

PENDUGAAN FENOMENA UPWELLING BERDASARKAN VARIABILITAS SUHU PERMUKAAN LAUT DAN KLOROFIL-A DI PERAIRAN TELUK BONE, INDONESIA

Estimating of Upwelling Phenomenon Based on Variability of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a in Bone Bay, Indonesia

Roni Alfrediansyah¹, Asmadin^{2*} dan Ira³

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Program Studi Oseanografi,
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo.

Jl. H.E.A Mokodompit Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232, Telp/Fax: (0401) 3193782

*Surel : asmadin@uho.ac.id

Diterima: 2 Maret 2022; Disetujui: 18 Mei 2022

Abstrak

Produktivitas suatu perairan dapat digambarkan berdasarkan kondisi oseanografi seperti arus, suhu permukaan laut dan klorofil-a. Beberapa parameter oseanografi tersebut dapat dijadikan acuan untuk menduga kejadian upwelling pada suatu perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi Kawasan upwelling berdasarkan variabilitas Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a secara spasial dan temporal di perairan Teluk Bone, termasuk menilai kondisi arus permukaan lautnya. Data deret waktu yang dikumpulkan merupakan data bulanan periode 2019-2020. Data bulanan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a menggunakan data Level 3 citra satelit *aqua MODIS* yang diunduh melalui laman <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Data arus permukaan diunduh pada laman <https://marine.copernicus.eu/>. Data bulanan Level 3 satelit *aqua MODIS* tersebut diekstrak menggunakan perangkat lunak *SeaDAS 7.2*. Data arah dan kecepatan arus diekstrak menggunakan *Pyferret*. Analisis spasial untuk mengestimasi daerah upwelling menggunakan teknik tumpang susun layer berdasarkan algoritma estimasi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data bulanan suhu permukaan Laut berkisar antara 25,74–33,76°C pada 2019 dan berkisar antara 26,85–34,82°C pada 2020. Estimasi konsentrasi Klorofil-a mencapai kisaran 0,06–6,53 mg/m³ pada 2019 dan berkisar 0,07–7,09 mg/m³ pada 2020. Pada tahun 2019, fenomena upwelling di perairan Teluk Bone diduga terjadi pada musim Timur (Juni, Juli, Agustus) dengan kriteria upwelling lemah dan sedang. Sepanjang tahun 2019-2020, kondisi kecepatan arus permukaan lautnya cenderung lemah mencapai nilai 0,02–0,16 m/s. Fenomena upwelling di perairan Teluk Bone diduga kuat terjadi pada periode Musim Timur (Juni, Juli, Agustus) Tahun 2019. Kondisi ini ditandai dengan relatif rendahnya nilai suhu permukaan laut dan tingginya konsentrasi klorofil-a dibandingkan dengan Musim lainnya. Kondisi kecepatan arus permukaan di perairan Teluk Bone cenderung lemah.

Kata kunci: Arus Permukaan Laut, Klorofil-A, Suhu Permukaan Laut, Teluk Bone, Upwelling

Abstract

The productivity of waters can be described based on oceanographic conditions such as currents, sea surface temperature, and chlorophyll-a. Some of these oceanographic parameters can be used as a reference for estimating upwelling events in waters. This study aims to estimate the upwelling area based on the spatial and temporal variability of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a in the waters of Bone Bay, including the conditions of the sea surface currents. The time series collected is monthly data for the 2019-2020 period. Monthly data on Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a uses Level 3 data from Aqua MODIS satellite imagery downloaded from the <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> page. Surface current data is downloaded at <https://marine.copernicus.eu/>. The MODIS Aqua satellite Level 3 monthly data was extracted using SeaDAS 7.2 software. Current direction and velocity data were extracted using Pyferret. Spatial analysis to estimate the upwelling area using the overlapping technique based on the estimation algorithm of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a. The results showed that monthly data on sea surface temperatures ranged from 25.74–33.76°C in 2019 and ranged from 26.85–34.82°C in 2020. The estimated concentration of chlorophyll-a reached 0.06–6.53 mg/m³ in 2019 and ranged from 0.07–7.09 mg/m³ in 2020. In 2019, the upwelling phenomenon in the waters of Bone Bay occurred in the East monsoon (June, July, August) with upwelling and weak criteria. Throughout 2019-2020, the condition of the sea surface currents tends to be weak, reaching a value of 0.02–0.16 m/s. The upwelling phenomenon in the waters of Bone Bay is strongly suspected to have occurred in the East Season period (June, July, August) in 2019. This condition is characterized by the relative value of sea temperature and chlorophyll-a concentration with a low season compared to other seasons. Surface velocity conditions in the waters of Bone Bay tend to be weak.

Keywords: Sea Surface Current, Chlorophyll-A, Sea Surface Temperature, Bone Bay, Upwelling

Pendahuluan

Produktivitas suatu perairan tidak lepas dari kondisi oseanografi seperti arus, suhu permukaan laut dan klorofil-a. Dari beberapa kondisi oseanografi tersebut dapat dijadikan acuan untuk menduga kejadian upwelling pada suatu perairan. Suhu permukaan laut dapat digunakan sebagai indikator pendugaan lokasi *upwelling*, *downwelling* dan *front* yang terkait dengan wilayah potensial perikanan. Klorofil-a permukaan merupakan indikator tingkat kesuburan dan produktivitas perairan (Harsono, 2014; (Kunarso, 2011).

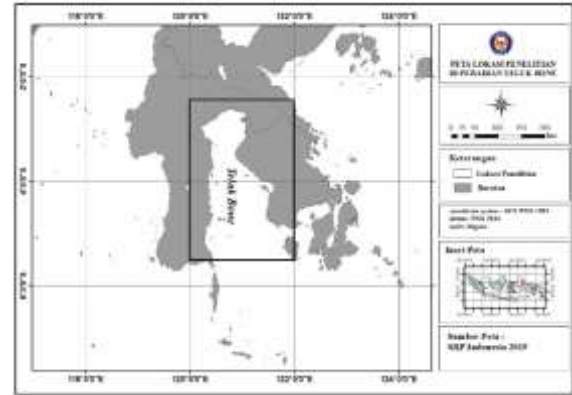
Pada Fenomena pergerakan arus vertikal dalam bentuk *upwelling* dan *downwelling* berpengaruh terhadap kesuburan suatu perairan. *Upwelling* membawa massa air kaya nutrisi dari dasar ke permukaan laut dan sebaliknya sehingga mempengaruhi kelimpahan fitoplankton yang menjadi produktifitas primer di perairan (Pranowo dkk, 2014). *Upwelling* merupakan fenomena naiknya massa air yang terendah serta kaya zat hara dari lapisan yang lebih dalam ke lapisan atas atau menuju permukaan. Daerah *upwelling* kaya akan zat hara, maka daerah tersebut merupakan daerah yang subur dimana konsentrasi klorofil-a atau planktonnya tinggi, sehingga merupakan daerah penangkapan ikan yang baik (Kunarso dkk, 2016).

