

## **ANALISIS POLA UPWELLING DAN PRODUKTIVITAS PRIMER DI PERAIRAN INDONESIA TIMUR**

**Lara Juita,<sup>1</sup> Khonsa Mukhalisah,<sup>2</sup> Muhammad Rasya Maulana,<sup>3</sup> Yulia Asyura<sup>4</sup>**  
Program Studi Pendidikan Geografi,<sup>1</sup> Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,<sup>2</sup> UIN SUSKA<sup>3</sup>  
[larajuita17@gmail.com](mailto:larajuita17@gmail.com),<sup>1</sup> [khonsamuhlisa@gmail.com](mailto:khonsamuhlisa@gmail.com),<sup>2</sup> [maulanarasya384@gmail.com](mailto:maulanarasya384@gmail.com),<sup>3</sup>  
[yuliaasyura185@gmail.com](mailto:yuliaasyura185@gmail.com)<sup>4</sup>

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola upwelling dan kaitannya dengan produktivitas primer di perairan Indonesia Timur, khususnya di wilayah perairan Laut Banda (kepulauan Maluku antara pulau seram, ambon, dan pulau-pulau di sekitarnya), Laut Arafura (ujung timur Indonesia antara pulau papua dan benua Australia) dan sekitarnya. Upwelling merupakan fenomena naiknya massa air laut yang kaya nutrisi ke permukaan, yang berperan penting dalam meningkatkan produktivitas primer di lautan. Metode yang digunakan meliputi analisis data suhu permukaan laut (SPL), klorofil-a, dan arus permukaan laut mulai pada citra satelit selama lima tahun terakhir. Hasil analisis menunjukkan bahwa fenomena upwelling di wilayah ini bersifat musiman, dengan intensitas tertinggi terjadi pada periode monsun timur (Juni–Agustus). Peningkatan klorofil-a sebagai indikator produktivitas primer berkorelasi kuat dengan penurunan SPL, yang menandakan adanya proses upwelling. Temuan ini memberikan pemahaman penting mengenai dinamika oseanografi di Indonesia Timur dan potensi perikanan yang dapat dikembangkan secara berkelanjutan. Kesimpulannya, penelitian ini memberikan wawasan yang mendalam mengenai dampak pola upwelling dan akibat produktivitas primer di perairan Indonesia bagian timur.

Kata kunci : upwelling, klorofil-a, Perairan

### **Abstract**

This study aims to analyze the upwelling pattern and its relationship to primary productivity in the waters of Eastern Indonesia, especially in the waters of the Banda Sea (the Maluku Islands between Seram Island, Ambon, and the surrounding islands), the Arafura Sea (the eastern tip of Indonesia between Papua Island and the Australian continent) and its surroundings. Upwelling is a phenomenon of rising seawater masses rich in nutrients to the surface, which plays an important role in increasing primary productivity in the ocean. The methods used include analysis of sea surface temperature (SST), chlorophyll-a, and sea surface currents start on satellite imagery over the past five years. The results of the analysis show that the upwelling phenomenon in this region is seasonal, with the highest intensity occurring during the eastern monsoon period (June–August). The increase in chlorophyll-a as an indicator of primary productivity is strongly correlated with a decrease in SST, indicating the presence of an upwelling process. These findings provide important insights into the dynamics of oceanography in Eastern Indonesia and the potential for fisheries that can be developed

sustainably. In conclusion, this study provides in-depth insight into the impact of upwelling patterns and the consequences of primary productivity in the waters of Eastern Indonesia.  
Keywords : upwelling, chlorophyll-a, waters

## **PENDAHULUAN**

Perairan Laut di definisikan sebagai bagian bumi yang tertutupi dengan salinitas (kadar garam) yang tinggi. Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki luas laut luas laut yang besar. Indonesia terbagi menjadi tiga pembagian wilayah yaitu wilayah Indonesia bagian barat (WIB), Wilayah Indonesia Bagian Tengah (WITA), wilayah bagian timur (WIT). (KKP, 2010).

