

Identifikasi Daerah Upwelling Berdasarkan Indikator Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Perairan Selat Sunda Tahun 2010 - 2019

Fie'ulya Yusro Ramadlanie, Elis Indrayanti dan Gentur Handoyo

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

Abstrak

Selat Sunda merupakan perairan yang menghubungkan Laut Jawa dengan Samudera Hindia. Pencampuran kedua massa air di Selat Sunda akan mempengaruhi kesuburan perairan. Salah satu fenomena yang berkaitan erat dengan kesuburan perairan adalah *upwelling*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan daerah terindikasi *upwelling* di Selat Sunda berdasarkan indikator klorofil-a dan suhu permukaan laut (SPL). Data yang digunakan meliputi data SPL dari citra Aqua MODIS, data klorofil-a dari OC-CCI, dan data kecepatan angin dari ASCAT. Pengolahan data dengan metode komposit menggunakan bahasa pemrograman IDL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak peristiwa *upwelling* terjadi di Selat Sunda bagian selatan dengan intensitas medium pada musim peralihan 2 dengan nilai klorofil-a sebesar $0,77 \text{ mg/m}^3$ dan SPL $28,5^\circ\text{C}$ dikarenakan adanya arus yang bergerak ke arah barat sampai pada Selat Sunda yang didorong oleh kencangnya angin muson tenggara. Sedangkan pada perairan Selat Sunda bagian utara yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa dan dikelilingi oleh pulau-pulau kecil memiliki nilai konsentrasi klorofil-a yang cenderung konstan berkisar $0,3 - 0,5 \text{ mg/m}^3$ dengan nilai SPL tinggi berkisar $29^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$.

Kata kunci: Klorofil-a, Selat Sunda, SPL, Upwelling

Abstract

Identification of Upwelling Areas Based on Indicators of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a in Sunda Strait Waters in 2010–2019

The Sunda Strait is a strait that connects the Java Sea with the Indian Ocean. The mixing of the two water masses in the Sunda Strait will affect seawater productivity. One phenomenon that is closely related to seawater productivity is upwelling. This study aims to determine areas indicated for upwelling in the Sunda Strait based on chlorophyll-a indicators and sea surface temperature (SST). The data used includes SST data from Aqua MODIS, chlorophyll-a data from OC-CCI, and wind speed data from ASCAT. Data processing with the composite method using the IDL programming language. The results showed that the peak of upwelling occurred in the southern part of the Sunda Strait with medium intensity during transitional season 2 with a chlorophyll-a value of 0.77 mg/m^3 and an SST of 28.5°C due to currents moving westward to the Sunda Strait, driven by strong southeast monsoon winds. Whereas in the northern part of the Sunda Strait, which is directly adjacent to the Java Sea and surrounded by small islands, the concentration of chlorophyll-a tends to be constant, ranging from $0.3-0.5 \text{ mg/m}^3$ with high SST values ranging from $29-30^\circ\text{C}$.

Keywords: Chlorophyll-a, Sunda Strait, SST, Upwelling

PENDAHULUAN

Selat Sunda merupakan salah satu perairan yang memiliki peran penting dalam sirkulasi massa air di Indonesia yang memisahkan Pulau Sumatera dan Pulau Jawa dan merupakan jalur penghubung Laut Jawa dengan Samudera Hindia. Tinggi muka air Laut Jawa lebih tinggi dibandingkan di Samudera Hindia sehingga massa air bergerak menuju Samudera Hindia, terjadilah pertukaran massa air antara Laut Jawa dengan Samudera Hindia (Amri, 2008; Li *et al.*, 2018). Menurut Tarigan *et al.*, (2020), pencampuran kedua massa air tersebut membawa dampak positif terhadap kualitas massa air di Perairan Selat Sunda, salah satunya yaitu berpengaruh terhadap kandungan zat hara (*nutrient*), klorofil, dan fitoplankton.

Bagian utara perairan Selat Sunda yang berhubungan langsung dengan Laut Jawa memiliki kedalaman kurang dari 50 meter, sedangkan pada bagian selatan yang berhubungan dengan Samudera Hindia memiliki kedalaman laut lebih dari 1000 meter (Rahmawitri *et al.*, 2016). Amri (2008) menduga bahwa pada bagian

tengah perairan Selat Sunda terdapat daerah tubir sebagai batas dasar perairan dangkal dengan perairan dalam dengan pola memanjang utara selatan, sehingga pada lokasi tersebut biasanya ditemukan indikasi terjadi *upwelling* pada musim timur dan musim peralihan 2. *Upwelling* menyebabkan massa air naik membawa air dingin dengan kandungan nutrient tinggi yang berguna untuk pertumbuhan fitoplankton sehingga daerah *upwelling* merupakan daerah subur dicirikan dengan tingkat produktivitas perikanan tinggi (Wirasatriya *et al.*, 2018). Wilayah *upwelling* umumnya ditandai dengan suhu permukaan yang lebih rendah dari sekitarnya dengan fluktuasi suhu sekitar 2 °C dan kandungan klorofil-a tinggi yaitu $\geq 0,4$ mg/m³ (Yuhendasmiko *et al.*, 2016). Variabilitas spasial suhu permukaan laut mempengaruhi kehidupan organisme yang ada di dalam laut sehingga suhu permukaan laut berperan penting sebagai sarana untuk pendugaan dan penentuan lokasi *upwelling* (Ramadani *et al.*, 2022).

Selat Sunda memiliki luas ± 8.138 km² (Mawaddah *et al.*, 2021). Penggunaan penginderaan jauh dirasa lebih efektif dan efisien karena dapat mencakup wilayah cakupan penelitian yang lebih luas dibandingkan dengan pengukuran langsung. Identifikasi variabilitas suhu permukaan laut menggunakan data citra *Aqua MODIS* karena memiliki resolusi temporal yang cukup tinggi yang memudahkan peneliti untuk mengamati fenomena *upwelling* secara berkelanjutan. Data klorofil-a dari OC-CCI lebih detail merupakan gabungan dari citra *Aqua-MODIS*, *SeaWiFS*, *MERIS*, dan *VIIRS*.