Perairan Teluk Bone terletak di wilayah pengelolaan perikanan (WPP 713) merupakan salah satu daerah penangkapan ikan di Indonesia. Teluk Bone merupakan salah satu kawasan potensial perikanan yang secara administratif berada pada wilayah perairan provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara (Pranowo dkk., 2014). Beberapa penelitian sebelumnya mengungkap fenomena oseanografi di perairan Teluk Bone, seperti dinamika arus (Pranowo dkk., 2014), dan sebaran suhu permukaan laut (Sunarni dkk., 2020). Sehubungan dengan hal tersebut, maka penelitian ini menjadi penting dikembangkan untuk mengetahui variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a untuk dugaan kawasan *upwelling* di perairan Teluk Bone.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada September 2020-Desember 2021. Lokasi penelitian ini adalah perairan Teluk Bone yang terletak pada koordinat 5.35 °LS 120.5°BT / 5.35°LS 122.27°BT dan 2.85 °LS 120.19°BT/2.85°LS 120.97°BT. Area studi mencakup daerah

Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Pengolahan citra digital dan analisis data dilaksanakan di Laboratorium Komputasi GIS dan Pemodelan FPIK UHO.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu data deret waktu data bulanan periode 2019 – 2020. Data bulanan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a menggunakan data Level 3 satelit *Aqua MODIS* yang diunduh melalui laman <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Data arus permukaan diunduh pada laman <https://marine.copernicus.eu/>. Data bulanan Level 3 satelit *Aqua MODIS* tersebut diekstrak menggunakan algoritma yang sudah ada pada perangkat lunak SeaDAS 7.2. Data arah dan kecepatan arus diekstrak menggunakan *Pyferret*.

Analisis Data Suhu Permukaan Laut

Ekstraksi data suhu permukaan laut/SPL menggunakan kanal 31 dan 32 dari data MODIS dengan menerapkan beberapa algoritma. Perhitungan SPL menggunakan algoritma yang sudah ada pada menu *seadis* yaitu sst sesuai perhitungan yang digunakan oleh Tadjuddah (2017) sesuai Algoritma SPL sebagai berikut :

$$\text{MODIS_SST} = c1 + c2 * T_{31} + c3 * T_{31-32} + c4 * (\sec(\theta) - 1) * T_{31-32}$$

Keterangan :

T_{31} dan T_{32} = Suhu kecerahan kanal 31 dan 32 ($^{\circ}\text{C}$)

$c1, c2, c3$ dan $c4$ = Konstanta nilai

θ = Sudut zenith matahari

Analisis Data Klorofil-A

Algoritma yang digunakan untuk mengestimasi konsentrasi klorofil-a

menggunakan persamaan OC3M (O'Reilly *et al.*, 2000) :

$$C_a = 10^{0,283-2,753R+1,457R^2+0,659R^3-1,403R^4},$$

$$R = \log_{10} \left(\frac{R_{rs} 443 - R_{rs} 488}{R_{rs} 551} \right)$$

Keterangan :

C_a = Konsentrasi klorofil a (mg/m^3)

R = Rasio reflektansi

R_{rs} = Remote sensing reflectance

Analisis Data Arus

Analisis untuk menentukan kecepatan dan arah arus menggunakan rumus sesuai perhitungan yang digunakan oleh Suhadha *dkk.*, (2019) sebagai berikut :

a. Kecepatan arus

$$V = \sqrt{u^2 + v^2} \dots (1)$$

b. Arah arus

$$\theta = 90 - \tan^{-1} \frac{u}{v}; u > 0, v > 0 \dots (2)$$

$$\theta = 90 + \tan^{-1} \frac{u}{v}; u > 0, v < 0$$

$$\theta = 270 - \tan^{-1} \frac{u}{v}; u < 0, v < 0$$

$$\theta = 270 + \tan^{-1} \frac{u}{v}; u < 0, v > 0$$

Dimana :

u = komponen arus (Timur-Barat)(m/s)

v = komponen arus (utara-Selatan)(m/s)

V = kecepatan (m/s)

θ = arah ($^\circ$)

Analisis Overlay

Analisis overlay digunakan untuk menentukan daerah upwelling berdasarkan parameter SPL dan klorofil-a. Penentuan area upwelling selanjutnya ditetapkan berdasarkan pada kriteria nilai SPL dan klorofil-a sebagaimana disajikan Kunarso *dkk.*, (2005) pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Intensitas Upwelling berdasarkan parameter SPL dan Klorofil-a

Suhu ($^\circ\text{C}$)	Chlorofil-a (mg/m^3)	Kriteria upwelling
>27	<1	Intensitas upwelling lemah
26-27	1-2	Intensitas upwelling sedang
<26	>2	Intensitas upwelling kuat

Hasil Dan Pembahasan

Sebaran nilai konsentrasi SPL di perairan Teluk Bone selama periode Januari-Desember 2019 berkisar antara 25,74–33,76 $^\circ\text{C}$

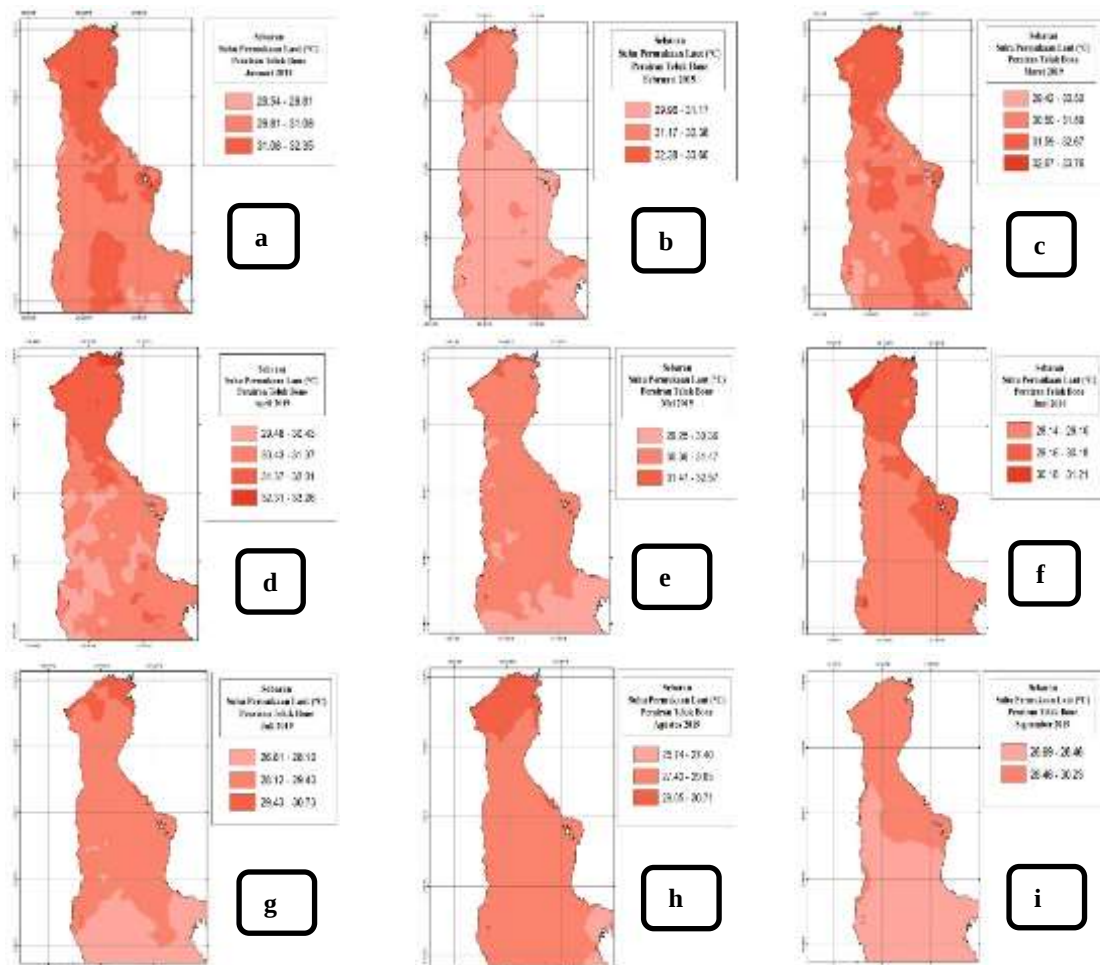
dan periode Januari-Desember 2020 berkisar antara 26,85–34,82 $^\circ\text{C}$. Sebaran nilai SPL tersebut secara spasial disajikan pada Gambar 2-3. Sebaran nilai SPL Tahun 2019 mengalami puncak suhu tertinggi pada Musim Barat (Desember, Januari dan Februari). Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh peningkatan suhu daratan pesisir di sepanjang Teluk Bone. Hal ini didukung oleh Illahude (1997) bahwa pengaruh daratan yang kuat terhadap suhu perairan menyebabkan perairan pantai mempunyai suhu yang lebih tinggi dibandingkan perairan lepas pantai. Berbeda halnya dengan kondisi SPL yang terjadi pada Musim Timur (Juni, Juli dan Agustus) yang menunjukkan terjadi penurunan suhu terendah mencapai 25,74 $^\circ\text{C}$. Nilai SPL pada Musim Timur 2019 berkisar antara 25,74–31,21 $^\circ\text{C}$. Rendahnya nilai SPL ini dibandingkan dengan musim lainnya mengindikasikan adanya fenomena upwelling. Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Swara., *dkk.* (2021) bahwa rendahnya nilai SPL ini jika dibandingkan dengan Bulan-Bulan sebelumnya menunjukkan adanya fenomena upwelling. Kekosongan massa air yang terjadi di permukaan akan diisi oleh massa air dari lapisan bawah yang suhunya lebih dingin.

