

Identifikasi Variabilitas Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A serta Intensitas *Upwelling* di Selat Makassar

Kunarso*, Surya Risky Graharto, Sri Yulina Wulandari

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Email: kunarsojpr@yahoo.com

Abstrak

Selat Makassar secara geografis terletak diantara Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi. Kondisi perairan di Selat Makassar dipengaruhi oleh Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) dan sistem angin muson. Hal ini menyebabkan Selat Makassar memiliki dinamika yang kompleks dan terjadi fenomena *upwelling* sehingga berpengaruh terhadap variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a. Kajian tentang *upwelling* di Selat Makassar telah banyak dilakukan, namun kajian mengenai intensitas *upwelling* berdasarkan variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a dengan periode data dalam jangka waktu yang panjang belum dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a musiman serta intensitas dan tipe *upwelling* di Selat Makassar. Data yang digunakan diantaranya adalah data suhu permukaan laut, klorofil-a, dan angin yang berasal dari citra *Aqua MODIS* Level 3 selama periode tahun 2007 hingga 2017. Data-data tersebut diolah secara klimatologi dan dianalisis dengan data pendukung berupa data angin sehingga diperoleh kesimpulan yang jelas mengenai objek yang diteliti. Berdasarkan hasil pengolahan data, variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a di Selat Makassar dipengaruhi oleh angin musim. Pola pergerakan dan kecepatan angin yang tinggi diikuti dengan penurunan SPL serta peningkatan konsentrasi klorofil-a mengindikasikan fenomena *upwelling* terjadi di Selat Makassar bagian Selatan Pulau Sulawesi. Hal ini ditunjukkan dari tingkat korelasi kuat antara angin terhadap SPL dan klorofil-a dengan masing-masing nilai korelasi (r) -0,872 dan 0,771. *Upwelling* yang terjadi di Selat Makassar dimulai pada bulan Mei-Oktober dan termasuk tipe *upwelling* berkala. Intensitas *Upwelling* sangat kuat terjadi pada bulan Agustus dengan nilai SPL 26,31°C dan konsentrasi klorofil-a sebesar 2,33 mg/m³ serta mencapai puncak terluas sebesar 51.175,75 km².

Kata kunci : Variabilitas *upwelling*, SPL, klorofil-a, angin, Selat Makassar

Abstract

Identification of Variability of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-A and Upwelling Intensity in Makassar Strait

The Makassar Strait is geographically located between the islands of Kalimantan and Sulawesi. The condition of the waters in the Makassar Strait is influenced by the Indonesian Throughflow (ARLINDO) and monsoon wind system. This causes the Makassar Strait has complex dynamics including the upwelling phenomenon that affects the variability of sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a. There have been many studies about upwelling in the Makassar Strait, but studies on the intensity of upwelling based on the variability of sea surface temperature and chlorophyll-a with long-term data periods were absent. The purpose of this study was to determine the variability of sea surface temperature and seasonal chlorophyll-a as well as the intensity and type of upwelling in the Makassar Strait. The data used including sea surface temperature, chlorophyll-a, and wind data derived from *Aqua MODIS* satellite Level 3 for the period 2007 to 2017. These data are processed climatologically and analyzed with supporting data i.e., the wind data. Based on data processing results, variability of sea surface temperature and chlorophyll-a in the Makassar Strait is affected by monsoon systems. The increasing wind speed is followed by decreasing of SST and increasing of chlorophyll-a concentration indicating upwelling phenomenon in the Makassar Strait, precisely at Southern Sulawesi Island. The strong correlation between wind and SST and chlorophyll-a are demonstrated with correlation values (r) -0.872 and 0.771. Upwelling occurrence in the Makassar Strait starts from May to October and is a periodic upwelling type. The intensity of upwelling was very strong in August with an SST value of 26.31 °C and a chlorophyll-a concentration of 2.33 mg/m³ and reached the widest area of 51,175.75 km².

Keywords : *Upwelling* variability, SST, chlorophyll-a, wind, Makassar Strait

*Corresponding author

DOI:10.14710/buloma.v11i2.42170

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>

Diterima/Received : 21-10-2021

Disetujui/Accepted : 25-04-2022

PENDAHULUAN

Selat Makassar secara geografis terletak diantara Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi. Selat ini berbatasan langsung dengan Samudera Pasifik di bagian utara melalui Laut Sulawesi dan berhubungan dengan Laut Jawa serta Laut Flores di bagian selatan (Inaku, 2015; Syahdan, 2014). Kondisi perairan di Selat Makassar dipengaruhi oleh Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang menggerakkan massa air dari Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia sehingga mengakibatkan perairan ini memiliki dinamika yang kompleks (Atmadipoera dan Widyastuti, 2014). Perairan Selat Makassar juga dipengaruhi oleh sistem angin muson. Angin muson tenggara yang berhembus selama musim timur menjadi faktor utama pembangkit *upwelling* sehingga berpengaruh terhadap variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Selat Makassar (Habibi, 2010; Setiawan dan Kawamura, 2011).

Upwelling adalah salah satu fenomena oseanografi yang menggerakkan massa air laut dari lapisan dalam menuju ke lapisan atas permukaan. Proses *upwelling* menggerakkan massa air dengan kandungan nutrisi yang tinggi dan bersuhu rendah dibandingkan dengan perairan sekitarnya (Utama *et al.*, 2017). Kunarso *et al.* (2005) menyatakan, fenomena *upwelling* memberikan dampak yang positif bagi lingkungan perairan karena nutrisi yang tinggi terangkat dari lapisan dalam perairan menuju ke lapisan permukaan laut yang mengakibatkan perairan menjadi subur.