Kajian *upwelling* di Selat Sunda sebelumnya pernah dilakukan oleh Amri *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa fenomena *upwelling* di Selat Sunda berkaitan dengan bentuk topografi dasar laut dan pergerakan arus yang berasal dari Samudera Hindia, pada lapisan dalam Selat Sunda memiliki kecepatan lebih kuat dibandingkan pada bagian permukaan, sehingga dorongan arus kuat dari Samudera Hindia menyebabkan terjadinya *upwelling* di sekitar daerah tubir. Wirasatriya *et al.*, (2018) mengamati pengaruh dari angin muson tenggara terhadap sebaran klorofil-a dan suhu permukaan, namun penelitian hanya difokuskan pada bulan September pada tahun 2006-2016. Oleh karena itu penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi daerah *upwelling* di Selat Sunda pada semua musim. Informasi yang diperoleh diharapkan dapat menjadi masukan dalam optimalisasi kegiatan penangkapan ikan, khususnya dalam penentuan waktu tangkap dan lokasi penangkapan (*fishing ground*).

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data SPL harian yang diperoleh dari citra *Aqua MODIS* level 3 dengan resolusi 4 x 4 km diunduh dari <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Data klorofil menggunakan data harian yang diperoleh dari citra *Ocean Colour Climate Change Initiative* (OC-CCI) level 3 dengan resolusi 4 x 4 km diunduh dari <https://www.oceancolour.org/>, dan data kecepatan dan arah angin *ASCAT* (*Advanced Scatterometer*) dengan resolusi spasial 12,5 x 12,5 km dengan bias 0.2 m/s (Stoffelen *et al.*, 2017) yang diunduh melalui <http://marine.copernicus.eu>.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Pengolahan Data Suhu Permukaan Laut , Klorofil-a dan angin menggunakan *Software IDL* (*Interactive Data Language*) , sebagai berikut :
 - a) Tahap pertama yaitu ekstrak data. Data yang semula dalam format *.nc disimpan dalam format *.sav agar mudah diolah untuk tahap selanjutnya.
 - b) Selanjutnya yaitu tahap kompilasi bulanan. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan rata-rata terhadap nilai data harian yang dilakukan rata-rata secara bulanan dari tahun 2010-2019 menggunakan persamaan (1)
 - c) Tahap kompilasi klimatologi, pada kompilasi klimatologi bulanan data dirata-rata setiap bulannya pada data spasial bulanan dalam rentang waktu 2010-2019.
 - d) Konversi Klimatologi. Konversi dilakukan untuk mengkonversi data menjadi format *.txt dan data yang diinput adalah data hasil kompilasi klimatologi.
 - e) Selanjutnya *Plotting* data. Data diplotkan ke dalam bentuk grafik *time series*.

Pengolahan data kompilasi bulanan menggunakan rumus berikut (Wirasatriya *et al.*, 2017).

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

Dimana:

- $\bar{x}b(x, y)$ = Rata – rata bulanan
- $xi(x, y, t)$ = Data harian ke-i pada posisi bujur x, lintang y dan jam ke-t
- n = Jumlah total hari dalam 1 bulan
- $i = 1$ = periode pengamatan hari ke-1
- *Jika xi = NaN, maka data tersebut tidak memiliki nilai (data kosong) dan tidak dimasukkan dalam perhitungan rata – rata.

2. Penentuan Daerah Upwelling

Overlay data klorofil-a dan suhu permukaan laut. Klasifikasi intensitas *upwelling* berdasarkan hasil perhitungan nilai maksimum, minimum, rata-rata, dan standar deviasi dari data klorofil-a dan suhu permukaan laut. Menurut Yuhendrasmiko *et al.*, (2016), suatu daerah terindikasi terjadi fenomena *upwelling* apabila memiliki nilai indikator suhu <27 °C dengan konsentrasi klorofil-a >0,4 mg/m³.

3. Analisis Korelasi

Untuk melihat persebaran *upwelling* melalui konsentrasi klorofil-a dan SPL secara lebih detail, maka berdasarkan hasil yang diperoleh akan diplotkan 4 wilayah berdasarkan kandungan konsentrasi klorofil-a. Dimana wilayah A merupakan daerah dengan konsentrasi klorofil tinggi, daerah B merupakan daerah dengan konsentrasi klorofil-a menengah/ sedang dan daerah C merupakan daerah dengan konsentrasi klorofil-a rendah, daerah D merupakan daerah dengan konsentrasi klorofil-a menengah/ sedang. Selanjutnya dilakukan analisa korelasi untuk mengetahui keterkaitan antara angin terhadap SPL dan klorofil-a. Korelasi dapat dihitung dengan rumus menurut Candra dan Sakban (2016):

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

Dimana:

- r = nilai koefisien korelasi
- x = nilai variabel pertama
- y = nilai variabel kedua
- N = jumlah data

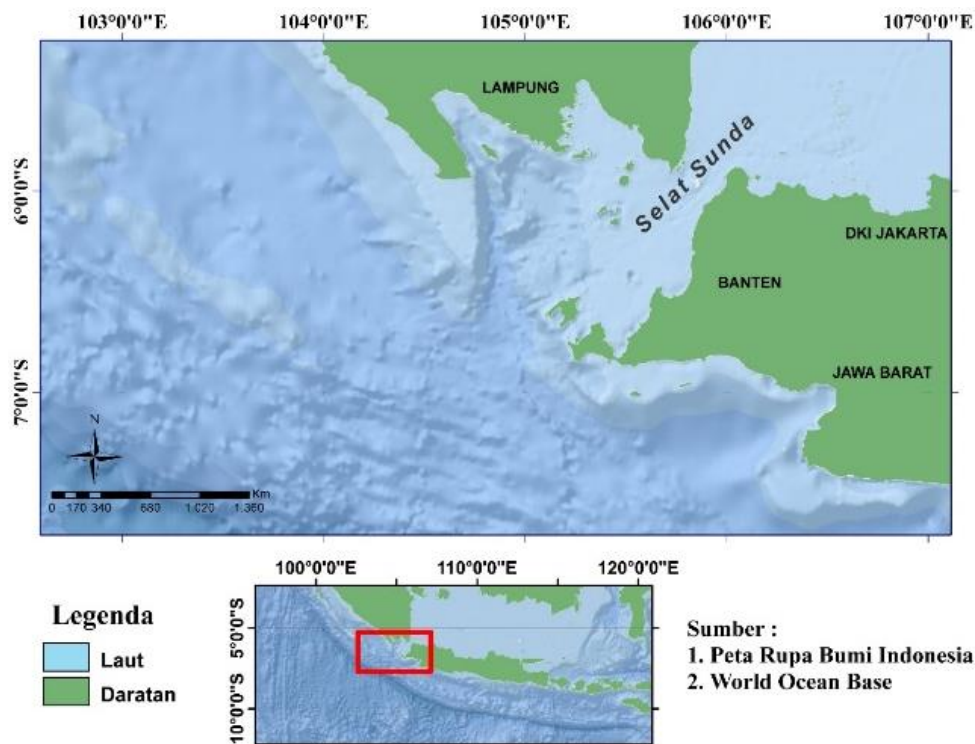
Tabel 1. Nilai Kekuatan Hubungan Hasil Korelasi