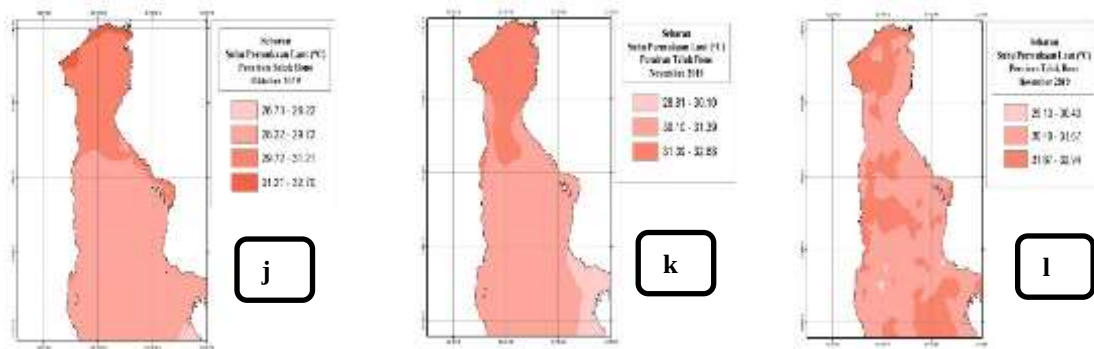
Pada periode Tahun 2020 kondisi SPL mengalami puncak suhu tertinggi pada Musim Peralihan II (September, Oktober dan November). Suhu permukaan laut pada musim peralihan II cenderung lebih tinggi. Peningkatan suhu tinggi tersebut merupakan ciri khas perairan pantai tropis dari pengaruh panas matahari yang sangat dominan. Sama halnya dengan periode Tahun 2019, SPL juga mengalami penurunan dengan suhu terendah pada Musim Timur (Juni, Juli dan Agustus). Nilai SPL pada Musim Timur 2020 memiliki interval kelas lebih rendah mencapai 5,24 $^\circ\text{C}$ (26,85–32,09 $^\circ\text{C}$) dibandingkan dengan interval kelas suhu mencapai 8,02 $^\circ\text{C}$ (25,74–33,76 $^\circ\text{C}$) pada tahun 2019. Rendahnya suhu permukaan laut pada Musim Timur 2020 ini kemungkinan disebabkan Angin musim timur yang berhembus dengan kecepatan maksimal mengakibatkan suhu permukaan pada Musim ini menjadi rendah. Hal ini didukung oleh Clark *dkk.*, (2000) yang menyatakan bahwa hembusan angin muson yang kuat akan berdampak pada intensitas bahang yang tinggi ke atmosfer sehingga suhu di laut akan menurun.

Sebaran nilai konsentrasi klorofil-a (Chl-a) di perairan Teluk Bone selama periode Januari-Desember 2019 berkisar antara 0,06-6,53 mg/m³ dan periode Januari-Desember 2020 berkisar antara 0,07-7,09 mg/m³. Sebaran konsentrasi Chl-a secara spasial dan temporal tersebut kenampakannya disajikan pada Gambar 4-5. Selama 2 tahun tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a pada area studi terjadi peningkatan signifikan, terutama di sepanjang garis pantainya dan hulu teluk. Kondisi ini berbeda halnya dengan yang terdapat pada bagian tengah dan mulut teluk. Konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada musim Timur selama kurun waktu tersebut. Konsentrasi Chl-a tertinggi terdapat pada pesisir perairan Luwu Timur, Wajo, Bone, Sinjai dan Kolaka. Konsentrasi Chl-a terendah berada jauh dari pesisir pantai. Pada Musim Timur konsentrasi Chl-a cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan Musim-Musim sebelumnya. Kondisi ini sesuai dengan kejadian di Laut Banda pada musim tersebut

