lokasi penelitian yang dipengaruhi oleh dominasi mangrove dan adanya pengendapan. Vegetasi mangrove sebagai *nutrient trap* dan pengendapan membuat konsentrasi fitoplankton serta unsur zat hara berada di permukaan dan mendukung terjadinya proses fotosintesis. Serasah daun mangrove yang jatuh ke perairan akan mengalami dekomposisi dan mineralisasi yang akan memberikan tambahan nutrisi bagi pertumbuhan fitoplankton. Serasah yang dihasilkan oleh tumbuhan mangrove (terutama dalam bentuk daun) merupakan sumber karbon dan nitrogen bagi hutan itu sendiri dan perairan di sekitarnya.

Hubungan antara SPL dan DMI (Gambar 7) menunjukkan bahwa SPL tertinggi terjadi pada tahun 2020 hal tersebut bertepatan dengan fenomena IOD netral. Pada kondisi ini fenomena IOD tidak berpengaruh terhadap nilai SPL pada saat tersebut. Hal tersebut didukung oleh *Bureau of Metereology Australia* (2019), dalam Azuga *et al.* (2020) fase netral IOD tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan iklim dan nilai SPL mendekati normal. Sedangkan SPL terendah terjadi pada tahun 2019 hal tersebut bertepatan dengan fenomena IOD positif. Menurut Seprianto *et al.* (2016), menyatakan bahwa, Fenomena IOD Positif dengan SPL hangat di Samudera Hindia Bagian Barat menyebabkan angin dari Australia bertiup dengan intensitas kuat menuju Samudera Hindia Bagian Barat tersebut. Hubungan antara Klorofil-a dan DMI menunjukkan bahwa Klorofil-a tertinggi terjadi pada tahun 2019 didominasi oleh IOD positif dengan durasi kejadian selama 8 bulan sedangkan pada tahun 2020 nilai IOD Positif dengan durasi lebih sedikit dibandingkan pada tahun 2019 dan 2018 yaitu hanya 2 bulan. Pada kondisi ini fenomena IOD tidak berpengaruh terhadap nilai klorofil-a pada saat tersebut, namun dapat dipengaruhi oleh faktor lain yang terjadi di perairan. Menurut Nugraheni *et al.* (2014), Nilai klorofil-a tinggi tersebut terkait dengan lokasi penelitian yang dipengaruhi oleh dominasi mangrove dan adanya pengendapan. Vegetasi mangrove sebagai *nutrient trap* dan pengendapan membuat konsentrasi fitoplankton serta unsur zat hara berada di permukaan dan mendukung terjadinya proses fotosintesis.

Hubungan antara SPL dan IOD pada musim peralihan II-musim barat memiliki korelasi sebesar -0,221 yang berarti SPL dan IOD memiliki hubungan berbanding terbalik rendah dan peralihan I - musim timur memiliki nilai korelasi sebesar -0,326 berarti SPL dan IOD memiliki hubungan berbanding terbalik rendah.



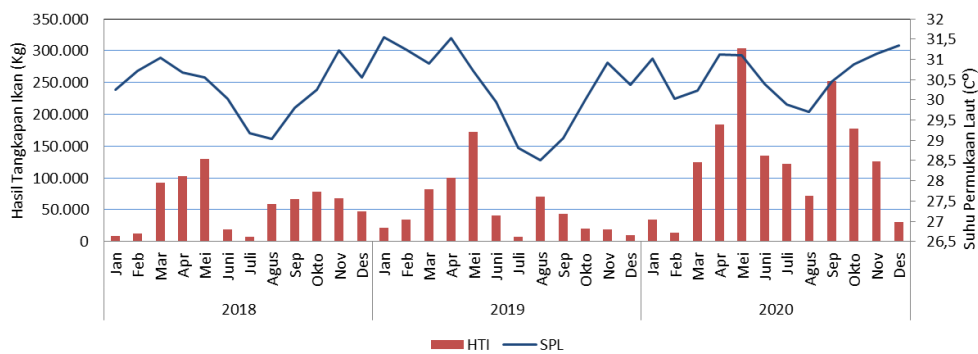
Gambar 6. Grafik Hubungan SPL dan Klorofil-a Tahun 2018-2020