Koefisien Korelasi	Interpretasi Hubungan
0 – 0,19	Sangat Rendah
0,2 – 0,39	Rendah
0,4 – 0,59	Sedang
0,6 – 0,79	Kuat
0,8 – 1	Sangat Kuat

(Sumber : Candra and Sakban, 2016)

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 10 tahun dari Januari 2010 sampai Desember 2019 di perairan Selat Sunda pada koordinat $5^{\circ}\text{LS} - 8^{\circ}\text{LS}$, $103^{\circ}\text{BT} - 107^{\circ}\text{BT}$. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

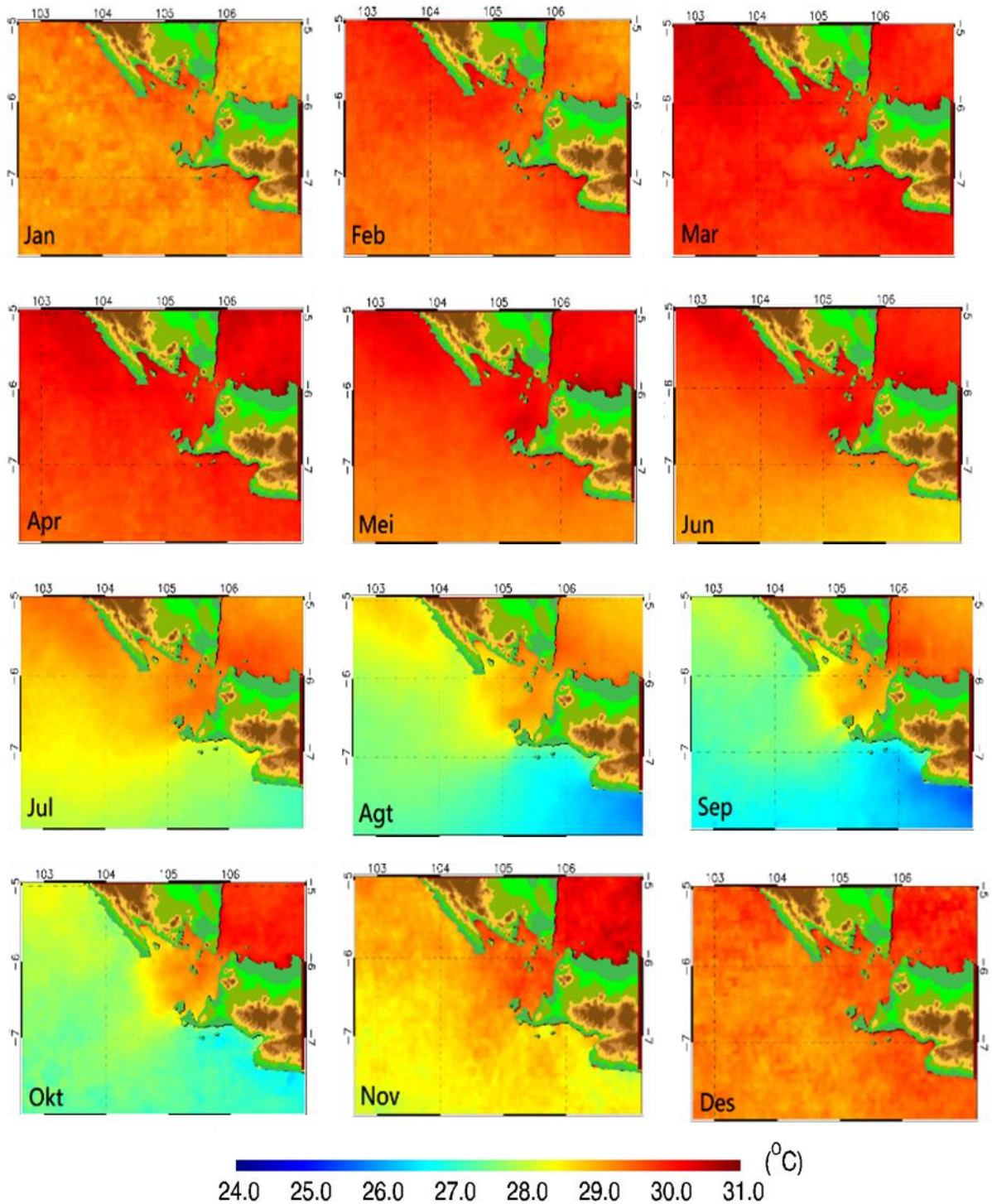


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Suhu Permukaan Laut (SPL)