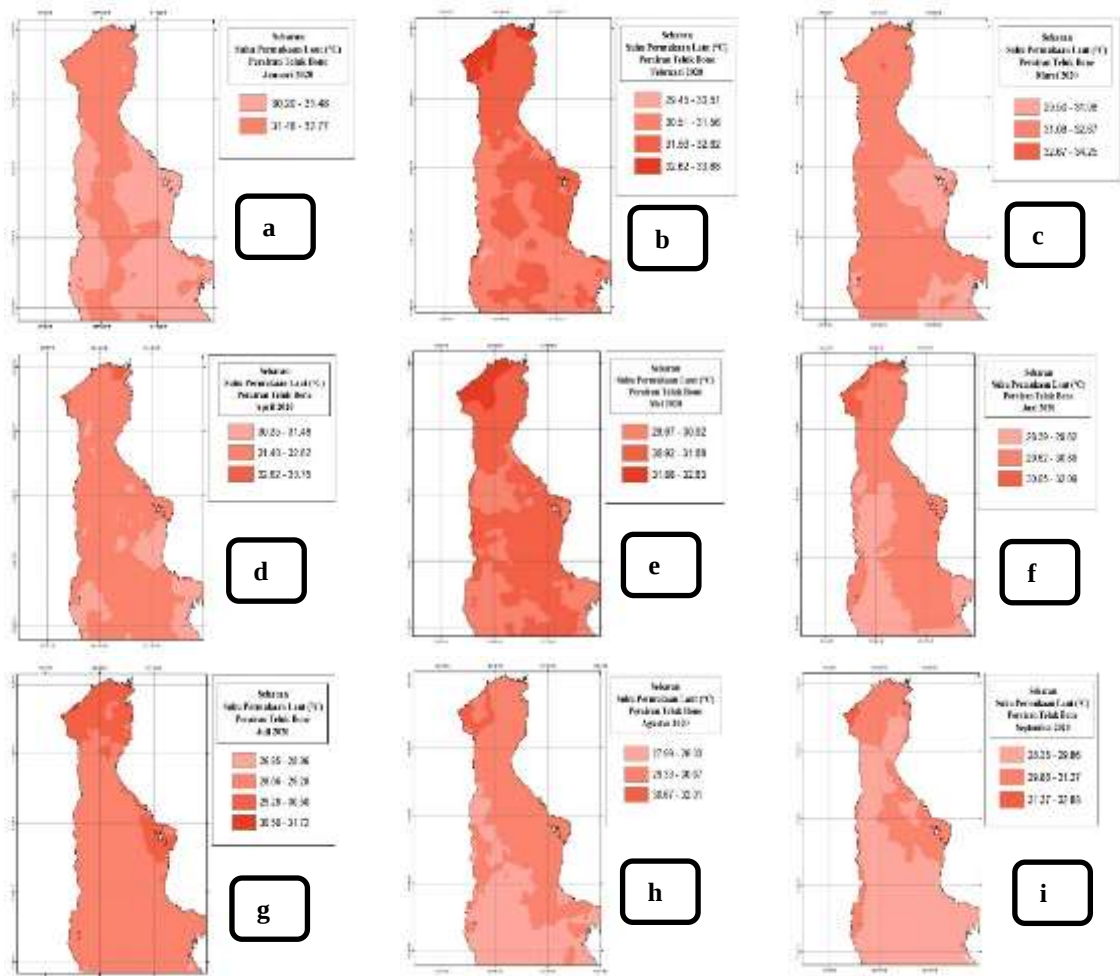
sebagaimana dilaporkan pernyataan Simanjuntak., *dkk* (2017) bahwa tingginya Chl-a pada Musim Timur dikarenakan kecepatan angin yang berhembus dari Tenggara menuju Barat - Barat laut, kecepatan angin yang terus-menerus berhembus mengakibatkan kekosongan massa air di atas permukaan Laut. Hal ini memicu naiknya massa air dari dalam yang kaya akan nutrisi ke permukaan.

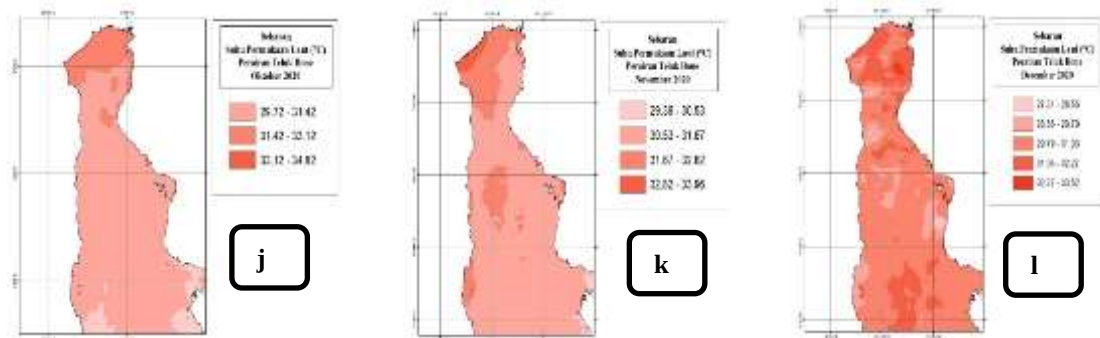
Konsentrasi Chl-a yang tinggi di perairan Teluk Bone pada Tahun 2020 juga menandakan adanya upwelling, meskipun kenampakannya tidak sama dengan tahun 2019. Menurut Nontji (1993), upwelling terjadi pada saat konsentrasi Chl-a tinggi yang dijumpai pada Monsun Tenggara. Hendiarti *et al.*, (2004) juga menjelaskan bahwa peningkatan Chl-a di perairan Teluk Bone karena adanya mekanisme upwelling yang makin intensif sehingga meningkatkan kadar nutrisi.