Beberapa penelitian tentang *upwelling* di Selat Makassar telah banyak dilakukan, seperti Kunarso *et al.* (2009) yang menganalisis intensitas dan karakteristik *upwelling* di Selat Makassar pada variasi iklim tertentu. Penelitian yang dilakukan oleh Habibi *et al.* (2010), Sukoraharjo (2011), serta Setiawan dan Kawamura (2011) menunjukkan, bahwa angin muson tenggara menjadi penyebab utama pembentukan *upwelling* di Selat Makassar bagian selatan. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Atmadipoera dan Widyastuti (2014) juga menunjukkan, bahwa mekanisme *upwelling* yang terjadi di Selat Makassar bagian selatan disebabkan hembusan angin muson tenggara yang kuat dan aliran Arus Lintas Indonesia yang membentuk pusaran arus eddy. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh Inaku (2015) yang menganalisis pola sebaran dan perkembangan area *upwelling* di Selat Makassar bagian Selatan. Selanjutnya Nababan *et al.* (2016) menunjukkan variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a di Selat

Makassar bagian Selatan sebagian besar dipengaruhi oleh angin muson. Kemudian Utama *et al.* (2017) mengkaji fenomena *upwelling* menggunakan pendekatan Ekman.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya baik secara *insitu* maupun menggunakan teknologi penginderaan jauh, hanya menunjukkan proses terjadinya *upwelling* dan umumnya data yang diolah memiliki periode waktu yang singkat. Selain itu informasi mengenai intensitas *upwelling* di Selat Makassar yang diolah dalam periode waktu yang panjang belum dilakukan. Oleh karena itu perlu adanya kajian penelitian lebih lanjut tentang intensitas *upwelling* berdasarkan variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a secara spasial dan temporal yang dikaitkan dengan pola pergerakan angin musiman. Tujuan dari penelitian ini diantaranya mengetahui variabilitas suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a musiman, mengetahui pengaruh angin terhadap variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a musiman, serta mengetahui intensitas dan tipe *upwelling* di Selat Makassar. Wilayah penelitian dan lokasi sampling ditampilkan dalam Gambar 1.

MATERI DAN METODE

Data suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari data citra satelit *Aqua MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)*. Data citra satelit suhu *Aqua MODIS* ini berupa data harian (*daily*) level 3 dengan resolusi 4x4 km dalam bentuk format data NetCDF (*Network Common Data Form*) selama periode 11 tahun dari bulan Januari hingga Desember tahun 2007 – 2017. Citra *Aqua MODIS* ini diunduh melalui website <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Data angin diperoleh dari data satelit *Quik Scatterometer (QSCAT)* dan *Advanced Scatterometer (ASCAT)*. Data angin QSCAT dan ASCAT berupa data harian (*daily*) dengan resolusi 0,25° x 0,25° yang dimulai dari bulan Januari hingga Desember selama tahun 2007 dan 2008 – 2017.

Data suhu permukaan laut dan klorofil-a dari data citra satelit *Aqua MODIS* harian (*daily*) level 3 dikomposit menjadi data bulanan dengan menggunakan program IDL (*Interactive Data Language*). Data komposit bulanan yang telah diperoleh selanjutnya dijadikan data komposit klimatologi bulanan (*monthly climatology*) berdasarkan rata-rata setiap bulan dari tahun 2007-2017. Data komposit klimatologi bulanan ini ditampilkan dalam bentuk peta pola sebaran suhu

permukaan laut dan klorofil-a secara spasial dan temporal di Selat Makassar dari bulan Januari hingga Desember selama 11 tahun dengan rumus komposit berikut ini (Wirasatriya *et al.*, 2017):

$$\bar{X} kb(x, y) = \frac{1}{mT} \sum_{t=1}^{mT} xT(x, y, t)$$

Keterangan: $\bar{X} kb(x, y)$ = Rata-rata klimatologi bulanan; $xT(x, y, t)$ = Data harian ke-1 pada posisi bujur (x), lintang (y), dan hari ke t; mT = Jumlah total bulan dalam periode pengamatan 2007-2017; T=1= Hari ke-1; Jika $xT = Nan$, maka data tersebut tidak memiliki nilai atau data kosong dan tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata

Data angin dari data satelit QSCAT (*Quik Scatterometer*) dan ASCAT (*Advanced Scatterometer*) berupa data angin permukaan laut harian (*daily*) dikomposit menjadi data bulanan menggunakan program IDL (*Interactive Data Language*). Data komposit bulanan yang telah diperoleh selanjutnya dijadikan data komposit