Perairan Indonesia Timur merupakan wilayah yang kaya akan keanekaragaman hayati laut dan memiliki potensi sumber daya perikanan yang sangat tinggi. Salah satu faktor penting yang memengaruhi produktivitas perairan adalah fenomena upwelling, yaitu proses naiknya massa air laut yang kaya akan nutrien dari lapisan dalam ke permukaan laut. Proses ini mampu meningkatkan konsentrasi klorofil-a yang menjadi indikator produktivitas primer di suatu perairan (Hasanuddin, 2015).

Di wilayah Indonesia Timur, seperti Laut Banda (kepulauan Maluku antara pulau seram, ambon, dan pulau-pulau di sekitarnya) dan Laut Arafura (ujung timur Indonesia antara pulau papua dan benua Australia), upwelling memiliki peran penting dalam mendukung produktivitas biologis yang menjadi dasar rantai makanan laut. Dinamika oseanografi di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh angin musiman, arus laut, dan karakteristik topografi dasar laut. Fenomena upwelling di wilayah ini cenderung terjadi pada periode muson timur, ketika angin timur dan tenggara mendorong massa air permukaan menjauh dari pantai, sehingga memungkinkan air dari lapisan bawah naik ke permukaan (Syamsudin et al., 2010).

Peningkatan klorofil-a yang berkaitan dengan proses upwelling menunjukkan bahwa ketersediaan nutrien di perairan tersebut sangat dipengaruhi oleh dinamika fisis laut. Oleh karena itu, analisis terhadap pola upwelling dan produktivitas primer menjadi penting untuk memahami potensi perikanan dan pengelolaan sumber daya laut yang berkelanjutan di Indonesia Timur (Fitriani & Handayani, 2018).

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi serta menganalisis pola upwelling dan hubungannya dengan produktivitas primer berdasarkan data suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a menggunakan citra satelit. Dengan pemahaman yang lebih mendalam

mengenai dinamika upwelling, diharapkan dapat mendukung pengelolaan sumber daya laut yang lebih efisien dan berkelanjutan.

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan artikel ini menggunakan data base google scholar science direct. Penelitian ini dilakukan secara desk study dengan fokus pada wilayah perairan Indonesia Timur, khususnya Laut Banda, Laut Arafura, dan sekitarnya. Wilayah ini dipilih karena diketahui memiliki potensi upwelling yang signifikan. Data yang digunakan mencakup periode tahun 2003 hingga 2016 untuk analisis jangka panjang fenomena upwelling dan produktivitas primer.

## **HASIL PENELITIAN**

Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa pengkajian variabilitas SPL, klorofil-a, dan angin dilakukan dengan dua cara yaitu secara klimatologi dan secara bulanan. Yang bertujuan untuk mengetahui pola sebaran dalam rentang waktu tahun 2003 sampai 2015 baik secara spasial maupun secara statistik.

### **1. Pola Spasial Suhu Permukaan Laut (SPL)**

Berdasarkan perhitungan standar deviasi SPL klimatologi di peroleh nilai rata-rata SPL terendah yaitu pada bulan agustus yakni 26,76 °c dan rata-rata SPL tertinggi 29,52 °c pada bulan desember (Hestiningih, Yudo prasetyo, Bandi sasmito, Anindya wirasatriya., 2017). Selanjutnya, tingginya suhu permukaan laut yang terjadi pada musim barat disebabkan oleh rendahnya kecepatan angin. Hal ini mengakibatkan pergerakan massa air di permukaan tidak optimal. Akibatnya, massa air yang lebih dingin di dasar laut tidak dapat naik ke permukaan dengan baik (Ikhlas ika putra, Abdi sukmono, Arwan putra Wijaya).

Tabel IV-1 Nilai Sebaran Variabel SPL, Klorofil-a, dan Angin Secara Musiman 14 tahun