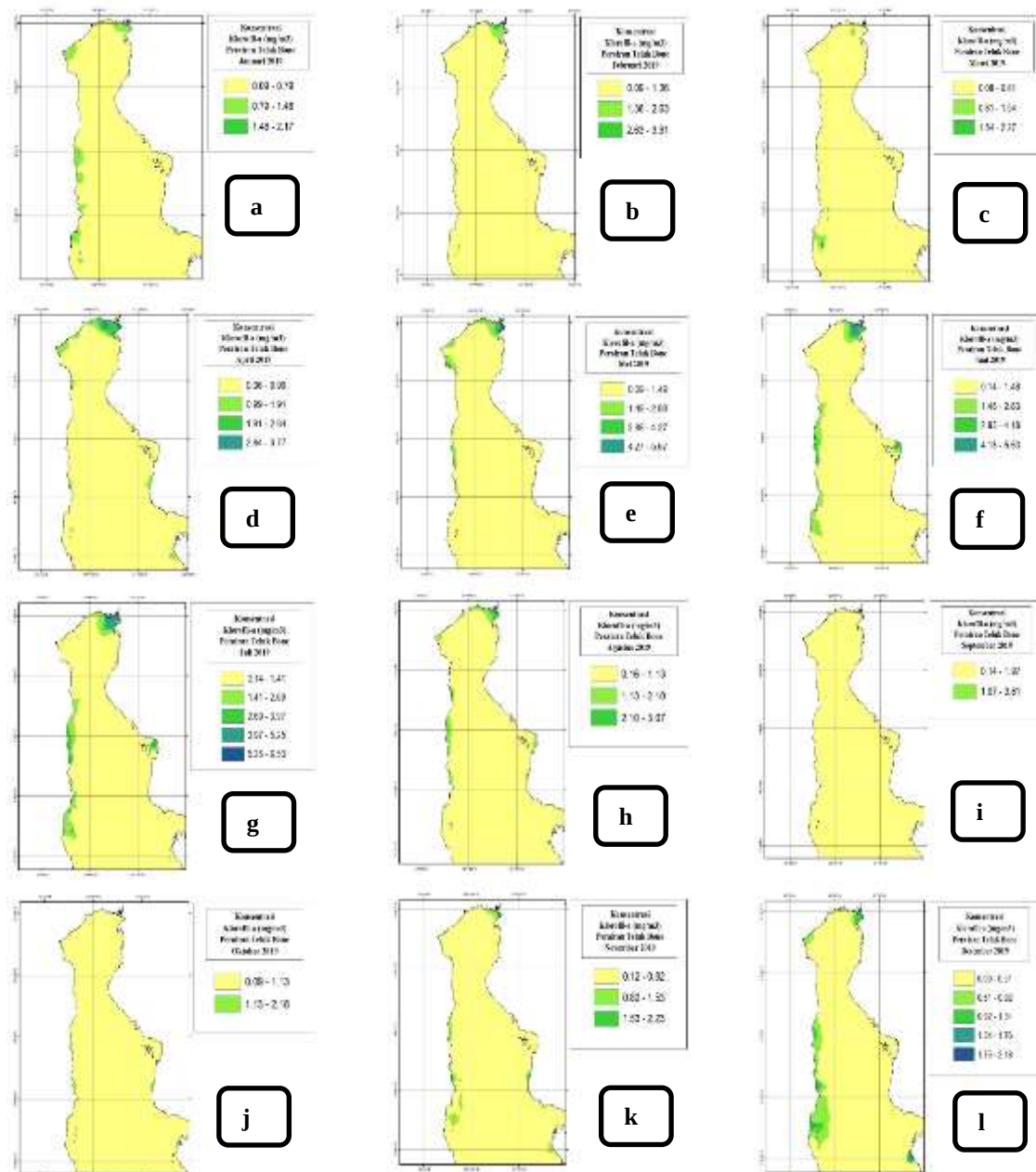


Gambar 2. Sebaran suhu permukaan laut Tahun 2019 di Perairan Teluk Bone: (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember

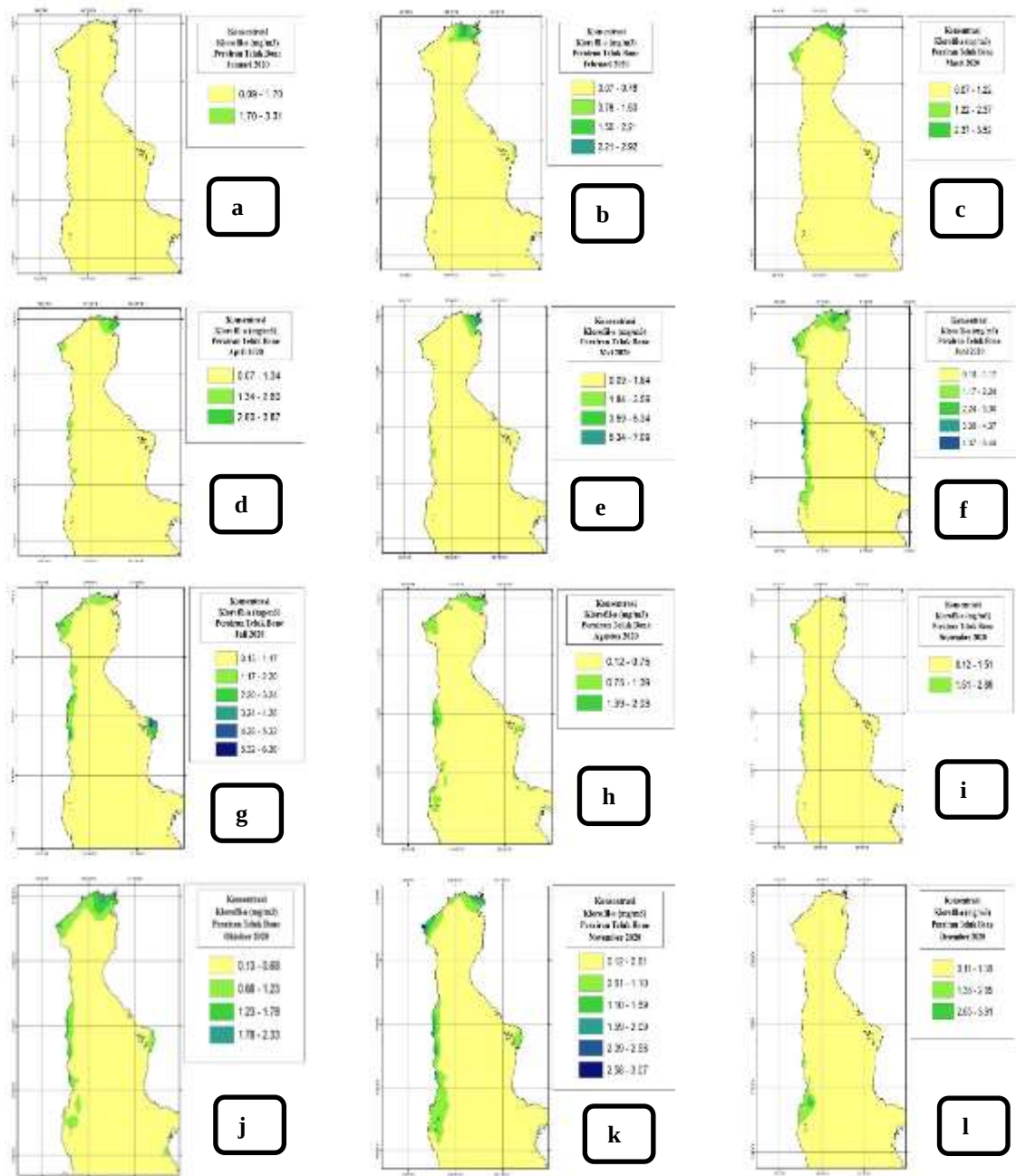




Gambar 3. Sebaran suhu permukaan laut Tahun 2020 di Perairan Teluk Bone: (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember.



Gambar 4. Konsentrasi klorofil-a Tahun 2019 di Perairan Teluk Bone: (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember



Gambar 5. Konsentrasi klorofil-a Tahun 2020 di Perairan Teluk Bone: (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember

Tabel 3. Variasi kecepatan arus selama periode 2019-2020 di Perairan Teluk Bone

Bulan	Tahun 2019	Tahun 2020
	Kecepatan Arus (m/s)	Kecepatan Arus (m/s)
Januari	0.02 - 0.06	0.02 - 0.08
Februari	0.02 - 0.10	0.02 - 0.08
Maret	0.02 - 0.10	0.02 - 0.04
April	0.02 - 0.10	0.02 - 0.04
Mei	0.02 - 0.10	0.02 - 0.06
Juni	0.02 - 0.12	0.02 - 0.12
Juli	0.02 - 0.12	0.02 - 0.12
Agustus	0.02 - 0.16	0.02 - 0.12
September	0.02 - 0.12	0.02 - 0.08

Oktober	0.02 - 0.12	0.02 - 0.04
November	0.02 - 0.12	0.02 - 0.08
Desember	0.02 - 0.08	0.02 - 0.10

Kecepatan arus permukaan di Perairan Teluk Bone selama periode 2019 berkisar antara 0,02-0,16 m/s dan selama periode Januari-Desember 2020 berkisar antara 0,02-0,12 m/s. Arah dan kecepatan arus secara spasial dan temporal disajikan pada Gambar 6-7. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai kecepatan arus permukaannya dikategorikan sebagai arus lemah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Djurdjani (1998) bahwa kecepatan arus dikatakan lemah jika kecepatan arus mencapai kecepatannya <0,4 m/detik. Selama periode 2 tahun tersebut, variabilitas kecepatan arus permukaan setiap bulannya disajikan secara lengkap pada Tabel 3.