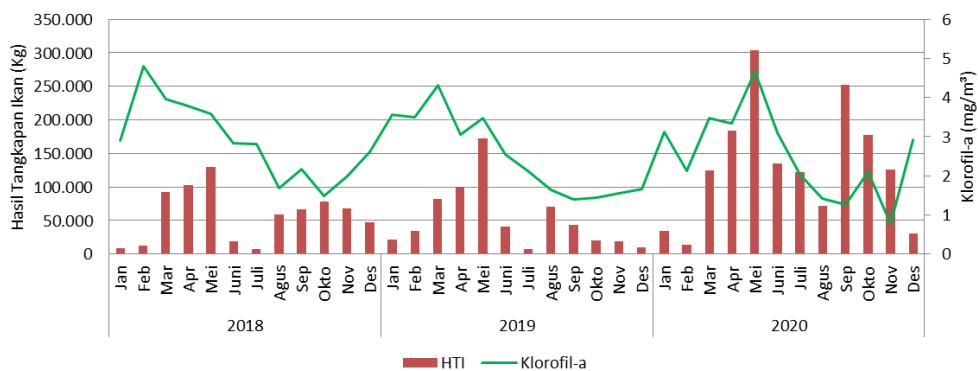
Gambar 7. Grafik Hubungan SPL, Klorofil-a dan DMI Tahun 2018-2020

Hubungan klorofil-a dan IOD pada musim peralihan II-musim barat memiliki nilai korelasi sebesar $-0,944$ yang berarti klorofil-a dan IOD memiliki hubungan berbanding terbalik sangat kuat dan peralihan I - musim timur memiliki nilai korelasi sebesar $-0,279$ yang berarti klorofil-a dan IOD memiliki hubungan berbanding terbalik lemah. IOD dapat berpengaruh secara spesifik pada perairan Samudra Hindia bagian timur secara global. Variabilitas SPL selama IOD negatif terjadi terkait dengan perubahan medan angin di tengah Samudera Hindia ekuator sehingga variabilitas nilai serta distribusi SPL relatif hangat daripada bagian barat. Hubungan antara SPL dan DMI dapat dilihat bahwa SPL tertinggi terjadi pada tahun 2020, hal tersebut bertepatan dengan fenomena IOD netral dengan nilai DMI berkisar $0,273$. Pada kondisi ini fenomena IOD tidak berpengaruh terhadap nilai SPL pada saat tersebut. Hal tersebut didukung oleh Brewin *et al.* (2012), Fase netral IOD tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan iklim dan nilai SPL mendekati normal. Sedangkan SPL terendah terjadi pada tahun 2019, hal tersebut bertepatan dengan fenomena IOD positif dengan nilai DMI berkisar $1,241$. Menurut Seprianto *et al.* (2016), fenomena IOD positif dengan SPL hangat di Samudera Hindia bagian barat menyebabkan angin dari Australia bertiup dengan intensitas kuat menuju Samudera Hindia bagian barat. Pada Equator angin tersebut di belokkan ke kanan sehingga menimbulkan angin dengan intensitas kuat menuju timur yang selanjutnya disertai penurunan SPL di Perairan Demak. Kondisi ini mengakibatkan angin bertiup kuat dari Samudera Hindia timur ke Samudera Hindia barat, sekaligus membawa massa air hangat dari timur ke barat, hal ini mengakibatkan slope muka air yang rendah di Samudera Hindia bagian timur dan tinggi di Samudera Hindia bagian barat.

Hubungan antara klorofil-a dan DMI dapat dilihat bahwa klorofil-a tertinggi terjadi pada tahun 2019 dan terendah terjadi pada tahun 2020. Hal ini dipengaruhi oleh variabilitas iklim yang terjadi pada tahun tersebut yaitu tahun 2019 didominasi oleh IOD positif dengan nilai DMI berkisar $1,241$ dengan durasi kejadian selama 8 bulan dan tahun 2020 dengan nilai DMI berkisar $0,273$ IOD Positif dengan durasi lebih sedikit dibandingkan pada tahun 2019 dan 2018 yaitu 2 bulan. Pada kondisi ini fenomena IOD tidak berpengaruh terhadap nilai klorofil-a, namun dapat dipengaruhi oleh faktor lain yang terjadi di perairan. Menurut Nugraheni *et al.* (2014), nilai klorofil-a tinggi tersebut terkait dengan lokasi penelitian yang dipengaruhi oleh dominasi mangrove dan adanya pengendapan. Vegetasi mangrove sebagai *nutrient trap* dan pengendapan membuat konsentrasi fitoplankton serta unsur zat hara berada di permukaan dan mendukung terjadinya proses fotosintesis.