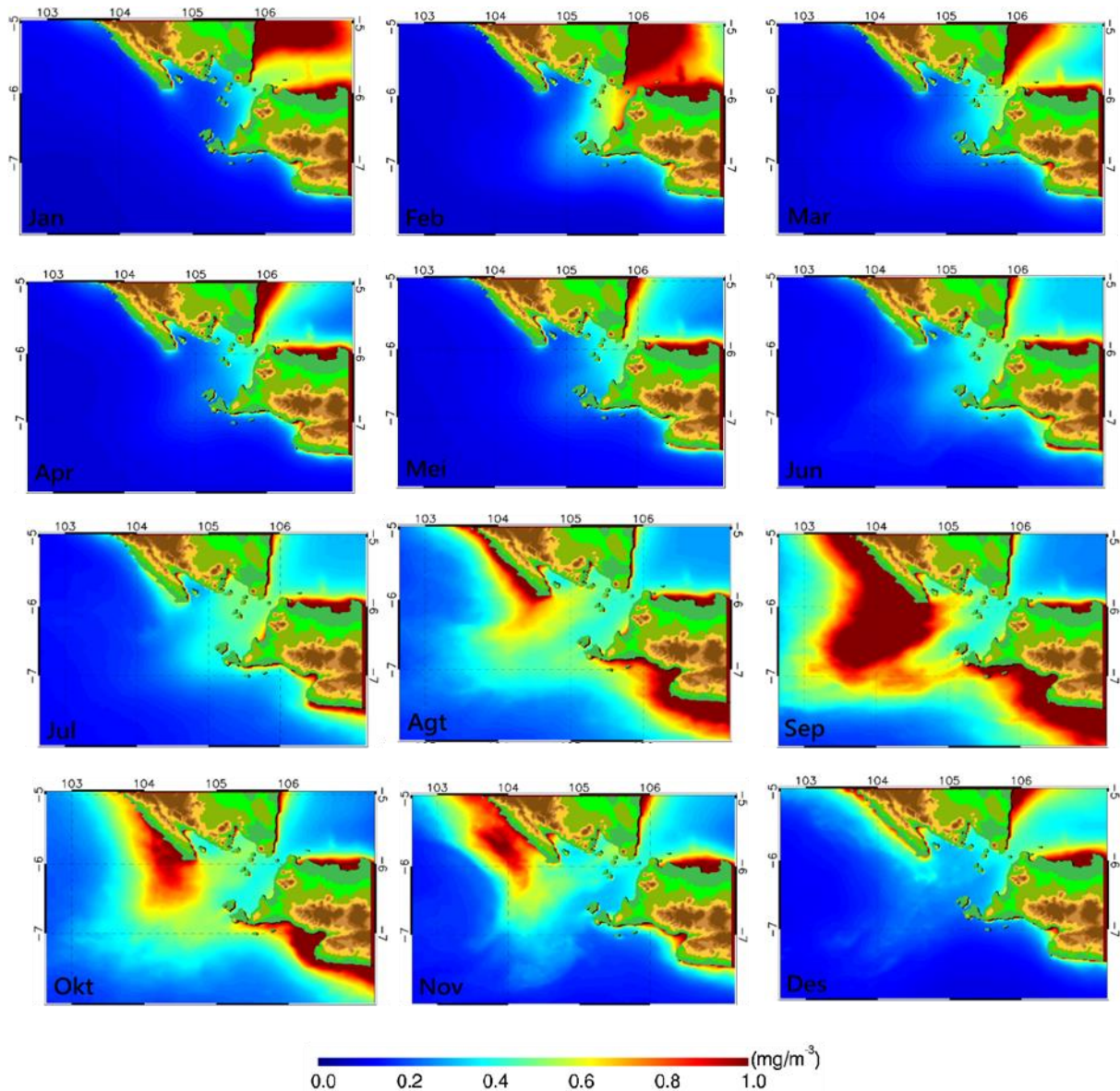
Distribusi spasial SPL rerata klimatologis selama 10 tahun (2010-2019) di perairan Selat Sunda dan sekitarnya disajikan pada Gambar 2. Nilai SPL tertinggi (panas) yaitu berada di bulan Maret nampak seragam secara spasial tersebar merata di wilayah penelitian dengan nilai sekitar 30°C . Sedangkan distribusi SPL terendah yaitu di bulan September secara spasial sebarannya nampak bervariasi, paling rendah berada di selatan Jawa sekitar $26,5^{\circ}\text{C}$, memasuki wilayah perairan Selat Sunda nilai SPL naik berkisar $28,5^{\circ}\text{C}$ dan kembali turun di wilayah barat Sumatera yaitu sekitar $27,5^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2. Variasi SPL di Selat Sunda Secara Klimatologi Tahun 2010 – 2019

Distribusi Spasial Klorofil-a

Distribusi klorofil-a rata-rata klimatologis selama 10 tahun (2010-2019) di wilayah perairan Selat Sunda dan sekitarnya ditunjukkan pada Gambar 3.

