

Studi Variabilitas *Upwelling* di Laut Banda

**Galih Trisianto^{1*}, Sri Yulina Wulandari¹, Agus Anugroho Dwi Suryoputro¹, Gentur Handoyo¹
dan Muhammad Zainuri¹**

*Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas
Diponegoro, Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang,
Semarang, 50275 Telp/Fax (024) 7474698
Email: galihtrisianto14@gmail.com*

Abstrak

Laut Banda adalah sebuah cekungan perairan (basin) yang terletak di Kepulauan Maluku, Indonesia. Laut Banda memiliki karakteristik oseanografi yang menarik karena dikelilingi pulau-pulau dan juga selat sebagai jalur perlintasan Arlindo. Sirkulasi dan karakteristik massa air di Laut Banda dipengaruhi kuat oleh angin monsun. Variasi nilai arah dan kecepatan angin monsun berdampak terhadap kejadian *coastal upwelling*. Tujuan penelitian untuk mengetahui variabilitas *upwelling* di Laut Banda dan mengetahui hubungan antar parameter *upwelling* (indeks *upwelling*, SPL, dan klorofil-a). Penelitian ini menggunakan data komposit bulanan dari satelit Aqua-MODIS level 3 untuk data SPL dan klorofil-a, data angin reanalisis ECMWF, tahun 2003-2019. Hasil penelitian menunjukkan *upwelling* di Laut Banda terjadi pada periode April-Oktober dengan puncaknya di bulan Agustus. Rata-rata indeks *upwelling* mencapai 1.86 m³/s. Dampak kejadian *upwelling* dapat diidentifikasi melalui SPL yang lebih dingin dan konsentrasi klorofil-a tinggi. Nilai SPL mencapai 26.79 °C dan konsentrasi klorofil-a adalah 0.614 mg/m³. Hubungan SPL terhadap indeks *upwelling* memiliki koefisien korelasi ($r=-0.707$). Hubungan konsentrasi klorofil-a terhadap indeks *upwelling* memiliki koefisien korelasi ($r=0.661$).

Kata kunci : Laut Banda, Monsun, SPL, Klorofil-a, Indeks *Upwelling*, dan MODIS

Abstract

The Banda Sea is a basin located in the Maluku Islands, Indonesia. The Banda sea is surrounded by islands and straits. Banda sea is also known as one of Indonesian Throughflow pathways. Characteristics of water mass in the Banda Sea are strongly influenced by the monsoon wind. Variations of monsoon wind direction and speed have an impact on the coastal upwelling. The purpose of the study was to determine the variability of upwelling in the Banda Sea and to determine the relationship between upwelling parameters (upwelling index, SST, and chlorophyll-a). The data of this study are the Aqua-MODIS level 3 satellite data for SST and chlorophyll-a, and ECMWF windspeed and wind vector reanalysis data. The data were taken from 2003-2019. The results of this research showed that upwelling in the Banda Sea occurred in the April-October period with a peak in August. The average of upwelling index is 1.86 m³/s. The impact of upwelling can be identified through cooler SST and high chlorophyll-a concentrations. The coolest SST (26.79 °C) and the highest chlorophyll-a concentration (0.614 mg/m³). The relationship between SST and the upwelling index has a correlation coefficient ($r= -0.707$) and the relationship of chlorophyll-a concentration with the upwelling index has a correlation coefficient ($r = 0.661$).

Keywords: *The Banda Sea, Monsoon, SST, Chlorophyll-a, Upwelling Index and MODIS*

PENDAHULUAN

Laut Banda merupakan salah satu perairan yang subur serta berpotensi dalam bidang perikanan dan daerah penangkapan ikan yang terbesar di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari hasil tangkapan ikannya yang begitu besar dan merupakan daerah penangkapan ikan terbesar di Indonesia (Yulia, 2013).

Hasil tangkapan ikan di Laut Banda pada tahun 2006 berkisar 437.183,40 ton (Sukresno dan Suniada, 2016).

Monsun mempengaruhi sistem sirkulasi massa air di Laut Banda. Selama monsun tenggara (Juni sampai Agustus), air permukaan didorong dari Laut Banda ke dalam Laut Flores, Laut Jawa, dan Laut Cina Selatan. Selama monsun barat laut (Desember hingga Februari), air permukaan dari Laut Jawa dan Selat Makassar didorong dari Laut Flores ke Laut Banda Menurut Gordon *et al.* (1999), bahwa ketika musim timur, arus bergerak ke selatan menuju Samudera Hindia. Pergerakan massa air ke selatan ini akan menyebabkan kekosongan dan akan digantikan oleh massa air dari lapisan bawah. Fenomena ini disebut *upwelling*. Terjadinya *upwelling* akan menyebabkan salinitas tinggi, SPL rendah, densitas tinggi, oksigen relatif rendah dan fosfat tinggi terutama pada batas bawah dari lapisan homogen.

Semua penelitian yang telah dilakukan baik skala in situ maupun dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh hanya berfokus pada proses terjadinya *upwelling* dari perubahan fisik, kimia dan biologi tetapi belum disertai perhitungan indeks *upwelling*. Indeks *upwelling* ini dikembangkan oleh Bakun (1975) yang ditentukan oleh nilai stres angin dan gaya *coriolis*. Hal ini menjadi menarik untuk melakukan kajian *upwelling* dengan menggunakan perhitungan indeks *upwelling* di wilayah Laut Banda.