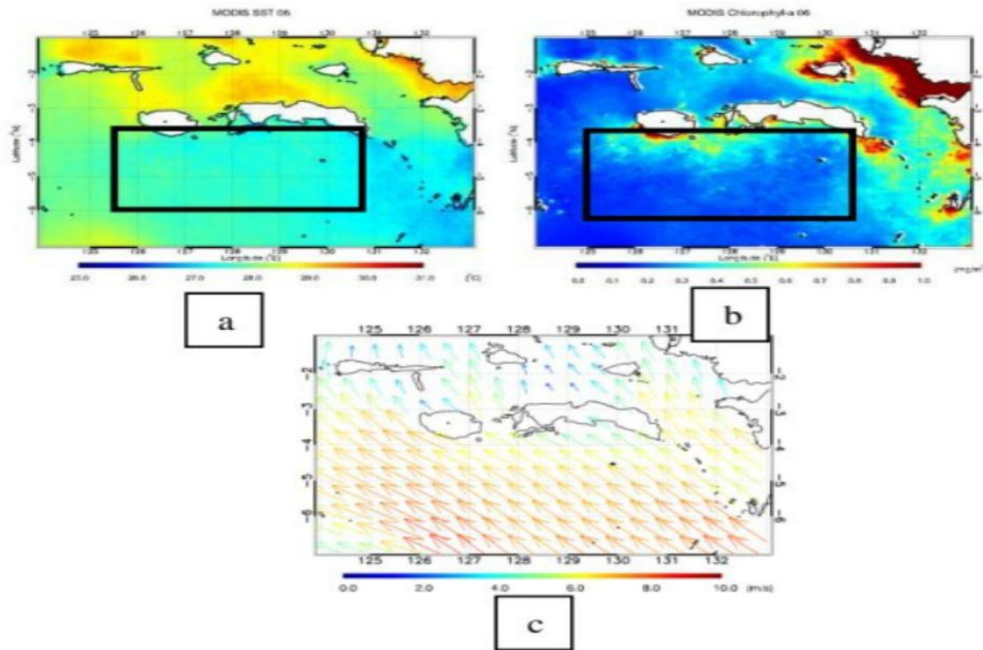
| Bulan     | Suhu Permukaan Laut (°C) | Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> ) | Angin (m/s) |
|-----------|--------------------------|---------------------------------|-------------|
| Januari   | 28,876                   | 0,191                           | 3,470       |
| Februari  | 29,082                   | 0,180                           | 4,165       |
| Maret     | 29,292                   | 0,176                           | 3,021       |
| April     | 29,323                   | 0,166                           | 2,368       |
| Mei       | 28,859                   | 0,205                           | 4,280       |
| Juni      | 27,960                   | 0,304                           | 6,388       |
| Juli      | 27,141                   | 0,417                           | 6,725       |
| Agustus   | 26,818                   | 0,446                           | 6,626       |
| September | 27,426                   | 0,347                           | 5,369       |
| Oktober   | 28,300                   | 0,239                           | 4,586       |
| November  | 29,476                   | 0,171                           | 1,950       |
| Desember  | 29,698                   | 0,154                           | 2,560       |

Dalam tabel berikut, data tentang variabel suhu permukaan laut, klorofil-A, dan kecepatan angin adalah sebagai berikut lebih dari 1 tahun, berdasarkan musim.

Tabel IV-1 menunjukkan bahwa permukaan laut terletak di dalam 28.876 ° C hingga 29.698 ° C. Kecepatan angin naik pada bulan Juni, mencapai 6.388 m/s, dan terus meningkat menjadi 6.725 m/spada bulan Juli.

## 2. Sebaran dan Variabilitas Klorofil-a

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, rata-rata klimatologi menunjukkan bahwa sebaran nilai klorofil-a antara tahun 2003 hingga 2015 mengalami pola peningkatan yang signifikan. Puncak tertinggi sebaran klorofil-a terjadi pada musim timur, tepatnya pada bulan juni, dengan nilai mencapai 0,413 mg/m<sup>3</sup> (Hestinationsih, 2017).



**Gambar IV.1** Pola Sebaran Bulan Juni (a) SPL, (b) Klorofil-a, dan angin

Berikut adalah pola persebaran klorofil-a dan angin

- a. Gambar IV-1 (a) menggambarkan distribusi SP pada bulan Juni dengan distribusi SP di utara dan suhu panas, tetapi mereka sangat dingin di hijau selatan dan biru muda.
- b. Gambar IV-1 (b) menjelaskan bahwa distribusi klorofil A pada bulan Juni menunjukkan kandungan yang lebih rendah dibandingkan dengan bagian merah dan hijau bagian selatan dengan klorofil tinggi A konten.
- c. Gambar IV-1 (c) menggambarkan pola arah angin Juni di bagian selatan Bull Island dan air serum.