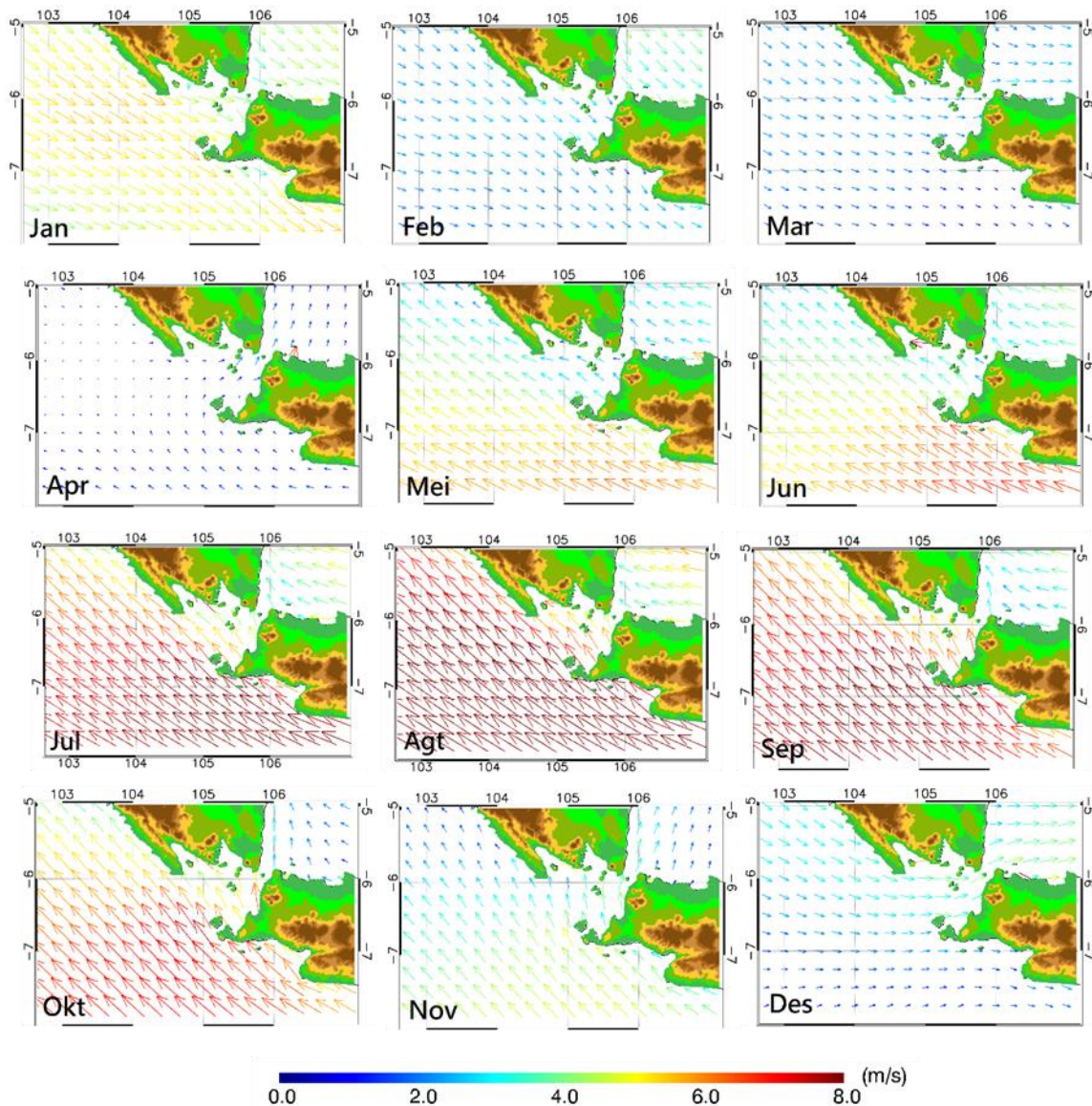


Gambar 3. Variasi klorofil-a di Selat Sunda Secara Klimatologi Tahun 2010 – 2019

Secara keseluruhan di wilayah kajian, nampak bahwa distribusi klorofil-a terendah terdapat pada bulan Januari, secara spasial sebarannya relatif homogen menyebar merata dari selatan Jawa sampai pada barat Sumatera dengan konsentrasi berkisar 0,1 mg/m³. Sedangkan konsentrasi klorofil-a tertinggi terlihat berada pada bulan September terutama di wilayah selatan Jawa sampai barat Sumatera dengan konsentrasi ≥ 1 mg/m³. dan cakupan wilayah yang luas hampir merata, sedangkan di bagian tengah Selat Sunda nampak lebih rendah dari wilayah perairan lainnya dengan konsentrasi bervariasi berkisar 0,5-0,7 mg/m³.

Distribusi Arah dan Kecepatan Angin

Distribusi pola arah angin dan kecepatan angin rata-rata selama 10 tahun (2010-2019) di Selat Sunda dan sekitarnya ditunjukkan pada Gambar 4.

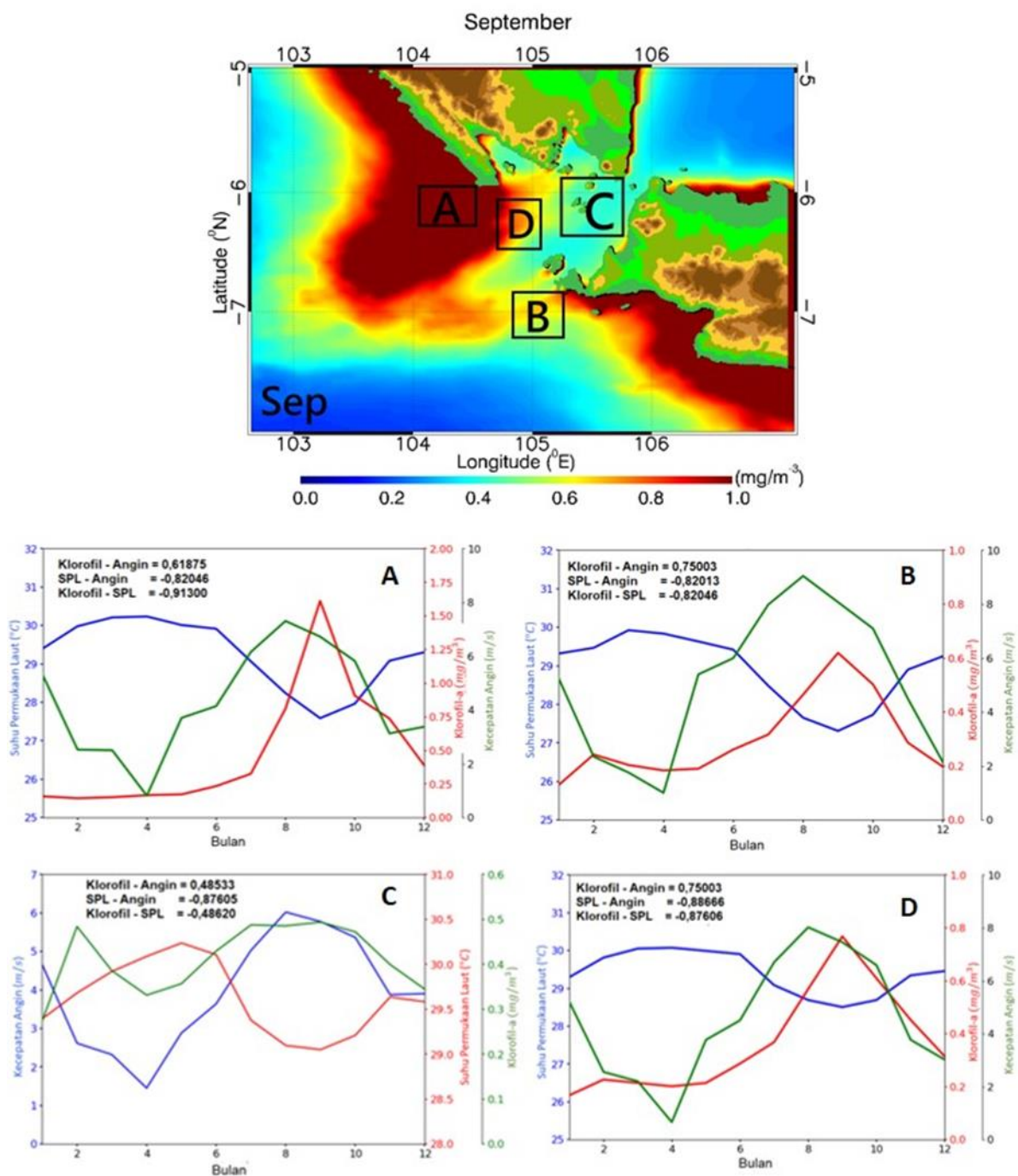


Gambar 4. Variasi Angin di Selat Sunda Secara Klimatologi Tahun 2010 – 2019

Pola sebaran arah angin pada bulan Desember - Maret berhembus dari barat laut menuju tenggara. Kemudian di bulan April arah angin berbalik berhembus dari tenggara ke barat laut dengan kecepatan sangat rendah berkisar 1,5 m/s konstan di semua wilayah perairan. Kecepatan angin paling kencang pada bulan Agustus dan September yang berhembus dari tenggara ke arah barat laut dengan kecepatan relatif homogen berkisar 7 m/s, di perairan Selat Sunda nampak kecepatan angin mulai turun dan paling rendah dibandingkan wilayah lainnya.