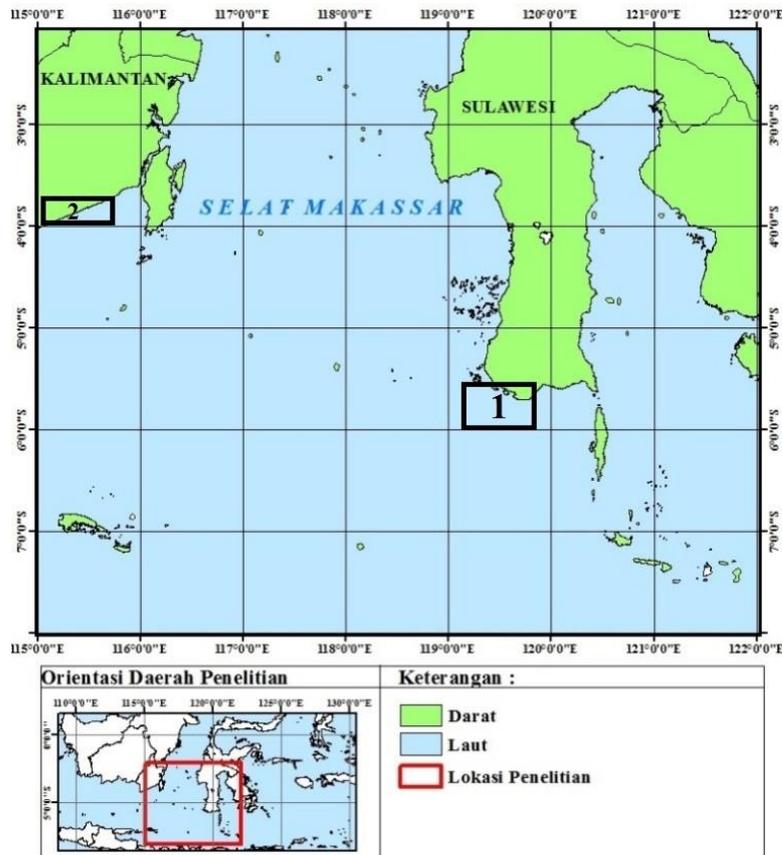
klimatologi bulanan (*monthly climatology*) berdasarkan rata-rata setiap bulan dari tahun 2007-2017. Data komposit klimatologi bulanan ini ditampilkan dalam bentuk peta pola arah angin dan kecepatan total secara spasial dan temporal.

Identifikasi intensitas *upwelling* dilakukan melalui penentuan variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a dengan cara transek melintang dan membujur secara vertikal tegak lurus dari garis pantai hingga ke tengah laut pada pusat *upwelling* sesuai penelitian Kunarso *et al.* (2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabilitas Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Musiman di Selat Makassar Keterkaitannya dengan Angin

Pola sebaran suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a klimatologi bulanan ditampilkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3. SPL pada bulan Desember hingga Februari (Musim Barat) cenderung hangat. SPL meningkat pada bulan Maret dan mencapai suhu tertinggi pada bulan April yang menyebabkan kondisi perairan lebih panas.



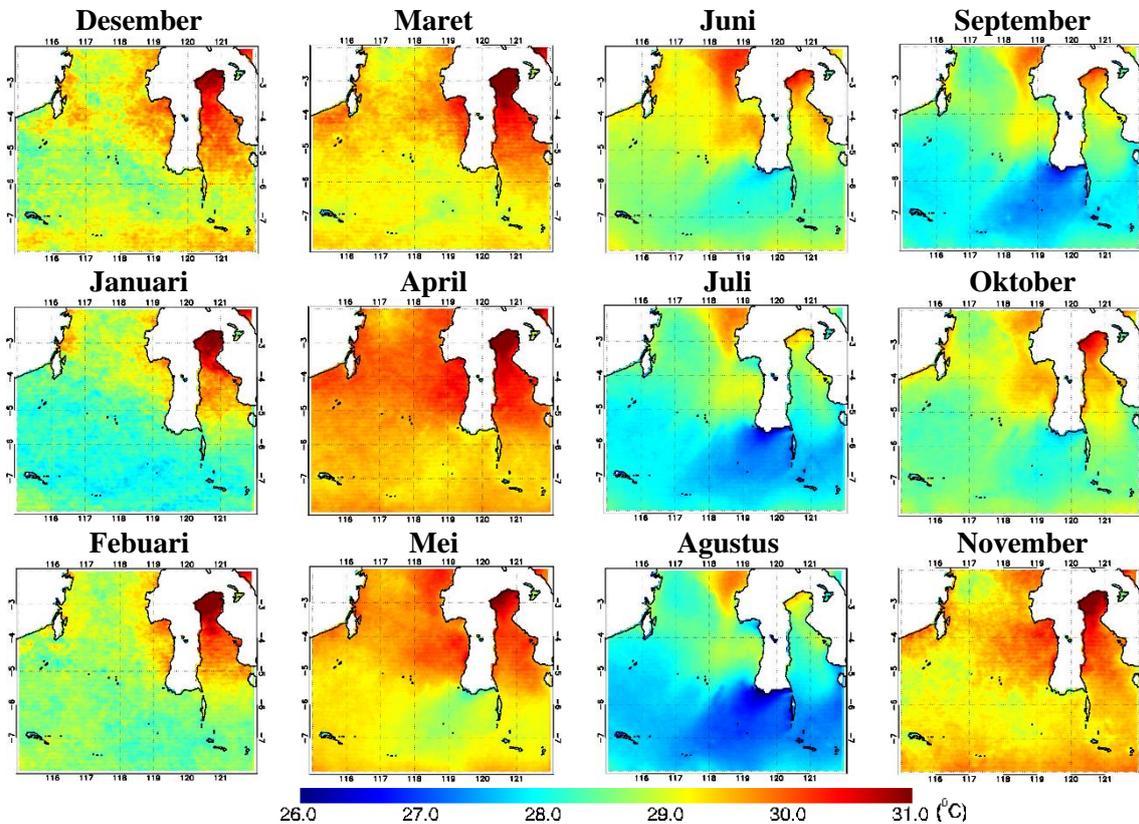
Gambar 1. Lokasi Penelitian. 1) Merupakan wilayah penelitian 1 dan 2) adalah wilayah penelitian 2