Gambar 8. Grafik Hubungan SPL dan Hasil Tangkapan Ikan Kembang Tahun 2018-2020



Gambar 9. Grafik Hubungan Klorofil-a dan Hasil Tangkapan (HTI) Ikan Kembang Tahun 2018-2020

Serasah daun mangrove yang jatuh ke perairan akan mengalami dekomposisi dan mineralisasi yang akan memberikan tambahan nutrisi bagi pertumbuhan fitoplankton. Serasah yang dihasilkan oleh tumbuhan mangrove (terutama dalam bentuk daun) merupakan sumber karbon dan nitrogen bagi hutan itu sendiri dan perairan di sekitarnya. Selain itu nilai klorofil-a yang tinggi disebabkan juga oleh faktor curah hujan. Menurut Puryajati *et al.* (2021), peningkatan intensitas curah hujan, seiring perubahan bulan ke musim barat. Intensitas air hujan yang meningkat berakibat meningkatnya run off sungai-sungai di sekitar Demak. Salahsatunya sungai sayung yang didominasi oleh genera dari kelas Cyanophyceae dan Bacillariophyceae. Peningkatan nutrisi di pantai mengakibatkan meningkatnya konsentrasi fitoplankton yang sekaligus meningkatkan kadar klorofil-a di perairan tersebut.

Hasil rata-rata tangkapan ikan kembung pada Gambar 8 dan 9 menunjukkan bahwa nilai tertinggi terjadi pada Mei 2020. Sedangkan, hasil rata-rata tangkapan ikan terendah terjadi pada Juli 2018. Korelasi antara SPL dan HTI pada musim peralihan II dan musim barat yaitu sebesar -0,889 yang berarti memiliki hubungan berbanding terbalik sangat kuat. Sedangkan pada musim peralihan I dan musim timur (Tabel 2) yaitu sebesar 0,696 yang berarti memiliki hubungan berbanding lurus kuat. Ikan kembung selalu bermigrasi untuk mencari kondisi lingkungan yang sesuai dengan toleransi tubuhnya, salah satu parameter lingkungan tersebut adalah SPL, maka terdapat hubungan yang kuat antara SPL dan HTI. Korelasi Konsentrasi klorofil-a dan HTI pada musim peralihan I dan musim timur yaitu sebesar 0,711 yang berarti memiliki hubungan berbanding lurus kuat, dimana saat terjadi kenaikan klorofil-a maka akan diikuti dengan kenaikan HKI. Sedangkan pada musim peralihan II dan musim barat yaitu sebesar -0,657 yang berarti memiliki hubungan berbanding terbalik cukup kuat. Hubungan yang berbanding terbalik antara klorofil-a dan hasil tangkapan disebabkan oleh beberapa faktor seperti fenomena IOD. Fenomena IOD positif kuat terjadi pada Mei-November 2019 (Gambar 7). Fenomena IOD berpengaruh terhadap kecepatan angin dan curah hujan yang cenderung menguat. Hal tersebut diduga secara tidak langsung mengakibatkan nelayan pulang melaut lebih cepat atau bahkan menyebabkan nelayan tidak melaut sehingga produktivitas nelayan di pesisir utara Demak menurun.

Hasil pengolahan Korelasi Bivariate

Perhitungan nilai korelasi secara temporal selama 3 Tahun (2018-2020) dibagi menjadi 2 fase yaitu fase 1 (musim peralihan II-musim barat) dan fase 2 (musim peralihan I–musim timur). Pada Tabel 2.a menunjukkan nilai korelasi pearson pada variabel SPL, klorofil-a, HKI kembung, DMI, kecepatan angin, dan curah hujan pada musim peralihan II - musim barat. Sedangkan pada Tabel 2.b menunjukkan nilai korelasi pearson pada musim peralihan I – musim timur.