Korelasi Klorofil-a, SPL, dan Angin

Selanjutnya pada lokasi penelitian, dipilih 4 lokasi untuk mempresentasikan 4 wilayah berbeda berdasarkan distribusi klorofil-a, yaitu lokasi A, B, C, dan D. Lokasi A merupakan perairan barat Sumatera, lokasi B selatan Ujung Kulon, bagian C perairan Selat Sunda bagian utara, dan Lokasi D perairan Selat Sunda bagian selatan. Karena konsentrasi klorofil-a maksimum ditemukan pada bulan September, distribusi klorofil-a pada bulan September dipilih sebagai dasar pemilihan wilayah seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik *Time Series* Klorofil-a, SPL, dan Angin Klimatologi Tahun 2010 – 2019

Di Wilayah A, konsentrasi klorofil-a tertinggi pada bulan September sebesar 1,6 mg/m³ dan kecepatan angin tertinggi di bulan Agustus sebesar 7,3 m/s diikuti nilai SPL terendah sebesar 27,6 °C. Hasil korelasi antara klorofil-a dan angin di wilayah A memiliki korelasi positif kuat ($r = 0,62$) yang menunjukkan hubungan lurus antara klorofil-a dengan angin. Korelasi klorofil-a dengan SPL ($r = -0,9$). Korelasi SPL dengan angin nilai r sebesar $-0,8$. Angin sangat mempengaruhi distribusi SPL dan klorofil-a. Sebaran klorofil-a, SPL (**Gambar 5**). Variasi tersebut dapat digunakan sebagai indikator penentuan daerah *upwelling* yang berguna untuk penentuan daerah *fishing ground*. Pada musim barat (Desember, Januari, Februari) tampak bahwa

upwelling lemah dengan konsentrasi klorofil-a 0,14 - 0,35 mg/m³ dan nilai SPL tinggi berkisar 29 - 30° C. Menurut Silubun *et al.*, (2015), pada musim barat tidak terindikasi adanya *upwelling* dikarenakan SPL meningkat dan klorofil-a rendah. Pada musim timur (Juni, Juli, Agustus) terdapat *upwelling* dengan intensitas medium. Sesuai dengan penelitian (Silubun *et al.*, 2015), yang menyatakan bahwa tiupan angin di perairan barat Sumatera pada musim timur relatif lebih tinggi diantara musim lainnya sehingga mempengaruhi intensitas *upwelling*. Puncak *upwelling* terjadi di bulan September, hembusan angin kencang 6,7 m/s yang berasal dari Australia ini menyebabkan *mixing* yang cukup kuat sehingga menyebabkan pendinginan suhu air laut dengan nilai terendah sebesar 27,5° C yang diikuti kandungan klorofil-a tertinggi yaitu 1,6 mg/m³.

Intensitas *upwelling* tinggi di wilayah A terjadi di akhir musim timur (Agustus) dan dimusim peralihan II (September), sesuai dengan Silubun *et al.*, (2015) menjelaskan bahwa adanya intensitas *upwelling* kuat pada musim timur dan peralihan II di perairan selatan Jawa dan barat Sumatera disebabkan adanya tiupan angin yang kencang. Kuswanto *et al.*, (2017) juga mengatakan di Perairan Teluk Lampung kandungan klorofil-a di musim timur dan peralihan II lebih tinggi dibanding musim barat dan peralihan I disebabkan adanya muson tenggara pada bulan Juli - Oktober menyebabkan terjadinya *upwelling* di Selatan Jawa, sirkulasi masa air yang sangat kuat saat *upwelling* menyebabkan arus khatulistiwa selatan tertekan ke utara menuju Teluk Lampung dan ke barat perairan barat Sumatera. Sehingga menurut Amri *et al.*, (2013) mengemukakan bahwa di perairan Barat Sumatera mekanisme terjadinya *upwelling* diakibatkan oleh kekosongan massa air permukaan di perairan pantai yang kemudian diisi oleh massa air dari perairan yang lebih dalam. Memasuki musim Timur tampak mulai ada *upwelling* di selatan Jawa dimulai pada bulan Juni dengan intensitas medium. Fenomena *upwelling* pada umumnya terjadi lebih dahulu di perairan selatan Jawa dan sekitar satu bulan kemudian baru terjadi di barat Sumatera. Susanto *et al.*, (2001) menjelaskan bahwa SPL rendah sebagai indikator *upwelling* dimulai pada daerah selatan Jawa Timur yang bergeser ke arah barat yaitu selatan Jawa Tengah dan selatan Jawa Barat baru kemudian bergerak ke arah barat laut (barat Sumatera), diduga pergerakan tersebut akibat perubahan musiman angin yang bertiup sepanjang pantai serta adanya perubahan lintang sebagai parameter coriolis.