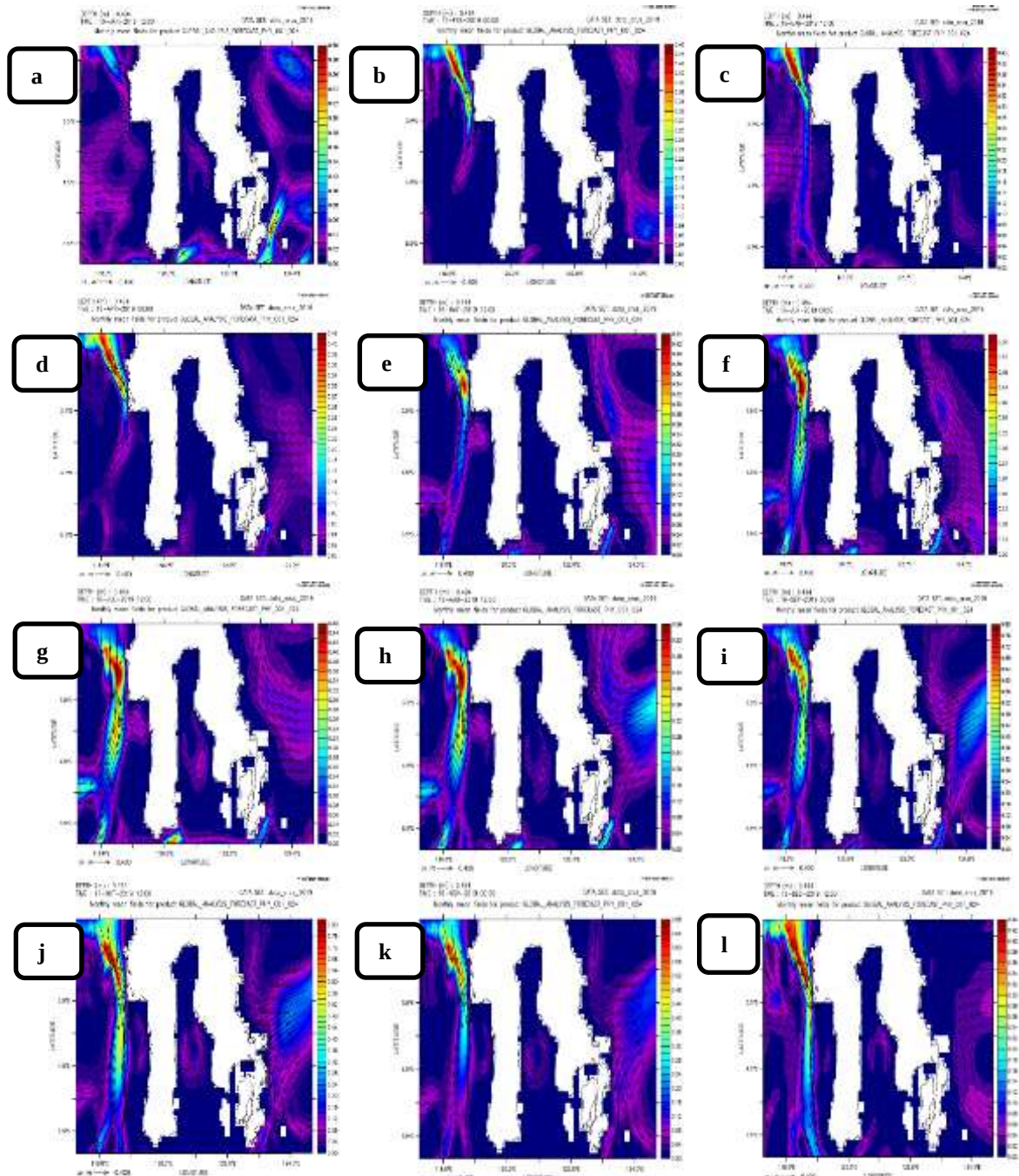
Nilai kecepatan arus tertinggi terjadi pada Musim Timur dengan kecepatan 0,16 m/s (Tahun 2019) dan 0,12 m/s (Tahun 2020). Nilai kecepatan arus tersebut merupakan nilai tertinggi dibandingkan musim lainnya. Kondisi ini terjadi karena pengaruh angin Musim Timur sehingga mempengaruhi arah dan kecepatan arus. Hal ini sesuai dengan pernyataan Octavia (2018) bahwa pada Musim Timur, kondisi perairan Indonesia dipengaruhi arah angin yang bergerak dari Benua Australia menuju ke Benua Asia. Kecepatan arus laut permukaan rata-rata pada Musim Timur memiliki nilai tertinggi dibandingkan Musim lainnya. Hal ini terjadi karena tinggi nilai kecepatan angin pada Musim Timur mempengaruhi kecepatan dan arah arus laut permukaan pada Musim Timur. Arus laut permukaan yang dengan kecepatan tertinggi bergerak dari daerah tenggara menuju ke daerah yang memiliki kecepatan angin lebih rendah. Hal ini disebabkan karena posisi matahari berada di bagian bumi utara (BBU).

Selama periode 2 tahun tersebut setiap bulannya perubahan kondisi konsentrasi SPL dan Chl-a secara lengkap disajikan pada Tabel 2. Hasil dari analisis rata-rata konsentrasi SPL dan Chl-a Tahun 2019-2020 berdasarkan tabel tersebut menunjukkan bahwa penurunan SPL dan meningkatnya konsentrasi Chl-a terjadi pada Musim Timur (Juni, Juli, Agustus) di Tahun 2019. Grafik perubahan nilai rata-rata konsentrasi SPL dan Chl-a dapat tercermin