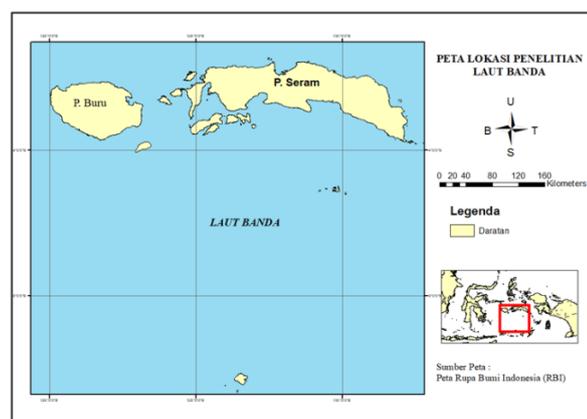
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variabilitas *upwelling* di Laut Banda dan mengetahui hubungan antar parameter (Indeks *upwelling* SPL, Klorofil di Laut Banda menggunakan data satelit penginderaan jauh AQUA-MODIS dan ECMWF selama periode 2003-2019).

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam satu tahap, yaitu pengolahan data citra *Aqua* MODIS level 3 dan data angin *Era-Interim* ECMWF. Data penelitian adalah data komposit yang diperoleh selama rentang waktu 17 tahun dari bulan Januari tahun 2003 hingga bulan Desember 2019. Lokasi penelitian berada di Laut Banda dengan batas area kajian pada koordinat 2,50° LS – 6,5° LS dan 124,50° BT – 130,5° BT (**Gambar 1**).

Pengumpulan Data

Data Suhu Permukaan Laut dan klorofil adalah data citra satelit *Aqua* MODIS level 3 dengan resolusi 4 km dalam format NetCDF (NET Common Data File). Data sebaran Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a adalah data harian selama sepuluh tahun dari tanggal 1 Januari 2003 hingga 31 Desember 2019 dengan citra Suhu Permukaan Laut dan klorofil-a untuk mendapatkan data *time series*. Data diunduh melalui *website* <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Data Suhu Permukaan Laut yang diunduh merupakan citra MODIS *daily* 11µm SST, sedangkan data klorofil-a adalah *daily Chlorophyll OCx*.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Pengambilan Data

Data angin yang digunakan adalah data angin ECMWF yang merupakan data reanalisis dengan resolusi $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ dalam format NetCDF (NET *Common Data File*). Data angin selama periode 17 tahun yaitu dari tahun 2003-2019 diunduh melalui *website* <https://www.ecmwf.int/> pada bagian *forecasts reanalysis datasets ERA-Interim*. Data ini bersifat reanalisis atau analisis ulang dan interpolasi data meteorologi dari pusat pengamatan dan penelitian pusat meteorologi dari seluruh dunia. Data angin terdiri atas dua komponen vektor yaitu, vektor u untuk arah meridional barat-timur dan vektor v untuk arah utara-selatan. Setiap masing-masing vektor memiliki nilai kecepatan dalam satuan m/s dan arahnya. 10 metre U wind component untuk vektor u dan 10 metre V wind component untuk vektor v .

Pengolahan Data

Data citra *Aqua* MODIS yang terdiri dari data Suhu Permukaan Laut dan klorofil-a harian serta data angin ECMWF dilakukan perhitungan menjadi komposit bulanan (*monthly*) dari data harian. Perhitungan ini dilakukan menggunakan *software* pemrograman GrADS. Menurut Wirasatriya *et al.* (2017) menyatakan perhitungan komposit bulanan dilakukan untuk melihat variabilitas setiap parameter secara spasial dan temporal. Komposit bulanan dari Suhu Permukaan Laut, klorofil-a dan angin selanjutnya dilakukan perhitungan komposit klimatologis (*monthly climatology*) dengan *software* GrADS menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

$\bar{X}(x, y)$ = rata-rata bulanan (*monthly climatology*)

$xi(x, y, t)$ = Data harian ke-1 pada posisi bujur (x), lintang (y) dan hari ke-t

n = jumlah data dalam 1 bulan

i=1 = Hari ke-1

Analisis Data

Metode analisis data menggunakan analisis perhitungan komputasi dan uji statistik dasar seperti perhitungan rata-rata, standar deviasi, korelasi, dan determinasi. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk visualisasi gambar, tabel, dan grafik/diagram.

Indeks *upwelling* pantai (UI) dihitung dengan beberapa tahap formula sebagai berikut: menggunakan data vektor angin untuk mendapatkan gesekan angin (*wind stress*) tiap komponen angin dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Kutsuwada (1998):

$$\tau_x = \rho C_D W u$$

$$\tau_y = \rho C_D W v$$

dimana :

τ_x = gesekan angin komponen sejajar pantai (kg/m/det^2)

τ_y = Gesekan angin komponen menegak pantai (kg/m/det^2)

C_D = koefisien Drag = 1.4×10^{-3}

ρ = densitas udara = 1.3 kg/m^3

W = kecepatan angin (m/det)

u = komponen kecepatan angin pada sumbu x (m/det)

v = komponen kecepatan angin pada sumbu y (m/det)

Indeks *upwelling* pantai kemudian dihitung dengan formula dikembangkan dari teori Ekman (1905) dan perhitungan *transport Ekman* menggunakan persamaan (Pond and Pickard 1983):

$$M_x = \frac{\tau_y}{f}$$

dimana :

- M_x = Massa *offshore transport ekman* (kg/m/det²)
 τ_y = Gesekan angin komponen menegak pantai (kg/m/det²)
 f = parameter *coriolis* (rad/det)
- f = $2 \Omega \sin \theta$
 Ω = 7.29×10^{-5} rad/det
 θ = posisi lintang (rad)