Konsentrasi klorofil-a pada bulan Desember hingga April rata-rata memiliki konsentrasi klorofil-a yang rendah. SPL yang tinggi dan rendahnya konsentrasi klorofil-a pada bulan Desember-April dipengaruhi oleh pola pergerakan angin. Arah angin dominan berasal dari arah Barat Laut menuju ke arah Tenggara sejajar garis pantai (Gambar 4). Angin sejajar pantai yang terjadi pada bulan Desember-April diduga mengakibatkan proses *downwelling*. Menurut Nababan *et al.* (2016), angin permukaan yang berhembus selama bulan Desember-April mengakibatkan Transpor Ekman mengalir ke arah timur laut menuju ke wilayah pesisir Pulau Sulawesi bagian selatan dan menyebabkan fenomena *downwelling*.

Suhu permukaan laut yang rendah dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi mulai terjadi pada bulan Mei. SPL pada bulan Juni-Oktober semakin terlihat mengalami penurunan dan menjadi lebih dingin, sedangkan konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi juga terlihat di Selat Makassar bagian selatan Pulau Sulawesi pada bulan tersebut. Penurunan SPL dan peningkatan konsentrasi klorofil-a pada bulan Mei-Oktober

memperlihatkan adanya proses *upwelling* yang diduga dipengaruhi oleh hembusan angin sejajar pantai (Gambar 4).

Pola pergerakan angin yang berhembus dari arah Tenggara menuju ke arah Barat dan Barat Laut cenderung sejajar garis pantai di Selat Makassar bagian selatan Pulau Sulawesi. Hal ini mengakibatkan transpor Ekman yang membawa massa air bergerak menjauhi pantai menuju ke arah Barat Daya. Transpor Ekman yang mengakibatkan *upwelling* dimana suhu permukaan laut (SPL) menjadi lebih dingin dan konsentrasi klorofil-a menjadi tinggi. Inaku (2015) menyatakan, fenomena *upwelling* di Selat Makassar bagian selatan diakibatkan oleh angin tenggara selama musim timur menimbulkan Transpor Ekman yang menggerakkan massa air menjauhi Pesisir Pulau Sulawesi bagian selatan menuju ke arah barat daya (Laut Flores). Mekanisme *upwelling* yang terjadi di Selat Makassar bagian selatan diakibatkan oleh angin muson tenggara yang mengalami peningkatan kecepatan selama musim timur menimbulkan pencampuran vertikal yang kuat (Atmadipoera dan Widyastuti, 2014). Pernyataan yang sama disampaikan oleh Setiawan dan



Gambar 2. Pola sebaran suhu permukaan laut klimatologi bulanan tahun 2007-2017 di Selat Makassar

Kawamura (2011), bahwa angin muson tenggara yang berhembus sangat kuat selama musim timur menjadi faktor utama pembentukan *upwelling* di Selat Makassar bagian selatan Pulau Sulawesi.

Berdasarkan grafik yang ditampilkan dalam Gambar 5 menunjukkan kecepatan angin mengalami peningkatan dimulai dari bulan Mei dan mencapai kecepatan maksimum pada bulan Agustus dengan kecepatan sebesar 7,17 m/s. Meningkatnya kecepatan angin mengakibatkan suhu permukaan laut (SPL) mengalami penurunan dan konsentrasi klorofil-a meningkat. Keterkaitan angin terhadap suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil a yang diikuti dengan fenomena *upwelling* di Selat Makassar bagian selatan Pulau Sulawesi pada bulan Mei sampai Oktober, ditunjukkan dengan nilai korelasi (r) masing- masing sebesar - 0,872 dan 0,771.