### 3. Koneksi antara suhu permukaan laut dan klorofil-a

Suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a adalah dua faktor yang dipantau untuk mendeteksi terjadinya fenomena upwelling, di mana keduanya menunjukkan pola yang konsisten. Penurunan nilai suhu permukaan laut dan peningkatan konsentrasi klorofil-a yang signifikan setiap bulannya sejalan dengan kenaikan nilai indeks upwelling, hal ini sesuai dengan kunarso et al. (2011) yang menyatakan bahwa upwelling yang terjadi di perairan dengan SPL yang rendah konsentrasi klorofil-a yang tinggi (Galih tristiano, 2021).

| NO | PENULIS   | TUJUAN   | METODE   | SAMPEL  | VARIABEL | HASIL  |
|----|---|--|--|---|----------|--|
| 1. | Theresia Niken Kurnianingsih, Bandi Sasmito, Yudo Prasetyo, Anindya Wirasatriya (2017) <sup>1</sup> | Mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi fenomena upwelling, seperti suhu permukaan laut (SPL), klorofil-a, dan angin, di perairan Pulau Buru dan Seram. | Pengolahan citra satelit Aqua MODIS dan QuickScat selama tahun 2003–2015, dianalisis secara spasial dan statistik menggunakan pemrograman dan GIS. | Sebagai bahan analisis, digunakan data citra harian suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a dari sensor MODIS, data kecepatan angin dari QuickScat, serta informasi hasil tangkapan ikan dari BPOL sebagai data validasi |          | Upwelling paling kuat terjadi di bulan Agustus dengan suhu laut 26,7°C, kandungan klorofil-a 0,474 mg/m <sup>3</sup> , dan kecepatan angin 6,68 m/s. Korelasi antar parameter menunjukkan hubungan |

<sup>1</sup> Theresia Niken Kurnianingsih, Bandi Sasmito, Yudo Prasetyo, Anindya Wirasatriya. (2017). Analisis suhu permukaan laut, klorofil-a, dan angin terhadap fenomena upwelling di perairan pulau burudan seram. Program studi Teknik Universitas Diponegoro.

|    |   |  |   |  |   |  |
|----|---|--|---|--|---|--|
|    |   |  |   |  |   | n<br>signifika<br>n: suhu<br>dan<br>klorofil-<br>a<br>negatif,<br>angin<br>dan<br>klorofil-<br>a positif.                        |
| 2. | Hestiningsih,<br>Yudo<br>Prasetyo,<br>Bandi Sasmito,<br>Anindya<br>Wirasatriya<br>(2017) <sup>2</sup> | Mengidentifikasi kawasan upwelling di perairan NTT menggunakan data klorofil-a, suhu permukaan laut (SPL), dan arus dari citra Aqua MODIS. | Metode deskriptif dan statistik. Pengolahan citra satelit (MODIS, QuickScat) 2003–2015 menggunakan IDL, ArcGIS, dan SPSS. | Data: klorofil-a, SPL, angin, arus (2003–2015), dan data tangkapan ikan (2011–2015). | Suhu Permukaan Laut (SPL), Klorofil-a, Angin, Arus Dan Upwelling, Daerah Potensi Ikan | Upwelling terjadi Mei–September. Klorofil-a 0,223–0,413 mg/m <sup>3</sup> (puncak Juni), SPL 26,768–28,689° C (terendah Agustus) |

<sup>2</sup> Hestiningsih, Yudo Prasetyo, Bandi Sasmito, Anindya Wirasatriya. (2017). Identifikasi Kawasan berdasarkan variabilitas korofil-a, suhu permukaan dari data aqua modus tahun 2003-2015 dan arus