Formula untuk mendapatkan indeks *upwelling* pantai (UI) menggunakan persamaan (Bakun 1975):

$$UI = M_x \frac{1 \text{ m coastline}}{1025 \text{ kg/m}^3} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ m coastline} \right)$$

dimana :

- M_x = Massa *offshore transport ekman* (kg det⁻¹ m⁻¹)
 UI = Indeks *Upwelling* (m³/s/ m coastline)

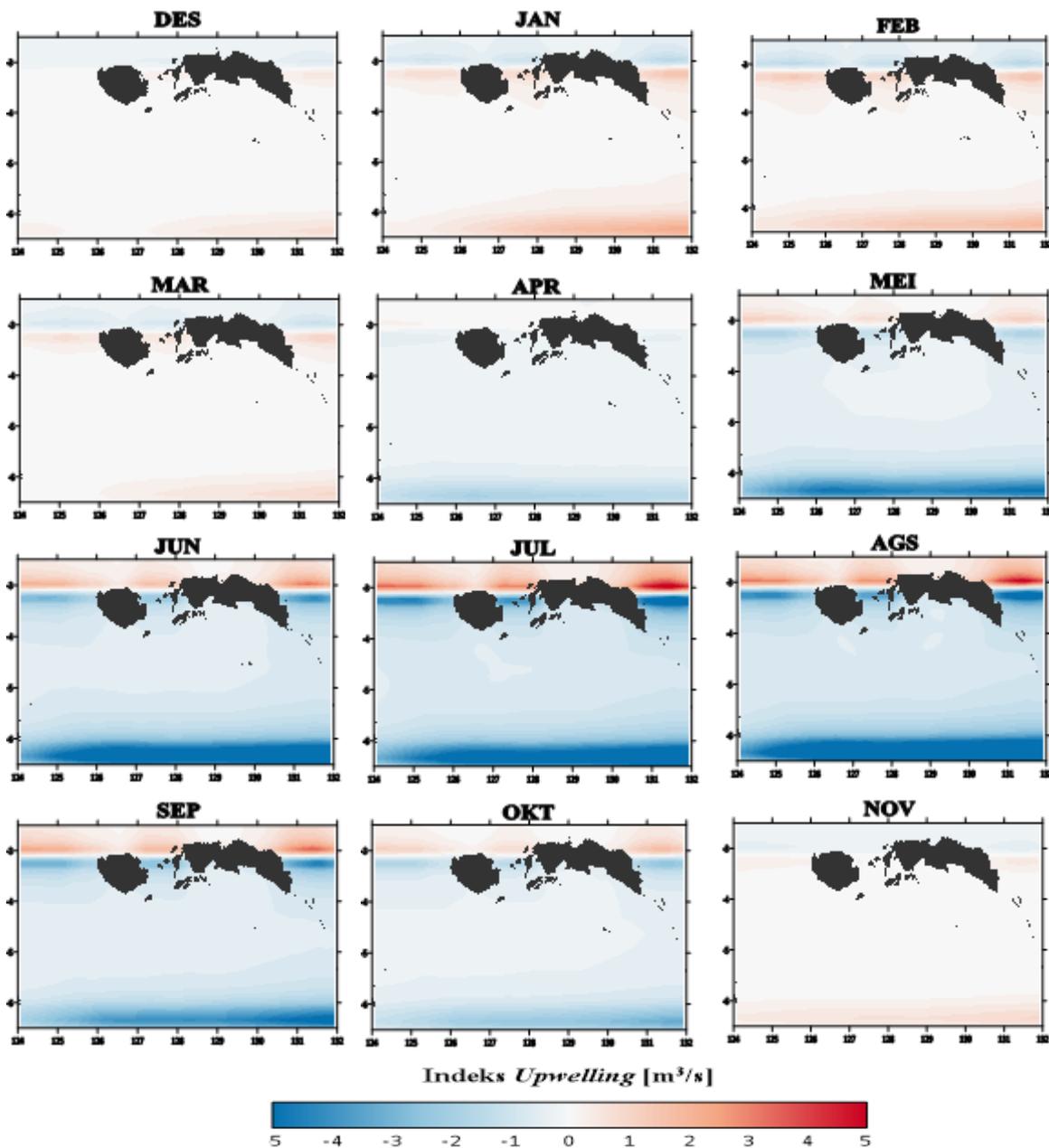
Hubungan antara SPL, konsentrasi klorofil-a, dan UI dikaji dengan menggunakan analisis determinasi dan korelasi dengan menggunakan persamaan $y=a+bx$ dimana : $y = UIx$; $x = SPL$ dan konsentrasi klorofil-a.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi Nilai Indeks *Upwelling* di Laut Banda

Berdasarkan hasil pengolahan data dan perhitungan indeks *upwelling* (**Gambar 2.**), secara klimatologis di Laut Banda menunjukkan hasil yang beragam tiap bulannya Menurut Tubalawony *et al.* (2007), Yunwei *et al.* (2015) nilai positif (+) dari indeks *upwelling* menunjukkan terjadi pengangkatan massa air (*upwelling*), sedangkan nilai negatif (-) dari indeks *upwelling* menunjukkan (*downwelling*).. Sehingga diketahui bahwa *upwelling* di Laut Banda terjadi pada periode bulan April hingga Oktober. Sedangkan *downwelling* di Laut Banda terjadi pada bulan November – Maret.