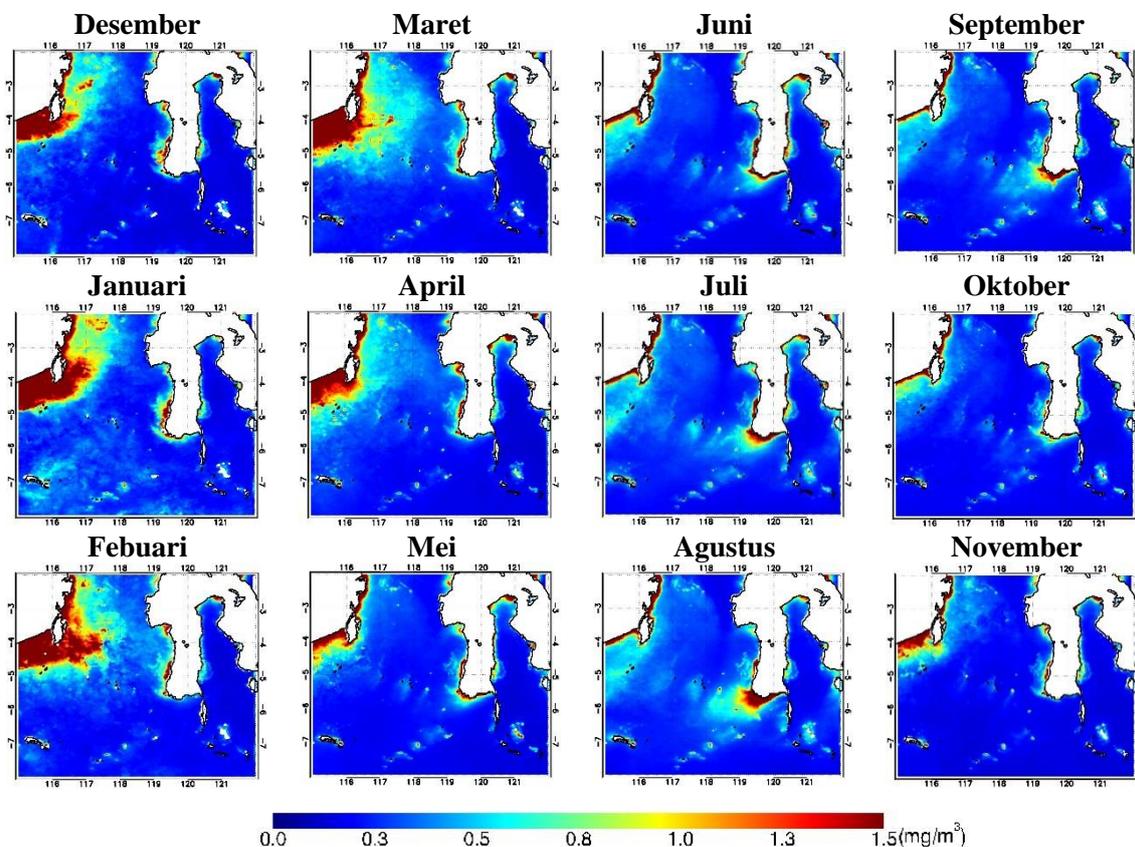
Intensitas *Upwelling*

Berdasarkan hasil pengolahan data, Gambar 6 menunjukkan adanya fenomena menarik dimana terdapat keterkaitan hubungan antara suhu permukaan laut (SPL) yang rendah diikuti dengan konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada lintang 5,68° – 6,02° LS dan 119,27° – 120,02° BT. Hal ini

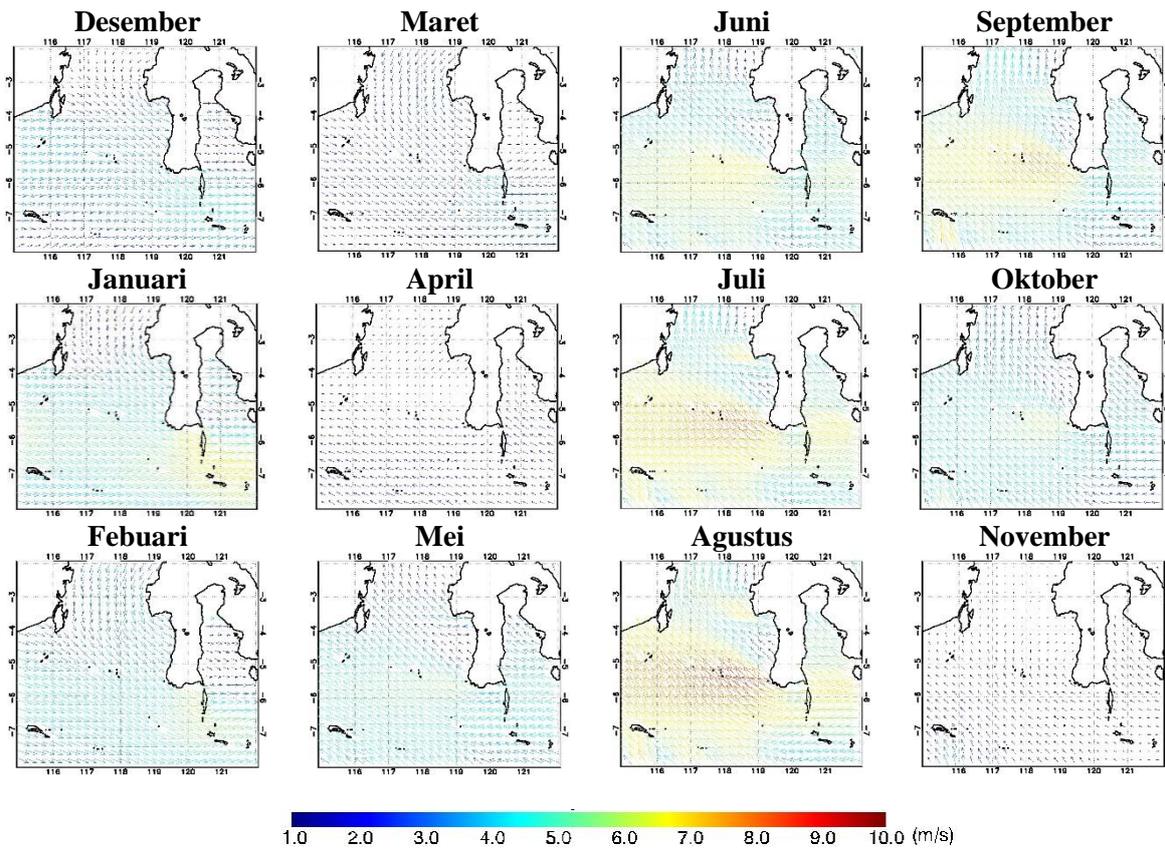
menunjukkan adanya fenomena *upwelling* di wilayah tersebut, sebagaimana pernyataan dalam Kunarso (2009), bahwa daerah *upwelling* ditandai dengan klorofil-a yang tinggi dan suhu permukaan laut yang rendah. Pernyataan pendukung disampaikan oleh Sukoraharjo (2011), bahwa *upwelling* yang terjadi di Selat Makassar tepatnya pada lintang 5° – 6,5° LS dan 118,5° – 120° BT.