|    |   |  |  |   |   |   |
|----|---|--|--|---|---|---|
|    |   |  |  |   |   | , angin<br>3,65–<br>5,35<br>m/s.  |
| 3. | Galih Trisianto, Sri Yulina Wulandari, Agus Anugroho Dwi Suryoputro, Gentur Handoyo, dan Muhammad Zainuri (2021) <sup>3</sup> | Mengetahui variabilitas upwelling di Laut Banda dan hubungan antara indeks upwelling, Suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a | Analisis dilakukan menggunakan data citra satelit Aqua-MODIS serta data terkait lainnya. angin ECMWF selama 2003–2019, diolah menggunakan GrADS dan dianalisis secara statistik. | Selama kurun waktu 17 tahun, dikumpulk an data harian mengenai suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan kondisi angin di wilayah Laut Banda yang berada pada kisaran 2,5° LS hingga 6,5° LS dan 124,5° BT hingga 130,5° BT. | Indeks upwelling, Suhu permukaan laut (SPL), Konsentrasi klorofil-a | Upwelling di Laut Banda berlangsung April–Oktober, mencapai puncak pada Agustus dengan indeks rata-rata 1,86 m <sup>3</sup> /s. Suhu permukaan laut terendah tercatat 26,79 °C, sedangk |

<sup>3</sup>Galih Trisianto, Sri Yulina Wulandari, Agus Anugroho Dwi Suryoputro, Gentur Handoyo, dan Muhammad Zainuri. (2021). Studi variabilitas upwelling di laut banda. Jurusan kelautan, Universitas Diponegoro

|    |   |  |  |   |   |   |
|----|---|--|--|---|---|---|
|    |   |  |  |   |   | an klorofil-a tertinggi 0,614 mg/m <sup>3</sup> . Ditemukan korelasi negatif antara SPL dan upwelling ( $r = -0,707$ ) serta korelasi positif antara klorofil-a dan upwelling ( $r = 0,661$ ) |
| 4. | Ikhlas Ika Putra, Abdi Sukmono, dan Arwan Putra | Mempelajari pola dan kriteria upwelling di laut Banda dengan mempertimbangkan sebaran Suhu | Analisis data citra satelit Aqua MODIS (SPL dan klorofil-a), Quikscat (angin), dan | Data citra dan parameter oseanografi dari tahun 2003–2016 di wilayah Laut Banda | Suhu permukaan laut (SPL), Klorofil-a, Kecepatan dan arah angin | Upwelling di laut Banda terjadi setiap tahun pada   |

|                            |   |  |                             |                             |  |
|----------------------------|---|--|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Wijaya (2017) <sup>4</sup> | permukaan laut (SPL), kadar klorofil-a, dan pola angin selama periode 14 tahun serta menganalisis hubungan antara parameter-parameter tersebut. | data arus Aviso. Data diolah menggunakan software ENVI-IDL, SeaDAS, dan SPSS dengan pendekatan deskriptif dan statistik (termasuk korelasi). | (2°LS–8°LS, 120°BT–133°BT). | Arus permukaan (geostropik) | musim timur, khususnya antara bulan juni hingga agustus. Ketika fenomena upwelling berlangsung, suhu permukaan laut mengalami 26,818 <sup>0</sup> C. Selain itu, kadar klorofil-a meningkat hingga |
|----------------------------|---|--|-----------------------------|-----------------------------|--|

<sup>4</sup> *Ikhlas Ika Putra, Abdi Sukmono, dan Arwan Putra Wijaya. (2017). Analisis pola persebaran area upwelling menggunakan parameter suhu permukaan laut, klorofil-a, angin dan arus secara temporal tahun 2003-2016. Laut banda. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro*

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  | <p>0,446 mg/m<sup>3</sup>, dan kecepatan angin dapat mencapai 6,725m/s. keberadaan arus eddy turut mendukung terjadinya fenomena ini. Terdapat hubungan korelasi yang sangat kuat antara "Variabel yang diamati, yaitu</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|

|    |                                       |   |  |  |   |  |
|----|---------------------------------------|---|--|--|---|--|
|    |                                       |   |  |  |   | hubungan antara klorofil-a dan suhu permukaan laut (SPL) dengan nilai $r = -0,933$ , antara klorofil-a dan kecepatan angin ( $r = 0,951$ ), serta antara SPL dan kecepatan angin ( $r = -0,932$ ). |
| 5. | Widodo S. Pranowo (2012) <sup>5</sup> | Mengkaji dinamika arus vertikal (upwelling dan downwelling) di Laut Arafura | Pemodelan hidrodinamika 3 dimensi dengan input | Wilayah Laut Arafura dan Timor (119,946°B T- | Arus permukaan dan arus vertikal Pola angin | Upwelling terjadi sepanjang tahun, terutama  |