Nilai indeks *upwelling* tertinggi adalah 8,094 m³/s yang terjadi pada bulan Agustus dan nilai indeks *upwelling* terendah adalah -2,594 m³/s terjadi pada bulan Februari. Rata-rata bulanan indeks *upwelling* tertinggi di Laut Banda juga terjadi pada bulan Agustus dengan indeks sebesar 1,861 m³/s. Indeks *upwelling* rata-rata bulanan terendah adalah -0.474 m³/s yang terjadi di bulan Februari saat terjadi *downwelling*.

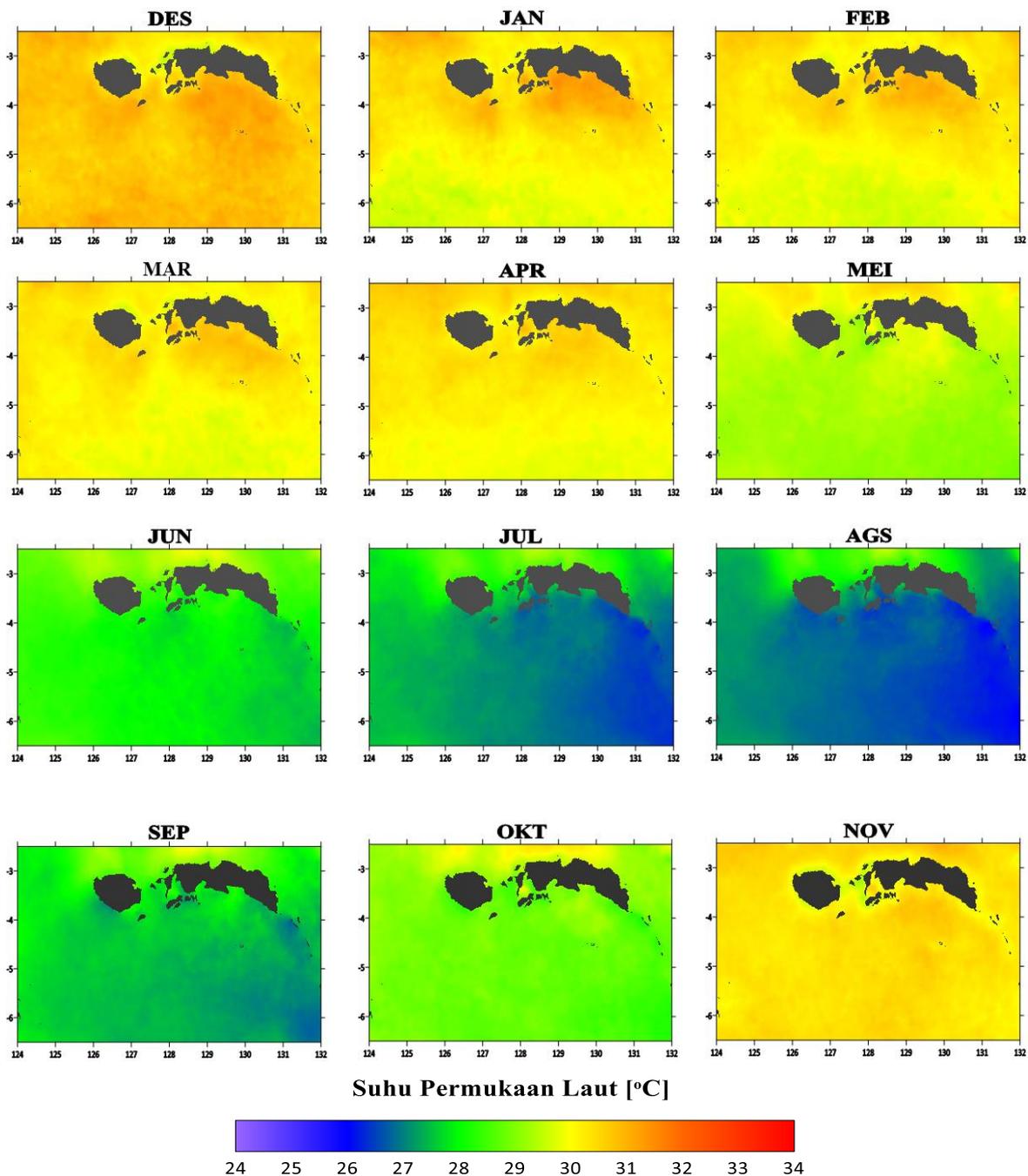


Gambar 2. Sebaran Indeks *Upwelling* di Laut Banda secara Klimatologis Bulanan

Indeks *upwelling* bernilai rendah di dekat pantai dan nilainya akan meningkat ke arah laut lepas karena kecepatan angin yang semakin tinggi kecepatannya dari wilayah *on-shore* ke *off-shore*. Selain itu indeks *upwelling* juga bernilai cukup tinggi di daerah selat. Selat antar kepulauan di Laut Banda adalah jalur perlintasan Arlindo yang umumnya memiliki arus yang kuat. Sprintall dan Liu (2005) menyatakan bahwa aliran dari Laut Banda menuju Samudera Hindia mencapai puncak ketika musim timur yaitu Juli sampai September, pada waktu tersebut akan menyebabkan naiknya massa air dingin dari lapisan bawah sehingga suhu permukaan akan menjadi lebih rendah pada bulan-bulan tersebut. Sehingga *ekman transport* efektif untuk mendorong massa air ke selatan saat musim timur.