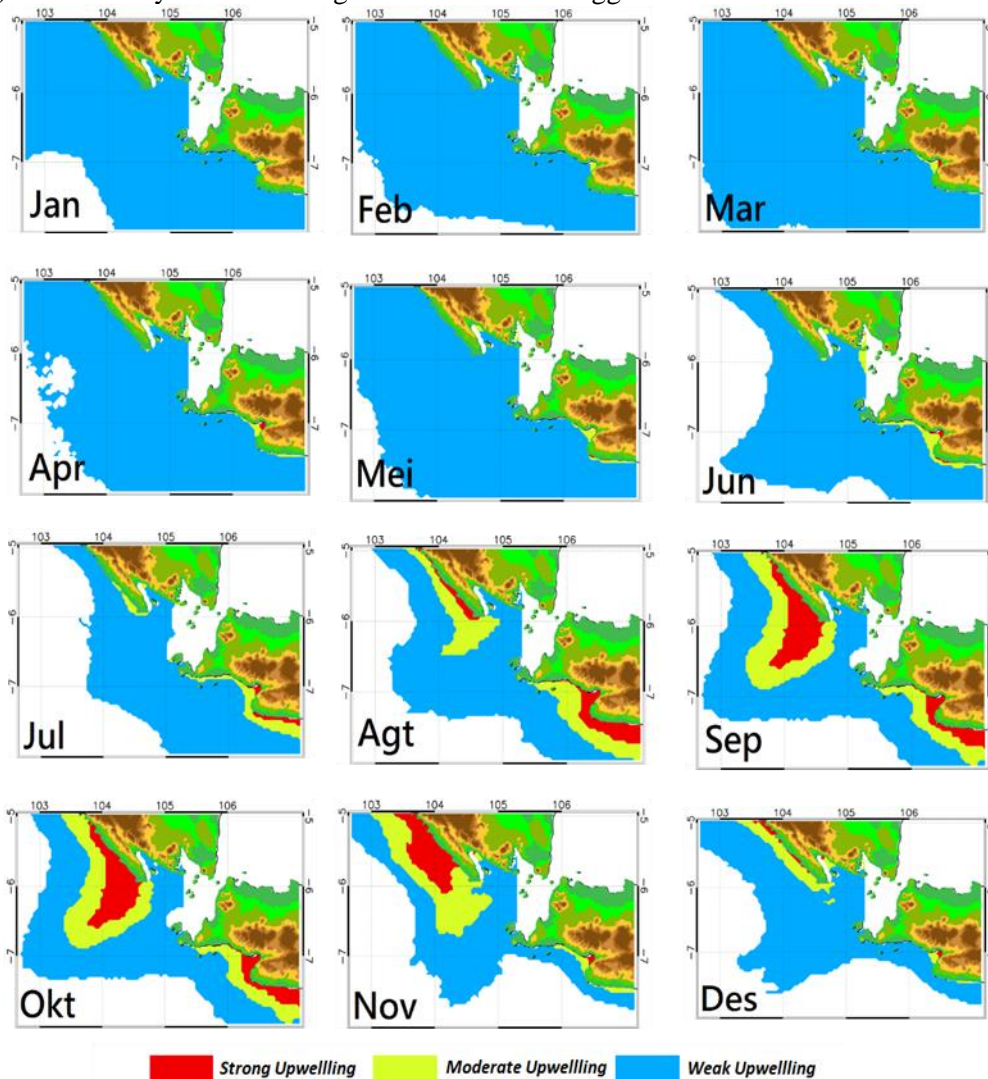
Intensitas *upwelling* di Selatan Jawa semakin semakin kuat terjadi pada musim peralihan II di bulan September dan Oktober diakibatkan kencangnya angin yang berhembus dari arah tenggara menuju ke arah barat laut dengan kecepatan tinggi. Yuhendasmiko *et al.*, (2016) menyatakan bahwa angin yang berhembus menuju arah barat laut menimbulkan transport massa dengan arah tegak lurus angin ke arah kiri (barat daya), akan terjadi kekosongan massa air di lapisan permukaan akibat transport massa yang bergerak menjauhi pantai, kekosongan massa air tersebut akan diisi oleh massa air yang berasal dari lapisan dalam yang bergerak menuju permukaan yang dinamakan fenomena *upwelling*. Meningkatnya konsentrasi klorofil-a disebabkan meningkatnya unsur hara di permukaan serta, meningkatnya curah hujan yang membawa nutrisi dari darat ke laut, serta dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan. SPL juga mengalami pendinginan dengan terendah di bulan September Oktober. Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian (Oktaviani *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa di perairan selatan Jawa Barat pada musim timur dan peralihan 2 suhu permukaan laut rendah dan klorofil tinggi diduga diakibatkan adanya proses *upwelling* yang terjadi karena adanya angin yang bertiup hampir sejajar garis pantai secara kontinue dari arah tenggara ke arah barat daya sehingga angin tersebut membangkitkan *upwelling* disepanjang selatan Jawa termasuk di wilayah B yaitu selatan Ujung Kulon. Sesuai juga dengan paper yang ditulis oleh (Wirasatriya *et al.*, 2020, 2021) bahwa di perairan selatan Jawa Barat puncak *upwelling* terjadi pada bulan September dengan nilai konsentrasi klorofil-a tinggi serta nilai SPL rendah.

Grafik korelasi klorofil-a dengan angin serta korelasi klorofil-a dengan SPL di wilayah C (**Gambar 5**) terlihat korelasi keduanya rendah yaitu 0,485 dan -0,486. Rendahnya nilai korelasi tersebut menunjukkan adanya faktor lain yang mempengaruhi nilai konsentrasi klorofil-a di wilayah C. Pada wilayah tersebut berbatasan langsung dengan Laut Jawa yang merupakan perairan semi tertutup memiliki kandungan konsentrasi klorofil-a tinggi pada daerah muara sungai / daerah pesisir. Diduga pengaruh massa air dari Laut Jawa lebih dominan pada wilayah C dikarenakan muka air Laut Jawa lebih tinggi dari Samudera Hindia. Jumarang dan Nining (2013) ; Nuriyati *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa pola arus di Selat Sunda lebih dominan bergerak ke arah selatan dan ke barat daya, pada musim barat massa air dari Laut Cina Selatan masuk ke Laut Jawa yang kemudian dialirkan ke Laut Jawa bagian timur serta ke Samudera Hindia melalui Selat Sunda, sedangkan menurut Wirasatriya *et al.*, (2018) Laut Jawa pada musim barat dan musim timur memiliki

konsentrasi klorofil-a tinggi pada daerah pesisir, hal tersebut diakibatkan oleh masuknya zat hara dari muara sungai-sungai yang berdampak pada tingginya nilai klorofil-a, selain itu juga diakibatkan oleh curah hujan tinggi pada musim ini yang membawa lebih banyak air tawar dengan kandungan nutrisi tinggi ke laut pesisir. Pola nilai sebaran SPL di wilayah C sesuai dengan penelitian Wirasatriya *et al.*, (2018) di Laut Jawa puncak pendinginan SPL terjadi sekitar bulan Januari (musim barat) dan Agustus (musim peralihan Timur) sedangkan puncak pemanasan SPL terjadi disekitar bulan April (Peralihan I) dan November (Peralihan II), mekanisme tersebut sesuai dengan distribusi kecepatan angin yang tinggi pada saat SPL rendah dan begitu juga sebaliknya kecepatan angin rendah menyebabkan suhu tinggi. Fadziella *et al.*, (2020) menyatakan bahwa Selat Sunda berada di kawasan ekuator yang selalu menerima radiasi matahari di sepanjang tahunnya sehingga fluktuasi SPL di kawasan ekuator cukup stabil.

Identifikasi Daerah *Upwelling*

Daerah *upwelling* ditentukan berdasarkan kisaran rata-rata nilai klorofil-a dan SPL selama 10 tahun (2010-2019) dan umumnya ditandai dengan nilai klorofil-a tinggi dan SPL rendah.