<sup>5</sup> Widodo S. Pranowo. (2012). Dinamika upwelling dan downwelling dilaut arafura dan timor. Laut banda. Kementerian laut kelautan dan perikanan. Ancol Timur Jakarta

|  |  |  |   |   |                               |   |
|--|--|--|---|---|-------------------------------|---|
|  |  | <p>dan Timor yang berperan penting dalam produktivitas perikanan dan migrasi spesies laut.</p> | <p>pasang surut dan angin, menggunakan data batimetri resolusi 30 arc-sec dan pembagian kedalaman 10 lapisan (koordinat sigma). Validasi dilakukan terhadap data observasi.</p> | <p>141,247°B T dan 0,041°LS–20,0404°L S), dengan cakupan semua musim monsun dan data angin per 6 jam.</p> | <p>Pasang surut Batimetri</p> | <p>di musim timur, di selatan Pulau Timor dan antara Kepulauan Tanimbar dan Aru, dipengaruhi oleh angin monsun dan profil batimetri. Arus eddy juga ditemukan di sekitar wilayah tersebut. Fenomena ini mendukung</p> |
|--|--|--|---|---|-------------------------------|---|

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  | produkti<br>vitas<br>primer<br>laut<br>yang<br>penting<br>bagi<br>perikanan<br>dan<br>tangkap<br>di<br>wilayah<br>Arafura<br>dan<br>Timor. |
|--|--|--|--|--|--|--|

## PEMBAHASAN

Fenomena upwelling merupakan salah satu dinamika oseanografi yang penting untuk dipahami dalam konteks produktivitas laut dan pemanfaatan sumber daya perikanan. Berdasarkan analisis dari lima jurnal yang ditinjau, dapat disimpulkan bahwa upwelling di wilayah perairan Indonesia menunjukkan variasi temporal yang konsisten dan memiliki pola spasial yang dipengaruhi oleh interaksi antara suhu permukaan laut (SPL), konsentrasi klorofil-a, kecepatan angin, serta morfologi dasar laut (batimetri). Secara umum, upwelling cenderung terjadi pada musim timur (sekitar bulan Mei hingga Oktober), terutama pada bulan Juni hingga Agustus yang ditandai dengan peningkatan kecepatan angin dan penurunan suhu permukaan laut. Pola ini terlihat jelas di berbagai wilayah seperti Nusa Tenggara Timur, Laut Banda, Laut Arafura, dan di sekitar Pulau Buru dan Seram. Angin muson timur yang kuat menyebabkan terjadinya divergensi massa air di permukaan yang kemudian diisi oleh air dari lapisan bawah yang kaya akan nutrisi. Naiknya massa air dari kedalaman ini membawa zat hara yang sangat dibutuhkan oleh fitoplankton, sehingga memicu peningkatan produksi klorofil-a sebagai indikator utama produktivitas primer perairan. Korelasi yang ditemukan antara parameter SPL,

klorofil-a, dan angin mendukung pemahaman ini. Di sebagian besar lokasi, terdapat hubungan negatif antara suhu permukaan laut dan klorofil-a. Artinya, Penurunan suhu permukaan laut akibat upwelling cenderung diikuti oleh peningkatan konsentrasi klorofil-a yang mencerminkan tingginya kelimpahan fitoplankton. Selain itu, kecepatan angin juga menunjukkan hubungan positif terhadap konsentrasi klorofil-a, yang berarti bahwa angin berperan besar dalam memicu proses upwelling. Sebagai contoh, di perairan Laut Banda, korelasi antara SPL dan indeks upwelling tercatat -0,707, sementara korelasi antara klorofil-a dan indeks upwelling adalah 0,661. Angka ini menunjukkan bahwa perubahan parameter oseanografi saling berkaitan dan secara bersama-sama mendukung pembentukan kondisi upwelling.

Laut Arafura dan Laut Banda merupakan dua wilayah perairan strategis yang memiliki peran penting dalam dinamika oseanografi dan produktivitas laut Indonesia bagian timur. Hasil analisis dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa kedua wilayah ini merupakan pusat aktivitas upwelling yang signifikan, terutama selama periode monsun timur. Upwelling di wilayah ini tidak hanya memengaruhi kondisi fisis laut, tetapi juga berdampak besar terhadap produktivitas primer dan ketersediaan sumber daya perikanan.