Variasi Suhu Permukaan Laut (SPL) di Laut Banda

Suhu permukaan laut pada tiap bulan di Laut Banda nilainya bervariasi (**Gambar 3**). Nilai suhu permukaan laut (SPL) terendah adalah 25,54 °C yang terjadi di bulan Agustus. SPL tertinggi adalah 33,16 °C yang terjadi di bulan November. SPL rata-rata bulanan tertinggi terjadi di bulan Desember dengan nilai mencapai 30,25 °C dan rata-rata SPL terendah adalah bulan Agustus dengan nilai 26,79 °C.



Gambar 3. Sebaran Suhu Permukaan Laut (SPL) di Laut Banda secara Klimatologis Bulanan

Suhu permukaan laut (SPL) di Laut Banda pada periode *upwelling*, April hingga Oktober cenderung lebih dingin daripada bulan-bulan lainnya. Suhu permukaan laut bulan April masih cenderung hangat. Hal ini diduga disebabkan karena kecepatan angin yang rendah saat itu. Menurut

Munandar *et al.* (2016) kecepatan angin mempengaruhi penetrasi cahaya matahari ke kolom perairan dan menurunkan tingkat evaporasi akan menyebabkan suhu permukaan laut lebih tinggi.

Memasuki bulan Mei suhu permukaan laut mulai mengalami penurunan seiring dengan peningkatan intensitas *upwelling*. Penurunan suhu permukaan laut terus berlanjut pada bulan Juni, Juli, dan Agustus. Bulan Agustus SPL di Laut Banda mencapai nilai minimumnya bersamaan dengan intensitas *upwelling* yang tertinggi pada periode itu. Intensitas *upwelling* mulai melemah dan kecepatan angin menurun di bulan September hingga Oktober. Akibatnya suhu permukaan laut bulan September dan Oktober mulai meningkat.

Nilai suhu permukaan laut saat *downwelling* bulan November hingga Maret relatif lebih hangat bila dibandingkan dengan SPL pada bulan-bulan *upwelling* terjadi. Bulan November adalah musim peralihan dari musim timur ke musim barat. SPL bulan November lebih tinggi bila dibandingkan bulan April yang juga bulan pergantian musim. Tingginya suhu permukaan laut pada bulan November diduga disebabkan oleh rendahnya kecepatan angin dan tingkat evaporasi saat itu.

Pada musim Barat, bulan Desember SPL masih tinggi dan mencapai puncak tertinggi sepanjang tahun. Bulan Januari-Februari suhu permukaan laut sedikit mengalami penurunan bahkan pada beberapa lokasi nilainya dibawah 29°C. Hal ini diduga disebabkan oleh peningkatan kecepatan angin, tutupan awan, dan presipitasi (hujan) pada saat itu bersamaan dengan musim penghujan. Suhu permukaan laut kemudian mulai meningkat kembali di bulan Maret pada akhir periode *downwelling* di Laut Banda.

Variasi Konsentrasi Klorofil-a di Laut Banda

Nilai konsentrasi klorofil-a di Laut Banda tiap bulannya terlihat bervariasi (**Gambar 4**). Konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi di bulan Juli dengan nilai 1,763 mg/m³. Konsentrasi klorofil-a terendah adalah 0,052 mg/m³ yang terjadi di bulan Maret. Konsentrasi klorofil-a rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Agustus dengan nilai rata-rata mencapai 0,614 mg/m³. Rata-rata bulanan klorofil-a terendah terjadi di bulan Maret dengan nilai 0,145 mg/m³.