Tabel 2. Tabel Hasil Korelasi Bivariate Pearson Bulanan Periode dan Periode Musim Peralihan II hingga Musim Barat (a) dan Peralihan I – Musim Timur (b)

		Hasil Tangkapan (kg)	Indeks IOD (DMI)	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/l)	Kecepatan Angin (m/s)	Curah Hujan (mm)
Hasil Tangkapan (kg)	Pearson Correlation	1	0,517	-0,889	-0,657	0,360	-0,698
	Sig. (2-tailed)		0,294	0,018	0,157	0,484	0,123
Indeks IOD (DMI)	Pearson Correlation	0,517	1	-0,221	-0,944**	-0,489	-0,669
	Sig. (2-tailed)	0,294		0,674	0,005	0,325	0,146
SPL (°C)	Pearson Correlation	-0,889	-0,221	1	0,334	-0,421	0,353
	Sig. (2-tailed)	0,018	0,674		0,518	0,406	0,492
Klorofil-a (mg/l)	Pearson Correlation	-0,657	-0,944**	0,334	1	0,333	0,817
	Sig. (2-tailed)	0,157	0,005	0,518		0,519	0,047
Kecepatan Angin (m/s)	Pearson Correlation	0,360	-0,489	-0,421	0,333	1	-0,173
	Sig. (2-tailed)	0,484	0,325	0,406	0,519		0,742
Curah Hujan (mm)	Pearson Correlation	-0,698	-0,669	0,353	0,817	-0,173	1
	Sig. (2-tailed)	0,123	0,146	0,492	0,047	0,742	

(a)

		Correlations					
		Hasil Tangkapan (kg)	Indeks IOD (DMI)	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/l)	Kecepatan Angin (m/s)	Curah Hujan (mm)
Hasil Tangkapan (kg)	Pearson Correlation	1	0,406	0,696	0,711	-0,299	-0,099
	Sig. (2-tailed)		0,424	0,125	0,113	0,564	0,852
Indeks IOD (DMI)	Pearson Correlation	0,406	1	-0,326	-0,279	0,732	-0,925**
	Sig. (2-tailed)	0,424		0,528	0,592	0,098	0,008
SPL (°C)	Pearson Correlation	0,696	-0,326	1	0,917**	-0,819*	0,532
	Sig. (2-tailed)	0,125	0,528		0,010	0,046	0,277
Klorofil-a (mg/l)	Pearson Correlation	0,711	-0,279	0,917**	1	-0,731	0,577
	Sig. (2-tailed)	0,113	0,592	0,010		0,099	0,231
Kecepatan Angin (m/s)	Pearson Correlation	-0,299	0,732	-0,819*	-0,731	1	-0,855*
	Sig. (2-tailed)	0,564	0,098	0,046	0,099		0,030
Curah Hujan (mm)	Pearson Correlation	-0,099	-0,925**	0,532	0,577	-0,855*	1
	Sig. (2-tailed)	0,852	0,008	0,277	0,231	0,030	

(b)