### **1. Upwelling di Laut Banda**

Laut Banda dikenal sebagai wilayah dengan dinamika upwelling musiman yang kuat. Berdasarkan hasil penelitian Galih Trisianto dkk. (2021) dan Ikhlas Ika Putra dkk. (2017), "Fenomena upwelling di Laut Banda berlangsung secara konsisten antara April hingga Oktober, dengan intensitas tertinggi terjadi pada bulan Agustus. Indikator oseanografi mencatat suhu permukaan laut terendah sekitar 26,79 °C, sementara kadar klorofil-a tertinggi mencapai 0,614 mg/m<sup>3</sup>. Indeks upwelling juga menunjukkan peningkatan signifikan, dengan nilai rata-rata sekitar 1,86 m<sup>3</sup>/s, menunjukkan naiknya massa air kaya nutrisi dari kedalaman ke permukaan laut. Angin merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya upwelling di Laut Banda timuran yang konsisten selama musim timur. Kecepatan angin mencapai lebih dari 6 m/s di beberapa wilayah pesisir, menyebabkan divergensi massa air di permukaan dan memungkinkan terjadinya transport Ekman yang mendorong air laut dalam naik ke permukaan. Sebaran upwelling paling dominan terjadi di wilayah selatan Pulau Seram, Pulau Buru, dan sekitar Pulau Yamdena. Korelasi antar parameter menunjukkan hubungan yang erat: Rendahnya suhu permukaan laut berkaitan dengan meningkatnya konsentrasi klorofil-a, yang

mengindikasikan bahwa upwelling membawa nutrisi ke permukaan dan mendukung perkembangan fitoplankton. Dalam konteks perikanan, peningkatan fitoplankton berdampak pada rantai makanan laut, menarik kehadiran ikan-ikan pelagis besar, sehingga wilayah ini menjadi fishing ground potensial.

## **2. Upwelling di Laut Arafura**

Sementara itu, Laut Arafura menunjukkan karakteristik upwelling yang lebih kompleks dibanding Laut Banda. Berdasarkan hasil penelitian Widodo S. Pranowo (2012), upwelling di Laut Arafura terjadi hampir sepanjang tahun, meskipun intensitasnya bervariasi antar musim. Keunikan Laut Arafura terletak pada pengaruh batimetri yang sangat kuat. Struktur dasar laut yang curam di selatan Irian Jaya dan antara Kepulauan Aru dan Tanimbar menciptakan kondisi yang sangat kondusif bagi terbentuknya arus vertikal (upwelling dan downwelling). Selain itu, pertemuan arus permukaan yang membentuk eddy juga memperkuat proses ini. Upwelling di Laut Arafura terjadi karena kombinasi pengaruh angin muson timur, pasang surut, dan interaksi arus lintas Indonesia (Arlindo) dengan arus dari Laut Banda dan Teluk Carpentaria. Model simulasi arus menunjukkan adanya arus vertikal yang kuat menuju permukaan di sepanjang pantai selatan Timor dan perairan antara Kepulauan Tanimbar dan Aru, dengan pola arus permukaan yang mengikuti arah angin dominan dari tenggara. Fenomena eddy (pusaran arus) juga sangat menonjol di Laut Arafura, khususnya pada musim transisi. Pusaran arus ini berperan sebagai agen distribusi klorofil-a dari wilayah upwelling ke perairan sekitarnya. Hal ini penting karena menyebabkan penyebaran nutrisi dan memperluas zona produktivitas primer. Penelitian mencatat bahwa kawasan Laut Arafura sangat kaya akan biomassa perairan, termasuk udang dan ikan pelagis, yang dikaitkan langsung dengan aktivitas upwelling yang stabil.

## **3. Perbandingan dan Implikasi**

Dibandingkan Laut Banda, upwelling di Laut Arafura bersifat lebih kontinu dan tidak terbatas pada musim tertentu. Hal ini disebabkan oleh kondisi batimetri serta pengaruh arus dan pasang surut yang lebih kompleks. Laut Banda cenderung menunjukkan upwelling musiman dengan intensitas tinggi namun terbatas pada waktu tertentu. Dari segi pengelolaan sumber daya, Laut Banda dan Laut Arafura sama-sama memiliki potensi besar untuk pengembangan perikanan berkelanjutan. Namun, pendekatan pengelolaannya harus berbeda.