Gambar 6. Distribusi *Upwelling* di Selat Sunda Tahun 2010 – 2019

Peta *upwelling* Gambar 6 menunjukkan di Selat Sunda bagian selatan terdapat *upwelling* dengan intensitas medium pada bulan Agustus - November. Dengan konsentrasi klorofil-a berkisar $0,45 - 0,77 \text{ mg/m}^3$ dengan nilai SPL berkisar $28,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Pada puncak *upwelling* ini di wilayah D (Selat Sunda bagian selatan) memiliki intensitas lebih kecil dibandingkan wilayah A dan B. Wilayah D merupakan perairan dalam dan tidak

tidak ada pulau sehingga upwelling yang terjadi tidak begitu kuat, *upwelling* kuat terjadi didaerah pantai. Hal ini juga dijelaskan oleh Wirasatriya *et al.*, (2018) bahwa di bagian mulut Selat Sunda memiliki kedalaman ekman sebesar 73 m hal tersebut tidak sebanding dengan kedalamannya yang lebih dari 1000 m, sehingga proses *mixing* tidak terjadi secara sempurna sampai ke dasar laut. Selain itu pada musim ini juga dipengaruhi oleh angin muson tenggara yang bertiup kencang dari tenggara menuju barat laut melewati Selat Sunda, angin muson tersebut menyebabkan *transport Ekman* sehingga terjadi kekosongan massa air di daerah pantai yang mengakibatkan terbentuknya *upwelling* pantai.

Pada musim timur dan peralihan 2 angin muson tenggara berhembus kencang di sepanjang pantai selatan Jawa dan berbelok ke arah barat laut sampai pada barat Sumatera melewati Selat Sunda. Kencangnya hembusan angin dari tenggara menuju barat laut mengakibatkan terjadinya *transport ekman* sehingga massa air menjauhi Pantai Selatan Jawa, yang menyebabkan terjadinya kekosongan sehingga massa air dari lapisan dalam naik ke permukaan. Suhu permukaan laut menjadi lebih dingin dan kandungan klorofil-a meningkat karena massa air dari dalam terangkat. Angin muson tersebut menggerakkan arus permukaan yang membawa massa air subur dari selatan Pulau Jawa sampai ke Selat Sunda sehingga perairan Selat Sunda kaya akan nutrisi.

KESIMPULAN

Distribusi *upwelling* dengan intensitas medium ditemukan di perairan Selat Sunda bagian selatan pada tahun 2010 - 2019 di bulan Agustus - November dan puncaknya pada bulan September dengan nilai klorofil-a sebesar 0,77 mg/m³ dan SPL sebesar 28,5 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K. 2008. "Analisis Hubungan Kondisi Oseanografi Dengan Fluktuasi Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Di Selat Sunda." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 14 (1): 55–65.
- Amri, K., Priatna, A., dan Suprpto. 2014. Karakteristik Oseanografidankelimpahanfitoplankton Di Perairan Selat Sunda Pada Musim Timur (Oceanographycal Characteristic And Phytoplankton Abundance In Sunda Straitwaters In East Monsoon). *Journal Bawal* 6 (1): 11–20.
- Candra, and Sakban, A. 2016. Analisis Korelasi Kepemimpinan Kepala Sekolah Dan Kinerja Guru Terhadap Motivasi Belajar Siswa Di Sman 1 Labuapi Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Ilmiah Mandala Education* 2 (2): 53–60.
- Jumarang, M. I., dan Ningsih, N. S. 2013. Transpor Volume Massa Air Di Selat Sunda Akibat Interaksi Enso , Monsun Dan Dipole Mode. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 409–415.
- Kuswanto, T. Dea, Laksmi, M., Syamsuddin, and Sunarto. 2017. Hubungan Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil-a Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Tongkol Di Teluk Lampung. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan* 8 (2): 90–102.
- Li, S, Wei, Z., Susanto, R. D., Zhu, Y., Setiawan, A., Xu, T., Fan, B., Agustiadi, T., Trenggono, M., and Fang, G. 2018. Observations of Intraseasonal Variability in the Sunda Strait Throughflow. *Journal of Oceanography* 74 (5): 541–47.
- Oktaviani, D., Handoyo, G., Helmi, M., dan Wirasatriya, A. 2021. Karakteristik Upwelling Pada Periode Indian Ocean Dipole (IOD) Positif Di Perairan Selatan Jawa Barat PENDAHULUAN Indonesia Merupakan Negara Kepulauan Yang Terletak Diantara 2 Benua Yaitu Benua Asia Dan Benua Australia , Serta Terletak Antara 2 Samudera. *Indonesian Journal of Oceanography* 03 (04): 23–30.
- Rahmawitri, H, Atmadipoera, A. S., dan Sukoraharjo, S. S. 2016. Pola Sirkulasi Dan Variabilitas Arus Di Perairan Selat Sunda. *Jurnal Kelautan Nasional*, 11 (3): 141–57.
- Ramadani, A., Suhana, M. P., Febrianto, T. 2022. Karakteristik Spasial Suhu Permukaan Laut Perairan Kota Tanjungpinang dan Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan*, 15(1): 39–59.
- Silubun, D. T., Gaol, J.L., dan Naulita, Y. 2015. "Estimasi Intensitas Upwelling Pantai Dari Satelit Aquamodis Di Perairan Selatan Jawa Dan Barat Sumatera." *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 6(1): 21–29.
- Susanto, R. D., Gordon, A. L., and Zheng, Q. 2001. "Upwelling along the Coasts of Java and Sumatra and Its Relation to ENSO." *Geophysical Research Letters*, 28(8): 1599–1602.
- Tarigan, D.J, Sasongko, A.S., Cahyadi, F.D., Yonanto, L., dan Rahayu, B.D. 2020. Daerah Penangkapan Ikan

- Kembung (*Rastrelliger* Sp) Di Selat Sunda Pada Musim Peralihan. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 11(1): 63–79.
- 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.
- Wirasatriya, A, Setiawan, J. D., Sugianto, D. N., Rosyadi, I. A., Haryadi, Winarso, G., Setiawan, R. Y., and Susanto, R. D. 2020. Ekman Dynamics Variability along the Southern Coast of Java Revealed by Satellite Data. *International Journal of Remote Sensing*, 41:(21): 8475–96.
- Wirasatriya, A, Susanto, R. D., Kunarso, Jalil, A.R., Ramdani, F., and Puryajati, A. D. 2021. Northwest Monsoon Upwelling within the Indonesian Seas. *International Journal of Remote Sensing*, 42 (14): 5437–58.
- Yuhendrasmiko, R., Kunarso, dan Wirasatriya, A. 2016. “Identifikasi Variabilitas Upwelling Berdasarkan Indikator Suhu Dan Klorofil-A Di Selat Lombok.” *Jurnal Oseanografi*, 5 (4): 530–37.