Klasifikasi kriteria intensitas *upwelling* berdasarkan rata-rata suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a pada daerah terjadinya *upwelling* dibagi menjadi empat kriteria yang ditampilkan pada Tabel 1. Fenomena *upwelling* mulai terjadi pada bulan Mei hingga Oktober dan mencapai puncaknya pada bulan Agustus yang ditandai dengan suhu permukaan laut (SPL) yang rendah dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi yang disajikan pada Tabel 2.

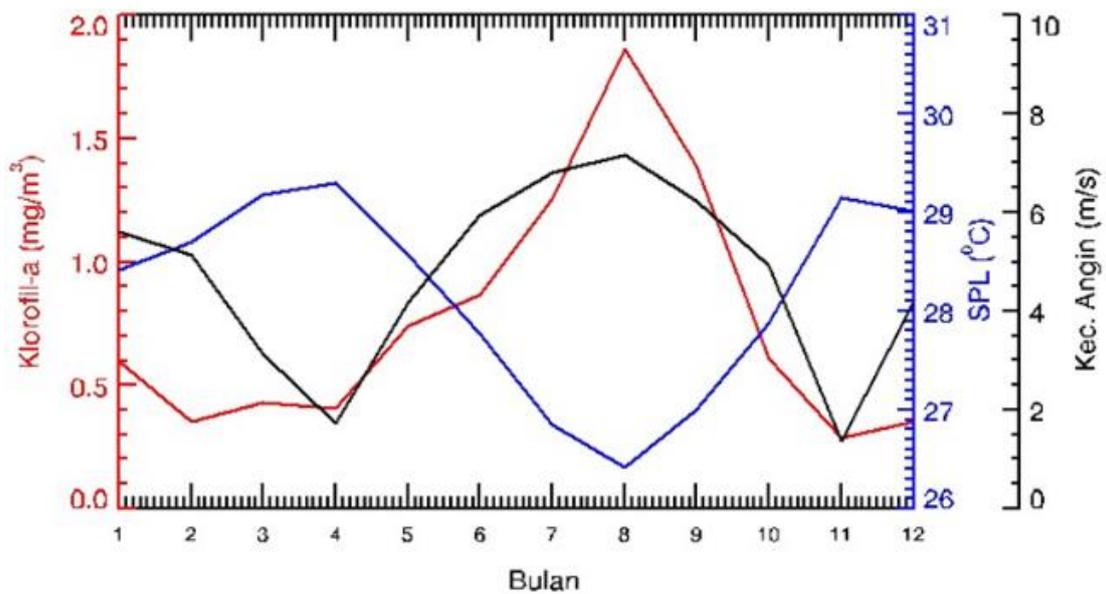
Upwelling yang terjadi pada bulan Mei sampai Oktober di Selat Makassar bagian selatan Pulau Sulawesi dipengaruhi oleh hembusan angin yang berasal dari arah Tenggara menuju ke Barat Laut sejajar dengan garis pantai yang menimbulkan Transpor Ekman yang menjauhi pantai. Habibi *et al.* (2010) menyatakan bahwa angin yang berhembus dari arah Tenggara menuju ke arah



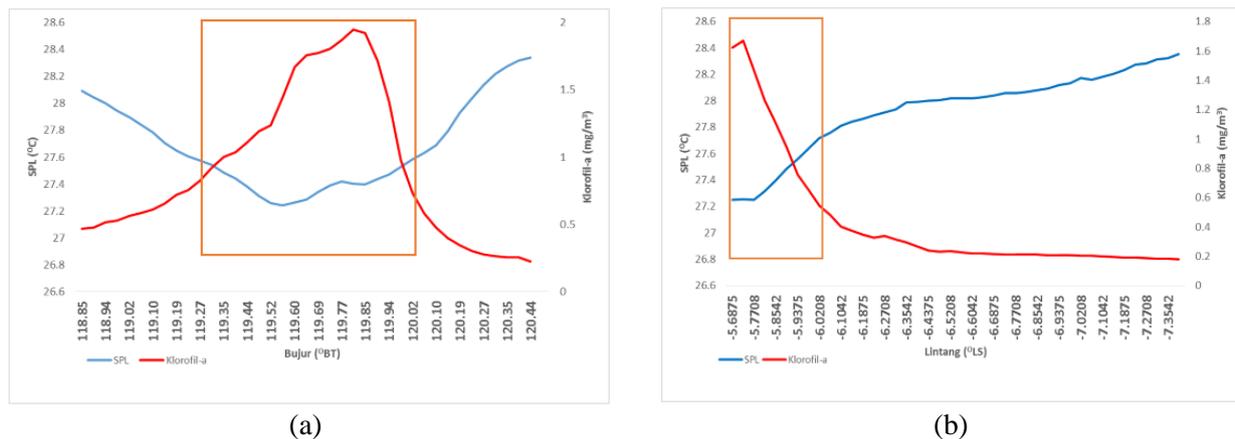
Gambar 3. Pola sebaran klorofil-a klimatologi bulanan tahun 2007-2017 di Selat Makassar



Gambar 4. Pola pergerakan angin klimatologi bulanan tahun 2007-2017 di Selat Makassar



Gambar 5. Variasi klimatologi bulanan SPL dan Klorofil-a terhadap Angin pada 2 wilayah kajian. (a) Wilayah I (Selat Makassar bagian Selatan Pulau Sulawesi) dan (b) Wilayah II (Pesisir Timur Kalimantan Selatan).