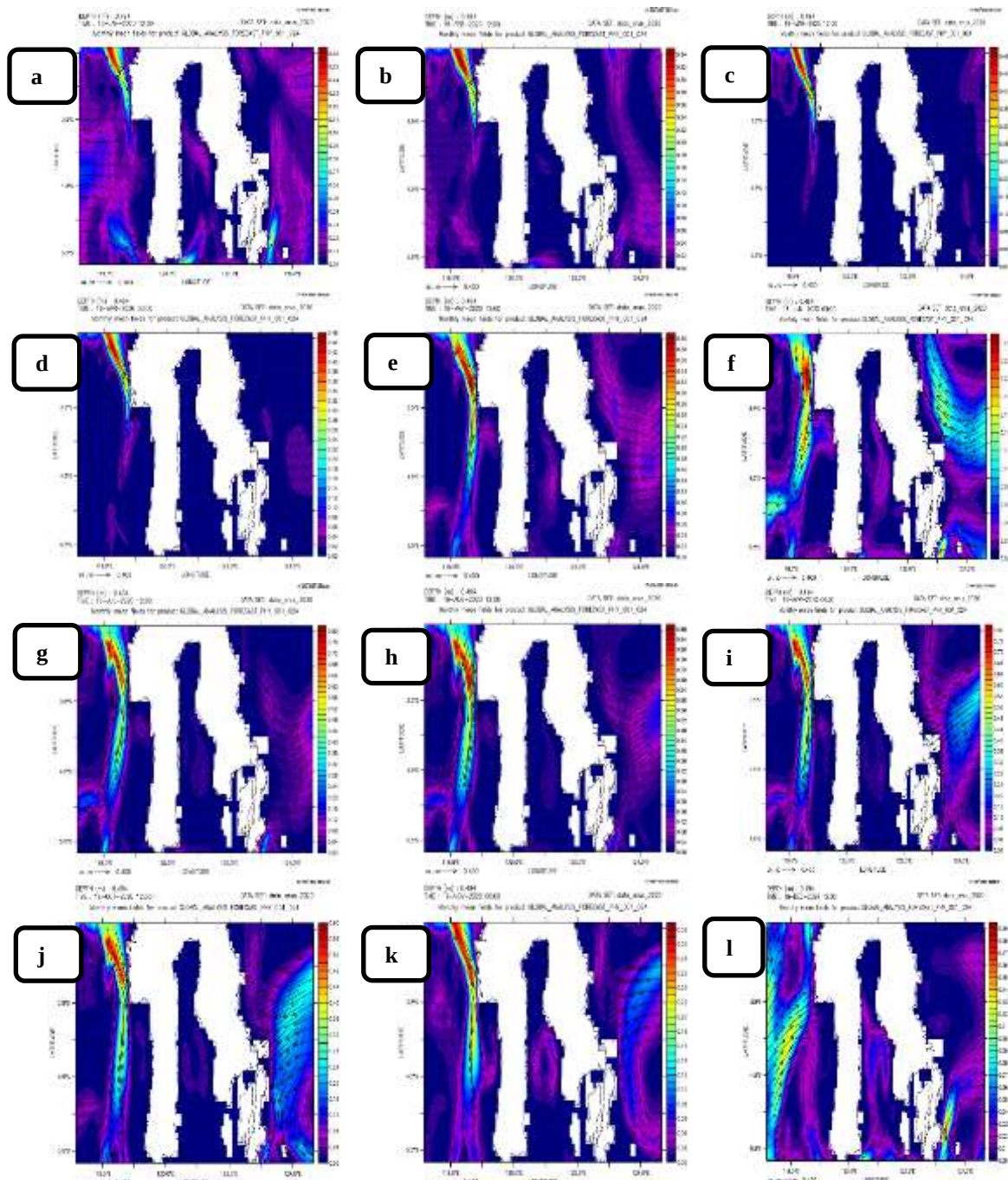
sebagaimana ditunjukkan pada kotak merah Gambar 8.

Penurunan SPL dan meningkatnya konsentrasi Chl-a di Perairan Teluk Bone berdasarkan gambar 8 (a) menunjukkan adanya dugaan terjadinya fenomena upwelling pada Musim Timur (Juni, Juli, Agustus) Tahun 2019. Hal tersebut diperkuat Kunarso *et al.*, (2005) yang menunjukkan bahwa intensitas upwelling umumnya terjadi pada SPL yang lebih rendah dan kadar Chl-a lebih tinggi. Kondisi tersebut berbeda kenampakannya pada Tahun 2020 berdasarkan Gambar 8 (b) yang tidak menunjukkan suatu indikasi adanya fenomena upwelling. Hal tersebut ditunjukkan dari grafik tersebut bahwa nilai SPL masih cukup tinggi dibandingkan yang terjadi pada Tahun 2019, meskipun konsentrasi Chl-a masih relatif sama dengan Tahun 2019.

Kriteria upwelling dikelompokkan menjadi upwelling lemah, upwelling sedang dan upwelling kuat (Kunarso *dkk*, 2005). Berdasarkan hasil analisis tumpang susun layer (*overlay*) data SPL dan Chl-a menggunakan kriteria upwelling menurut Kunarso *dkk*, (2005) diketahui bahwa di perairan Teluk Bone pada Tahun 2019 menunjukkan kriteria upwelling lemah dan upwelling sedang. Hasil tumpang susun area upwelling tersebut secara spasial disajikan pada Gambar 9. Pada Musim Timur terjadi upwelling lemah dan upwelling sedang. Kondisi ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi Chl-a dibagian pesisir Teluk Bone. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kunarso *dkk*, (2005) bahwa Konsentrasi Chl-a umumnya lebih tinggi di perairan pantai dan pesisir, karena dipengaruhi oleh limpasan air sungai. Di perairan lepas pantai konsentrasi Chl-a akan lebih rendah, karena tidak adanya suplai nutrient dari daratan secara langsung, tetapi dengan adanya proses upwelling dapat mengakibatkan tingginya konsentrasi Chl-a. Selain itu, diduga bahwa upwelling terjadi di sekitar pesisir pantai Teluk Bone selama kurun waktu tersebut (Gambar 9). Menurut Putra (2017) bahwa upwelling yang terjadi di pesisir pantai kemungkinan merupakan tipe Upwelling Coastal, dikarenakan tingginya konsentrasi Chl-a di sepanjang pesisir pantainya.



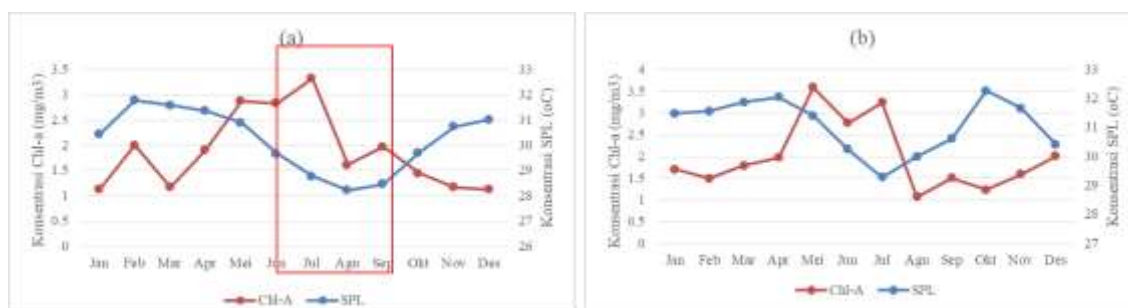
Gambar 6. Arah dan kecepatan arus Tahun 2019 di Perairan Teluk Bone: (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember



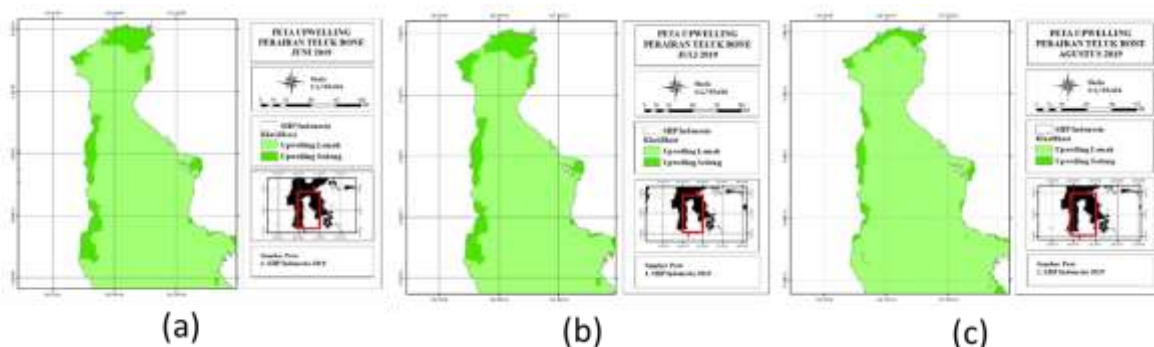
Gambar 7. Arah dan kecepatan arus Tahun 2020 di Perairan Teluk Bone: (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember