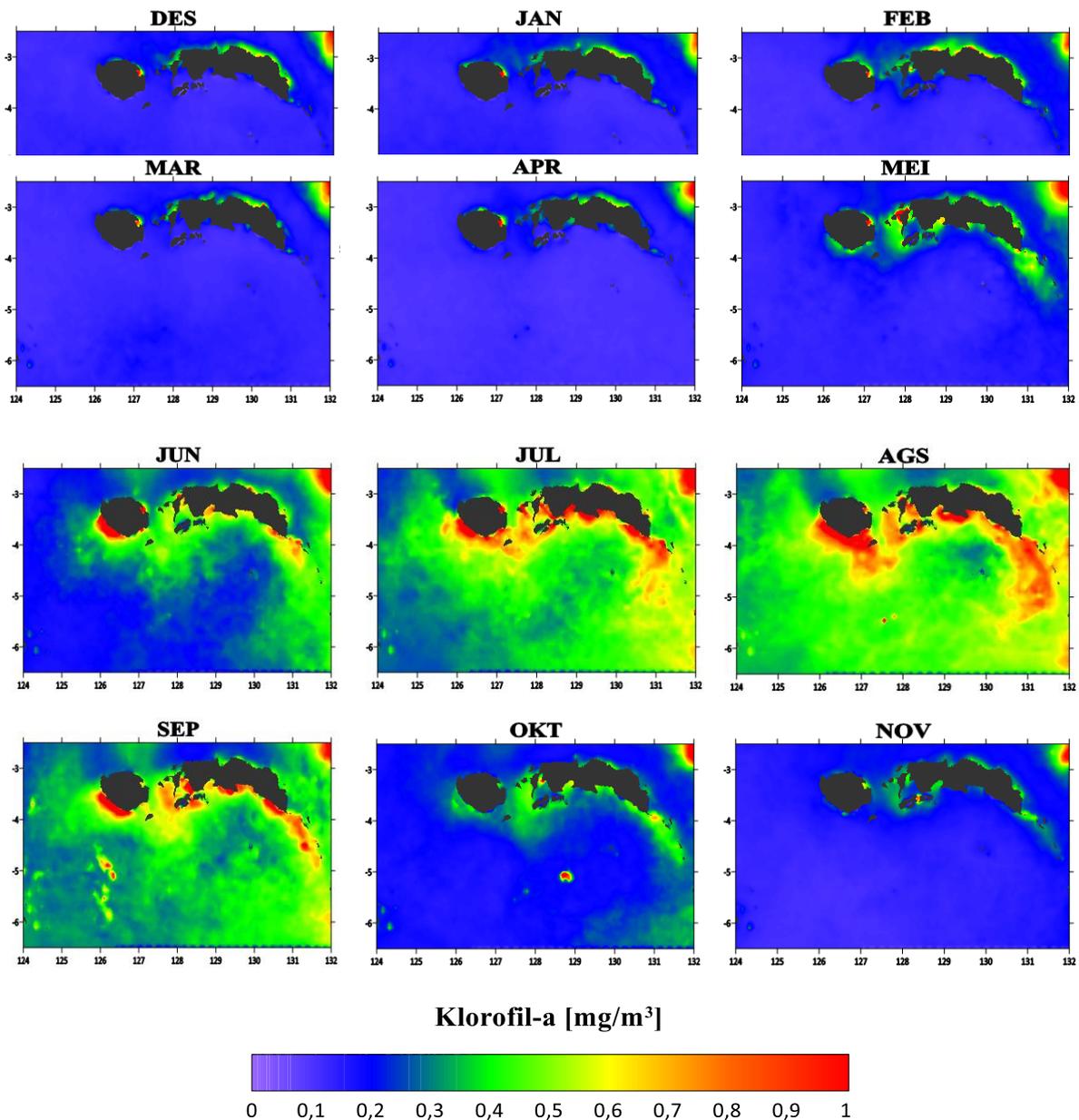
Konsentrasi klorofil-a di Laut Banda pada periode *upwelling* (April-Oktober) nilainya cukup tinggi. Bulan April konsentrasi klorofil-a masih rendah dan mulai meningkat di bulan Mei hingga Agustus. Hal ini disebabkan adanya proses *upwelling* di Laut Banda. Menurut Yuhendrasniko *et al.* (2016) *upwelling* menyebabkan peningkatan konsentrasi klorofil-a karena massa air yang terangkat dari lapisan bawah kaya akan nutrisi yang bermanfaat bagi pertumbuhan fitoplankton dan proses fotosintesisnya.

Selain *upwelling*, kecepatan angin juga berpengaruh terhadap konsentrasi klorofil-a. Menurut Saraswata *et al.* (2013) kecepatan angin yang tinggi saat musim timur (Mei-Oktober) menyebabkan konsentrasi klorofil-a di perairan meningkat karena angin mampu membangkitkan arus dan gelombang sehingga terjadi proses pengadukan (*mixing*) pada kolom perairan mengangkat nutrisi dari bawah ke permukaan.

Konsentrasi klorofil-a tertinggi di Laut Banda terjadi pada bulan Agustus sejalan dengan intensitas *upwelling* dan kecepatan angin tertinggi yang juga terjadi di bulan tersebut. Penurunan konsentrasi klorofil-a terjadi di bulan September dan Oktober saat intensitas *upwelling* dan kecepatan angin mulai berkurang.

Konsentrasi klorofil-a di Laut Banda saat *downwelling* (November-Maret) nilainya cukup rendah dengan rata-rata bulannya kurang dari 0,2 mg/m³. Konsentrasi klorofil-a pada bulan November bernilai rendah dilepas pantai namun konsentrasi klorofil-a di pesisir selatan sedikit lebih tinggi karena masih ada pengaruh *upwelling* pada bulan sebelumnya yaitu bulan Oktober.

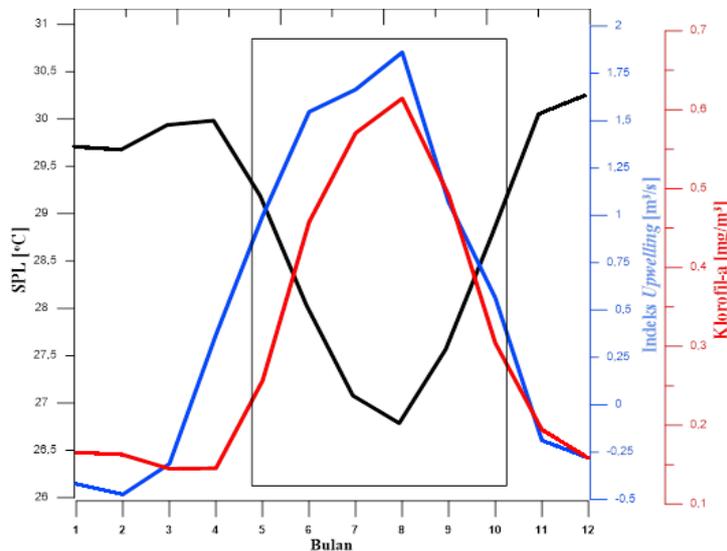
Konsentrasi klorofil-a di Laut Banda pada bulan Desember hingga Maret mulai menurun, dan justru klorofil-a terlihat tinggi di pesisir utara. Hal ini dikarenakan adanya *upwelling* yang terjadi di Laut Seram. Menurut Gordon *et al.* (1999) bahwa *upwelling* dan *sinking (downwelling)* terjadi bergantian dalam satu tahun di pesisir selatan dan utara pulau Buru dan Seram. Selain itu, menurut Rasyid (2009) konsentrasi klorofil-a pada musim barat juga dipengaruhi oleh tingginya presipitasi saat musim penghujan yang akan meningkatkan *run off* dari daratan untuk menyuplai nutrisi ke daerah pantai dan muara sungai.