Gambar 6. (a) Variasi Trasek Melintang dan (b) Transek Membujur SPL dan Klorofil-a di Selat Makassar bagian Selatan Pulau Sulawesi

Tabel 1. Kriteria Intensitas *Upwelling* di Selat Makassar

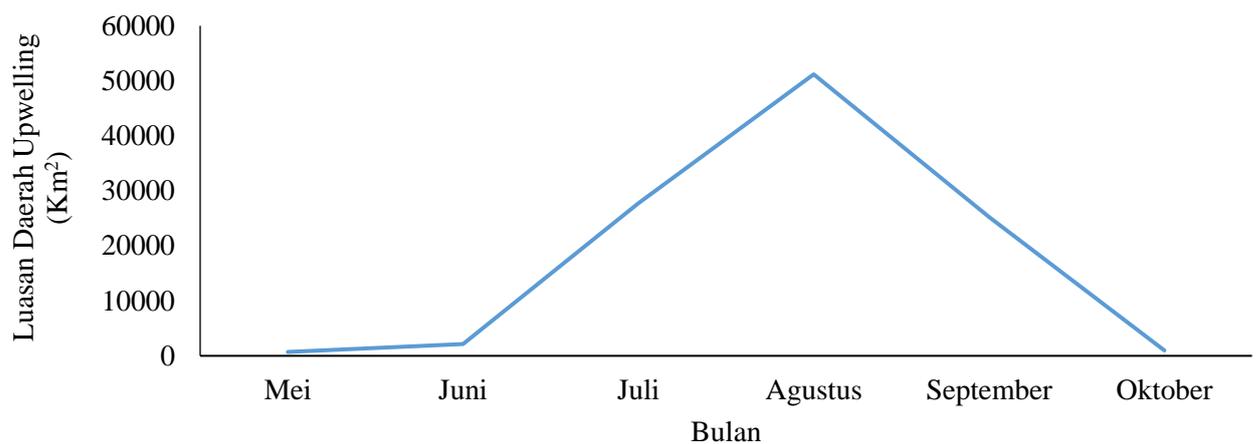
Simbol	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/m ³)	Kriteria <i>Upwelling</i>
•	> 27,75	< 1,15	Intensitas <i>Upwelling</i> Lemah (UL)
√	27,05 ≤ US < 27,75	1,15 ≤ US < 1,61	Intensitas <i>Upwelling</i> Sedang (US)
!	26,35 ≤ UK < 27,05	1,61 ≤ UK < 2,07	Intensitas <i>Upwelling</i> Kuat (UK)
!!	< 26,35	> 2,07	Intensitas <i>Upwelling</i> Sangat Kuat (USK)

Tabel 2. Variabilitas *Upwelling* berdasarkan nilai SPL dan klorofil-a di Selat Makassar bagian Selatan Pulau Sulawesi

Bulan	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/m ³)	Kriteria <i>Upwelling</i>
Mei	28,60	0,99	Intensitas <i>Upwelling</i> Lemah
Juni	27,90	1,09	Intensitas <i>Upwelling</i> Lemah
Juli	26,80	1,60	Intensitas <i>Upwelling</i> Kuat
Agustus	26,31	2,33	Intensitas <i>Upwelling</i> Sangat Kuat
September	26,97	1,60	Intensitas <i>Upwelling</i> Kuat
Oktober	27,94	0,67	Intensitas <i>Upwelling</i> Lemah

Barat Laut mengalami peningkatan kecepatan secara bertahap dari bulan Mei hingga mencapai kecepatan maksimum pada bulan Agustus sejajar dengan garis pantai dan menimbulkan Transpor Ekman yang menjauhi pantai di pesisir selatan Pulau Sulawesi. Hal tersebut menyebabkan terjadinya fenomena *coastal upwelling* dimana suhu permukaan laut (SPL) menjadi lebih dingin dan terjadi peningkatan konsentrasi klorofil-a di pesisir selatan Pulau Sulawesi.

Berdasarkan rata-rata bulanan suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a yang ditampilkan pada Tabel 3 menunjukkan perbedaan intensitas. Intensitas *Upwelling* Sangat Kuat (USK) terjadi pada bulan Agustus dengan suhu minimum 26,31 °C dan konsentrasi klorofil-a maksimum sebesar 2,33 mg/m³. Pola pergerakan dan kecepatan angin pada bulan tersebut diduga mempengaruhi penurunan SPL dan peningkatan konsentrasi klorofil-a. Kurnarso (2011) menyatakan,



Gambar 8. Perkembangan Luasan Daerah *Upwelling*

peningkatan kecepatan angin dari arah tenggara dapat mengakibatkan meningkatnya intensitas *upwelling*.