KESIMPULAN

Sebaran spasial dan temporal SPL dan klorofil-a bervariasi tiap bulannya. SPL tinggi terjadi pada musim barat dan terendah terjadi pada musim timur, klorofil-a tinggi terjadi pada musim barat dan klorofil-a rendah terjadi pada akhir musim timur menuju peralihan II. Nilai DMI naik pada kondisi IOD positif, sehingga SPL menurun dan klorofil-a akan meningkat, sedangkan pada kondisi IOD netral SPL akan meningkat dan klorofil-a akan menurun di Perairan Demak. Keterkaitan antara IOD dan SPL menunjukkan nilai yang lemah negatif yaitu pada musim peralihan II hingga musim barat sebesar $r=-0,221$ dan pada musim peralihan I hingga timur sebesar $r=-0,326$, sedangkan hubungan IOD dan klorofil-a menunjukkan keterkaitan yang kuat negatif pada musim Peralihan II hingga musim Barat sebesar $r=-0,944$ dan pada musim Peralihan I hingga timur sebesar $r=-0,279$. Keterkaitan hasil tangkapan ikan kembung dengan SPL dan klorofil-a pada musim Peralihan II hingga musim Barat nilai menunjukkan keterkaitan yang kuat negatif sebesar $r=-0,889$ dan $r=-0,657$ sedangkan pada musim Peralihan I dan musim Timur menunjukkan keterkaitan yang kuat positif sebesar $r=0,696$ dan $r=0,711$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, S., Riyadi, S., Irmalita, T. 2019. Pendugaan Ukuran Pertama Kali Matang Gonad Ikan Kembung (*Rastreligger sp.*) Di Perairan Desa Sidangoli Dehe Kecamatan Jailolo Selatan Kabupaten Halmahera Barat. *Jurnal Biologis Tropis*, 19(1): 42-51. <https://doi.org/10.29303/jbt.v19i1.1008>.
- Adlina, K., Safira, A., Kohar, M., & Dian, W. 2021. Analisis Komoditas Unggulan Perikanan Tangkap Di Kabupaten Demak. *Journal Of Fisheries Resources Utilization Management And Technology*, 8(2): 16-25.
- Azuga, N. A., Galib, M. & Elizal. 2020. Analyzing The Effect Of Indian Ocean Dipole Phenomenon To The Anomalies Distribution Of Sea Surface Temperature In West Sumatera. *Asian Journal Of Aquatic Sciences*, 3(3): 260-270. <https://doi.org/10.31258/ajoas.3.3.260-270>.
- Brewin, R. J. W., Hirata, T., Hardman-Mountford, N. J., Lavender, S. J., Sathyendranath, S., Barlow, R. 2012. The influence of the Indian Ocean Dipole on interannual variations in phytoplankton size structure as revealed by Earth Observation. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 77-80: 117-127. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.04.009>.
- Gaol, J. L. & Sadhotomo, B. 2007. Karakteristik dan Variabilitas Parameter-Parameter Oseanografi Laut Jawa Hubungannya dengan Distribusi Hasil Tangkapan Ikan. *J. Lit. Perikan. Ind.*, 13(3): 201-211. <http://doi.org/10.15578/jppi.13.3.2007.201-211>.
- Sujana, I. D. G. A., Putra, I. D. N. N., & Puspitha, N. L. R. 2020. Pengaruh Indian Ocean Dipole (IOD) Terhadap Produksi Penangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*) di Perairan Selat Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1): 51–58. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i01.p07>.
- Intansari, G., Jumarang, M. I., Apriansyah. 2018. Variabilitas Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di Perairan Selat Karimata. *Prisma Fisika*, 6(1): 76-79. <https://doi.org/10.26418/pf.v6i1.23638>.
- Munandar, B., Wirasatriya, A., Sugianto, D. N., Ambariyanto, & Sunaryo. 2021. Respon Kecepatan Angin Terhadap Variabilitas Klorofil-a di Laut Filipina Dan Maluku Bagian Utara. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3): 269-276. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.38273>.
- Nugraheni, D. D., Zainuri, M., Ati, R. N, A. 2014. Studi Tentang Variabilitas Klorofil-A Dan Net Primary Productivity Di Perairan Morosari, Kecamatan Sayung, Demak. *Journal of Oceanography*, 3(4): 519-527.
- Puryajati, A. D., Wirasatriya, A., Maslukah, L., Sugianto, D. N., Ramdani, F., Jalil, R., Andrawina, Y. O. 2021. The Effect of ENSO and IOD on The Variability of Sea Surface Temperature and Rainfall in The Natuna Sea. *6th International Conference on Tropical Coastal Region Eco-Development 2020*, 27-28 October 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012020>.
- Setiyarso, B., Muryani, C., & Sarwono, S. 2016. Analisis perubahan garis pantai dan perubahan penggunaan lahan Kabupaten Rembang tahun 2003-2014. *Jurnal GeoEco*, 2(1), 67–79.
- Rahayu, N. D., Bandi, S., Nurhadi, B. 2018. Analisis Pengaruh Fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) Terhadap Curah Hujan Di Pulau Jawa. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1): 57-67. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.19299>.
- Seprianto, A., Kunarso, Wirasatriya, A. 2016. Studi Pengaruh El Nino Southern Oscillation (Enso) Dan Indian Ocean Dipole (IOD) Terhadap Variabilitas Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil-A Di Perairan Karimunjawa. *Journal of Oceanography*, 5(4): 452 – 461.
- Sugiarto. 1986. *Ikan laut Indonesia*. LIPI, Jakarta.

- Walpole, R. E. 1988. *Pengantar Statistika*, Edisi 3, diterjemahkan oleh Bambang Sumantri. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wirasatriya, A., Kunarso, Maslukah, L., Satriadi, A., and Armanto, R. D. 2018. Different Responses of Chlorophyll-a Concentration and Sea Surface Temperature (SST) on Southeasterly Wind Blowing in the Sunda Strait. *The 2nd International Symposium on Marine and Fisheries Research*, Yogyakarta, 24–25 July 2017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/139/1/012028>.