Laut Banda memerlukan strategi berbasis musim (musim timur), sementara Laut Arafura membutuhkan sistem pemantauan yang kontinu sepanjang tahun karena fluktuasi upwelling yang tidak terikat pada musim. Fenomena upwelling yang kuat di kedua wilayah ini menjadi penentu utama dalam rantai makanan laut dan distribusi ikan ekonomis penting. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam terhadap dinamika oseanografi lokal, termasuk upwelling, sangat penting sebagai dasar kebijakan zonasi wilayah tangkap, konservasi laut, dan adaptasi terhadap perubahan iklim yang dapat mengubah pola-pola upwelling di masa depan.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan distribusi suhu permukaan laut (SPL) di wilayah perairan Indonesia bagian timur mengalami penurunan yang signifikan terutama pada bulan musim kemarau di Juli-September dan pada suhu periode muson timur cenderung lebih rendah dibandingkan muson barat membuat meningkat kembali suhunya. Nilai klorofil-a tertinggi di temukan pada bulan agustus hingga oktober, dengan konsentrasi  $>0,5 \text{ mg/m}^3$  di wilayah yang sama dengan SPL yang rendah akibatnya menguatnya hipotesis bahwa upwelling membawa nutrisi dari lapisan bawah laut ke permukaan sehingga mendukung pertumbuhan fitoplankton. Wilayah banda selatan dan kepulauan aru menunjukkan konsentrasi klorofil-a tinggi, sehingga menyebabkan tingginya produktivitas primer di wilayah tersebut. Laut banda bagian selatan, perairan utara laut arafura, kepulauan tanimbar dan kai mengalami peningkatan klorofil-a  $0-0,8 \text{ mg/m}^3$  dan suhu laut terendah sekitar  $25^{\circ}\text{C}$  menunjukkan wilayah ini zona biologis aktif penting bagi perikanan. Jadi dapat disimpulkan bahwa fenomena pola upwelling dan produktivitas primer di perairan bagian timur memiliki pengaruh yang signifikan karena terangkatnya nutrisi dari lapisan bawah laut ke permukaan sehingga mendukung pertumbuhan fitoplankton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Galih Trisianto, Sri Yulina Wulandari, Agus Anugroho Dwi Suryoputro, Gentur Handoyo, dan Muhammad Zainuri. (2021). Studi variabilitas upwelling di laut banda. Jurusan kelautan, Universitas Diponegoro: Jurnal sumber: <https://sg.docworkspace.com/d/sINmX8o5C1eTtwAY?sa=601.1074>
- Hestingsih, Yudo Prasetyo, Bandi Sasmito, Anindya Wirasatriya. (2017). Identifikasi Kawasan berdasarkan variabilitas klorofil-a, suhu permukaan dari data aqua modus tahun 2003-2015 dan arus. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Jurnal sumber: <https://sg.docworkspace.com/d/sIM2X8o5Cg-PtwAY?sa=601.1074>

- Ikhlas Ika Putra, Abdi Sukmono, dan Arwan Putra Wijaya. (2017). Analisis pola persebaran area upwelling menggunakan parameter suhu permukaan laut, klorofil-a, angin dan arus secara temporal tahun 2003-2016. Laut banda. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Jurnal  
sumber: <https://sg.docworkspace.com/d/sICGX8o5CkuXtwAY?sa=601.1074>
- Theresia Niken Kurnianingsih, Bandi Sasmito, Yudo Prasetyo, Anindya Wirasatriya. (2017). Analisis suhu permukaan laut, klorofil-a, dan angin terhadap fenomena upwelling di perairan pulau burudan seram. Program studi Teknik Universitas Diponegoro: Jurnal  
sumber: <https://sg.docworkspace.com/d/sIOOX8o5C-OPtwAY?sa=601.1074>
- Widodo S. Pranowo. (2012). Dinamika upwelling dan down welling dilaut arafura dan timor. Laut banda. Kementrian laut kelautan dan perikanan. Ancol Timur Jakarta: Jurnal  
sumber: <https://sg.docworkspace.com/d/sIJeX8o5CzOXtwAY?sa=601.1074>