Tabel 2. Variabilitas SPL dan Chl-a selama periode 2019-2020 di Perairan Teluk Bone

Bulan	Tahun 2019		Tahun 2020	
	SPL ($^{\circ}\text{C}$)	Chl-a (mg/m^3)	SPL ($^{\circ}\text{C}$)	Chl-a (mg/m^3)
Januari	28.54 - 32.35	0.09 - 2.17	30.20 - 32.77	0.09 - 3.31
Februari	29.96 - 33.60	0.09 - 3.91	29.45 - 33.68	0.07 - 2.92
Maret	29.42 - 33.76	0.08 - 2.27	29.50 - 34.25	0.07 - 3.52
April	29.48 - 33.26	0.06 - 3.77	30.35 - 33.75	0.07 - 3.87
Mei	29.25 - 32.57	0.09 - 5.67	29.97 - 32.83	0.09 - 7.09
Juni	28.14 - 31.21	0.14 - 5.53	28.39 - 32.09	0.10 - 5.44
Juli	26.81 - 30.74	0.14 - 6.53	26.85 - 31.72	0.13 - 6.36
Agustus	25.74 - 30.71	0.16 - 3.07	27.99 - 32.01	0.12 - 2.03
September	26.69 - 30.23	0.14 - 3.81	28.35 - 32.88	0.12 - 2.89
Oktober	26.73 - 32.70	0.09 - 2.81	29.72 - 34.82	0.13 - 2.33
November	28.81 - 32.68	0.12 - 2.23	29.38 - 33.96	0.12 - 3.07
Desember	29.13 - 32.94	0.09 - 2.18	27.31 - 33.52	0.11 - 3.91



Gambar 8. Rata-Rata Konsentrasi SPL ($^{\circ}\text{C}$) dan Chl-a (mg/m^3) pada Tahun 2019 (a) dan Tahun 2020 (b) di Perairan Teluk Bone; ; Kotak Merah menunjukkan fenomena terjadi Upwelling selama Juni – Agustus 2019



Gambar 9. Hasil tumpang susun area Upwelling di Perairan Teluk Bone pada Musim Timur: (a) Juni, (b) Juli, (c) Agustus Tahun 2019.

Kesimpulan

Sebaran SPL di Teluk Bone pada Tahun 2019 berkisar antara 25,74–33,76°C dan pada Tahun 2020 berkisar antara 26,85–34,82°C. Konsentrasi Chl-a di Teluk Bone pada Tahun 2019 berkisar antara 0,06–6,53 mg/m³ dan pada Tahun 2020 berkisar antara 0,07–7,09 mg/m³. Fenomena upwelling di Teluk Bone diduga terjadi pada musim Timur (Juni, Juli, Agustus) tahun 2019 dengan kriteria upwelling lemah dan upwelling sedang. Kecepatan arus permukaan di Perairan Teluk Bone cenderung lemah berkisar antara 0,02–0,16 m/s sepanjang Tahun 2019 dan berkisar 0,02–0,12 m/s pada Tahun 2020.

Daftar Pustaka

- Clark, O. C., Cole, J. E., Webster, P. J. 2000. Indian Ocean SST and Indian Summer Rainfall: Predictive Relationship and Their Decadal Variability. *Journal of Climate*. 13: 2503-2519.
- Djurdjani. 1998. Konsep Pemetaan PUCPIC. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- Harsono, G. Yoga, R.B. Setyono, H. 2014. Dinamika *Upwelling* Dan *Downwelling* Berdasarkan Variabilitas Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil-A Di Perairan Selatan Jawa. *Jurnal Oseanografi*. 3(1) : 57-66
- Hendiarti, N., H. Siegel, and T. Ohde. 2004. *Investigation of different coastal processes in Indonesian waters using SeaWiFS data. Deep Sea Research Part II* 51:85–97.
- Ilahude, A. G. 1997. Sebaran suhu, salinitas, sigma-T dan zat hara perairan Laut Cina Selatan. LIPI. Jakarta. 24- 36.
- Kunarso. Ningsih, N.S. Supangat, A. 2005. Karakteristik Upwelling di Sepanjang Perairan Selatan NTT Hingga Barat Sumatera. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 10 (1) : 17 – 23. ISSN 0853 – 7291.
- Kunarso. 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. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 16 (3): 171-180 ISSN 0853-7291.
- Kunarso. Yuhendrasmi, R. Wirasatriya, A. 2016. Identifikasi Variabilitas *Upwelling* Berdasarkan Indikator Suhu Dan Klorofil-A Di Selat Lombok. *Jurnal Oseanografi*. 5(4) :530 – 537
- Nontji. 1993. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Octavia, Y.P. Jumarang, M.I. Apriansyah. 2018. Estimasi Arus Laut Permukaan Yang Dibangkitkan Oleh Angin Di Perairan Indonesia. *Prisma Fisika*. 6(1) : 01 – 08. ISSN : 2337-8204.
- O'Reilly, J. E. S. Maritorena, B. G. Mitchell, D. A. Siegel, K. L. Carder, S. A. Garrar, M. Kahru, C. McClain. 2000. Ocean Color Chlorophyll Algorithms For SeaWiFS. *Journal of Geophysical Research Ocean*.
- Pranowo, W.S. Puspita, C.D, Bramawanto. R, Adi, R.A. 2014. Dinamika Arus Dalam Mendukung Perikanan Budidaya Laut Di Teluk Bone. *Jurnal Harpodon Borneo*. 7(2). ISSN : 2087-121X
- Putra. I. I., Abdi. S., Arwan. P. W., 2017. Analisis Pola Sebaran Area *Upwelling* Menggunakan Parameter Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a, Angin, dan Arus Secara Temporal Tahun 2003-2016. *Jurnal Geodesi Undip*. 6(4). ISSN: 2337-845X
- Simanjuntak, J.K. Nuri, Y.J.I. Zainuddin, I. Setiawan, A.M. 2017. Variabilitas Musiman Distribusi Suhu Permukaan Laut, Angin Permukaan dan Klorofil-A di Laut Banda Periode Tahun 2006-2015
- Suhadha, A.G. Ginting, D.N. Asriningrum, W. 2019. Analisis Karakteristik Arus Dan Suhu Permukaan Laut Berdasarkan Pengaruh Monsun, ENSO Dan IOD Di WPPNRI 573.
- Swara, I.G.M.A. Karanga, I.W.G.A. Indrawan, G.S. 2021. Analisis Pola Sebaran Area Upwelling Di Selatan Indonesia Menggunakan Citra Modis Level 2. *Journal Of Marine Research and Technology*. 4(1). ISSN: 2621-0096.
- Tadjudah, M. 2017. Pemetaan Daerah Penangkapan Ikan Dan Remote Sensing. FPIK IPB. Bogor