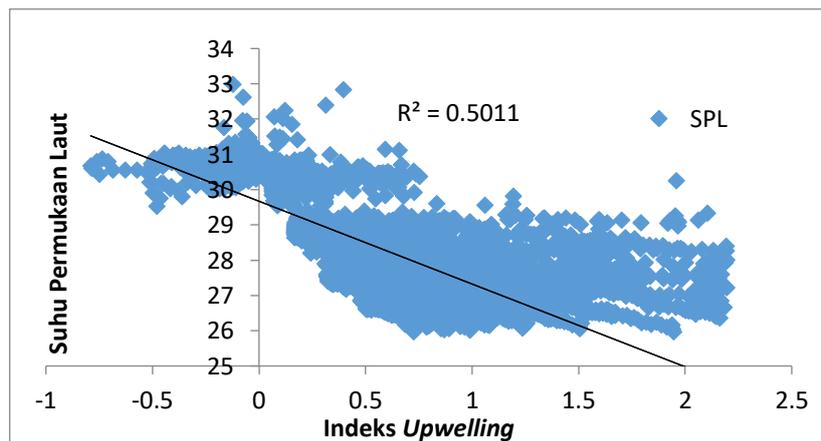
Gambar 4. Sebaran Konsentrasi di Laut Banda secara Klimatologis Bulanan

Hubungan *Upwelling* dengan Indikator Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Laut Banda

Suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a adalah dua indikator yang diamati dalam indikasi terjadinya *upwelling* di suatu perairan. Selama periode *upwelling* di Laut Banda (April – Oktober) indeks *upwelling*, SPL, dan klorofil-a memiliki pola yang tetap (**Gambar 5**). Penurunan nilai suhu permukaan laut (SPL) 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 ditandai dengan SPL yang rendah dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi.



Gambar 5. Grafik Gabungan Indeks *Upwelling*, SPL, dan Klorofil-a terhadap Bulan di Laut Banda

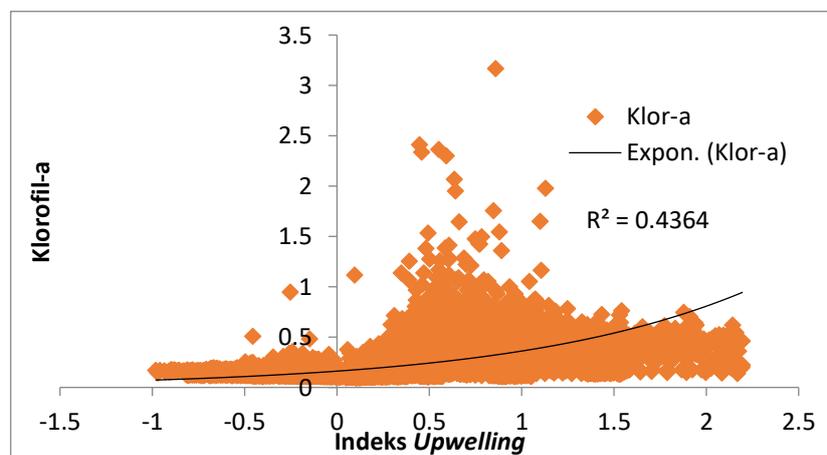


Gambar 6. Grafik Korelasi Suhu Permukaan Laut terhadap Indeks *Upwelling*

Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan antara indeks *upwelling* dengan SPL di Laut Banda (**Gambar 6**) memiliki hubungan korelasi yang kuat ($r = -0.707$) dan determinasi ($r^2 = 0.5011$). Hal ini sesuai dengan penelitian Izumo *et al.* (2008) yang mengemukakan bahwa hubungan antara indeks *upwelling* dengan SPL memiliki pola yang linier dan berkorelasi negatif. Korelasi bernilai negatif bahwa semakin meningkat SPL maka nilai indeks *upwelling*-nya semakin kecil dan sebaliknya semakin rendah nilai SPL maka nilai indeks semakin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa sebaran indeks *upwelling*

yang tinggi akan mempengaruhi sebaran SPL yang rendah. Nilai determinasi 0.5011 menunjukkan bahwa suhu permukaan laut di Laut Banda, sebesar 50.11 % nilainya dipengaruhi oleh adanya *upwelling* sedangkan sisanya dipengaruhi faktor lain.

Hubungan antara konsentrasi klorofil-a dengan indeks *upwelling* (**Gambar 7**) adalah eksponensial. Hasil analisis menunjukkan bahwa korelasi indeks parameter ini memiliki korelasi hubungan yang cukup kuat ($r=0.661$) dan determinasi ($r^2=0.4364$). Korelasi indeks *upwelling* dan klorofil-a menunjukkan korelasi positif, artinya saat terjadi peningkatan indeks *upwelling* maka konsentrasi klorofil-a juga akan meningkat dan sebaliknya. Nilai determinasi menunjukkan 43.64 % konsentrasi klorofil-a di Laut Banda nilainya dipengaruhi oleh *upwelling*.