Upwelling ketika mencapai intensitas yang Sangat Kuat (USK) dan diikuti dengan peningkatan kecepatan angin berpengaruh terhadap luasan *upwelling*. Berdasarkan Gambar 8, luasan *upwelling* mencapai puncak terluas pada bulan Agustus dengan luasan mencapai 51.175,75 km². Inaku (2015) menyatakan, selain pola pergerakan angin yang sejajar pantai, kecepatan angin juga mempengaruhi penyebaran luasan *upwelling* di Selat Makassar bagian selatan. *Upwelling* yang terjadi di Selat Makassar bagian selatan Pulau Sulawesi hanya terjadi pada periode bulan tertentu yaitu hanya pada bulan Mei sampai dengan Oktober, sehingga termasuk dalam tipe berkala (*periodic type*). Secara spasial, lokasi *upwelling* berada di pesisirselatan Pulau Sulawesi, sehingga *upwelling* tersebut termasuk dalam jenis *coastal upwelling*.

KESIMPULAN

Variabilitas SPL dan klorofil-a di Selat Makassar pada daerah *upwelling* berkisar 26,42-29,30 °C dan 0,28-1,86 mg/m³. Suhu permukaan laut terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 26,42 °C dan tertinggi terjadi pada bulan April sebesar 29,30 °C. Konsentrasi klorofil-a terendah terjadi pada bulan November sebesar 0,28 mg/m³ dan tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 1,86 mg/m³. Angin musim menunjukkan pengaruhnya terhadap variabilitas suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a, yang dibuktikan dengan tingkat korelasi (r) antara angin terhadap SPL dan

klorofil-a dengan masing-masing nilai korelasi sebesar -0,872 dan 0,771. Intensitas *Upwelling* Sangat Kuat (USK) memiliki nilai SPL < 26,35 °C dan klorofil-a > 2,07 mg/m³ terjadi pada bulan Agustus dengan suhu permukaan laut (SPL) sebesar 26,31 °C dan konsentrasi klorofil-a sebesar 2,33 mg/m³ serta luasan *upwelling* mencapai 51.175,75 km². Tipe *upwelling* di Selat Makassar bagian selatan Pulau Sulawesi termasuk dalam tipe berkala (*periodic type*).

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera, A.S. & Widyastuti, P. 2014. A Numerical Modeling Study On Upwelling Mechanism in Southern Makassar Strait. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2): 355-371.
- Habibi, A., Setiawan, R.Y. & Zuhdy, A.Y. 2010. Wind-driven Coastal Upwelling Along South of Sulawesi Island. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 15(2):113-118
- Inaku, D.F. 2015. Analisis Pola Sebaran dan Perkembangan Area *Upwelling* di Bagian Selatan Selat Makassar. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 25(2):67-74.
- Kunarso, K., Ningsih, N.S. & Supangat, A. 2005. Karakteristik *Upwelling* di Sepanjang Perairan Selatan NTT Hingga Barat Sumatera. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 10(1):17-23.
- Kunarso, Hadi, S., Ningsih, N.S. & Supangat, A. 2009. *Upwelling dan Fishing Ground Tuna di Laut Nusantara*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang. 211 hlm.

- Kunarso, K., Hadi, S., Ningsih, N.S. & Baskoro, M.S. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(3):171-180.
- Kunarso, Hadi, S., Ningsih, N.S., Baskoro, M.S., Wirasatriya, A. & Kuswardani, A.R. 2020. The classification of upwelling indicators base on sea surface temperature, chlorophyll-a and upwelling index, the casestudy in Southern Java to Timor Waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 530(1): p.012020.
- Nababan, B., Rosyadi, N., Manurung, D., Natih, N. M., & Hakim, R. 2016. The Seasonal Variability of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a concentration in the South of Makassar Strait. *Procedia Environmental Sciences*. 33:583-589.
- Putra, E., Gaol, J.L. & Siregar, V.P. 2012. Hubungan Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut dengan Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Utama di Perairan Laut Jawa dari Citra Satelit MODIS. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 3(2):1-10.
- Rasyid, A.J. 2010. Distribusi Suhu Permukaan Laut Pada Musim Peralihan Barat-Timur Terkait dengan Fishing Ground Ikan Pelagis Kecil di Perairan Spermonde. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 20(1):1-7.
- Setiawan, R.Y. & Kawamura, H. 2011. Summertime Phytoplankton Bloom in the South Sulawesi Sea. *IEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*. 4(1):241-244.
- Sugiyono. 2016. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. CV Alfabeta. Bandung.
- Sukoraharjo, S.S., Manurung, D., Jaya, I., Pasaribu, B. & Jonsson. 2011. Menduga Peningkatan Massa Air dengan Menganalisis Pola Pergerakan Angin di Perairan Selat Makassar. *Jurnal Kelautan Nasional*. 6(3):149-160
- Syahdan, M., Atmadipoera, A.S., Susilo, S.B. & Gaol, J.L. 2014. Variability of Surface Chlorophyll-a in The Makassar Strait-Java Sea, Indonesia. *Internasional Journal of Sciences*, 14(2):103-116.
- Utama, F.G., Atmadipoera, A.S., Purba, M., Sudjono, E.H. & Zuraida, R. 2017. Analysis of Upwelling Event in Southern Makassar Strait. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 54(1):012085.
- Wirasatriya, A., Setiawan, R.Y. & Subardjo, P. 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 Observation and Remote Sensing*. 10(12): 5513-5518