Gambar 7. Grafik Korelasi Konsentrasi Klorofil-a terhadap Indeks *Upwelling*

Nilai determinasi dan korelasi klorofil-a terhadap indeks *upwelling* lebih rendah bila dibandingkan dengan korelasi dan determinasi SPL dengan indeks *upwelling*. Hal ini terjadi karena proses *upwelling* akan meningkatkan pengkayaan nutrisi di perairan tersebut, kemudian baru diikuti terjadinya peningkatan konsentrasi klorofil-a. Menurut Samada *et al.* (2016) ketika terjadi sebaran indeks *upwelling* yang tinggi tidak secara langsung mempengaruhi konsentrasi klorofil-a tinggi, tetapi ada jeda waktu (*time lag*) sebelum terjadi peningkatan konsentrasi klorofil-a.

KESIMPULAN

Variabilitas *upwelling* di Laut Banda berfluktuatif setiap bulannya. Proses *upwelling* dan *downwelling* di Laut Banda terjadi secara bergantian setiap tahun karena perubahan angin muson. Periode November - Maret terjadi *downwelling* di Laut Banda, sedangkan bulan April - Oktober terjadi *upwelling*. Puncak *upwelling* di Laut Banda terjadi pada bulan Agustus dengan rata-rata indeks *upwelling* sebesar 1.86 m³/s. *Upwelling* di Laut Banda menyebabkan SPL menjadi turun dan konsentrasi klorofil-a meningkat. Suhu permukaan laut rata-rata terendah yang tercatat saat *upwelling* adalah 26.79 °C dan konsentrasi klorofil-a rata-rata tertinggi mencapai 0.614 mg/m³. Intensitas *upwelling* di Laut Banda memiliki tingkat hubungan yang berbeda dengan suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a. Nilai korelasi indeks *upwelling* dengan SPL adalah ($r=-0.707$) dan nilai korelasi indeks *upwelling* dengan klorofil-a sedikit lebih rendah yaitu ($r=0.661$).

DAFTAR PUSTAKA

- Bakun A. 1975. Daily and Weekly Upwelling Indices West Coast of North America. NOAA.
- Gordon, A. L., R.D. Susanto, and F. Ami. 1999. Throughflow within Makassar. *J. Geophys. Res. Lett.*, 26 (21): 3325-3328.
- Izumo T, C.B Montegut, J.J Luo, S.K Behera, S. Masson, T. Yamagata. 2008. The Role of the Western Arabian Sea Upwelling in Indian Monsoon Rainfall Variability. *Juornal of Climate.*, 21(21):5603-5623.
- Kunarso, Hadi S., Ningsih N.S. dan Baskoro M.S. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan Undip.*, 16(3):171-180.
- Kutsuwada K. 1998. Impact of Wind/Wind-Stress Field in the North Pacific Constructed by ADEOS/NSCAT data. *J. Oceanogr.*, 54(1): 443-456.
- Pond S and GL Pickard. 1983. Introductory *Dynamical Oceanography*. Second edition. Pergamon Press. New York.
- Rasyid, A. 2009. Distribusi Klorofil-a pada Musim Peralihan Barat-Timur di Perairan Spermonde Propinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains & Teknologi.*, 9(2):125-132.
- Samada, W., Amrana, M. A., Muhiddina, A. H., dan Tambarua, R. 2016. Dinamika Spasial Temporal Sebaran Klorofil-a Perairan Selat Makassar Kaitannya dengan Lokasi Penangkapan Ikan. In *Seminar Nasional Pengelolaan Perikanan Pelagis-MEXMA.*, 35(1): 35-39.
- Saraswata, A. G., Subardjo, P., & Muslim, M. 2013. Pengaruh Monsun Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil-A Di Perairan Selatan Bali. *Journal of Oceanography.*, 2(1): 79-87.
- Sprintall, J. and W.T. Liu. 2005. Ekman Mass and Heat Transport in the Indonesian Seas. *Journal of Oceanography. Oceanography Society – Rockville. USA.*, 18(4):88-97.
- Sukresno, B. dan K.I. Suniada. 2016. Observasi Pengaruh ENSO terhadap Produktivitas Primer Bersih dan Potensi Perikanan dengan Menggunakan Data Satelit Di Laut Banda. *Majalah Ilmiah Globe.*, 10(2):97-107.
- Tubalawony, S., R. F. Kaswadji, M. Purba, S.Woutthuyzen dan D. Soedharma, 2007. Dampak Proses Fisik Terhadap Sebaran Klorofil Secara Spasial dan Temporal di Perairan Barat Sumatera dan Selatan Jawa – Sumbawa. *J.Ichthyos.*, 6 (2): 97–104.
- Wirasatriya, A., A.R. Setiawan dan P. Soebardjo. 2017. The Effect of ENSO on the Variability of Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature in the Maluku Sea. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing.*, 1(10): 5513-5518.
- Yuhendasmiko, R., Kunarso, dan Wirasatriya, A. 2016. Identifikasi Variabilitas Upwelling Berdasarkan Indikator Suhu dan Klorofil-a di Selat Lombok. *Journal of Oceanography.*, 5(4): 530-537.
- Yulia, K. E. M. 2013. Variabilitas Klorofil-a dan Beberapa Parameter Oseanografi Hubungannya Dengan Monsoon, ENSO dan IOD di Laut Banda. [Tesis]. Program Studi Magister Sains, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 87 hlm.
- Yunwei, Y., Z. Ling and C.Chen. 2015. Winter Coastal Upwelling off Northwest Borneo in the South China Sea. *Acta Oceanol.Sin.*, 34(1): 3-10.