

Upwelling Musiman di Perairan Spermonde, Sulawesi Selatan

Supriyatno Widagdo¹, Dyan Viegas Wibisono², Viv Djanat Prasita³

^{1,2,3)}Prodi Oseanografi, Universitas Hang Tuah

Korespondensi: supriyatno.widagdo@hangtuah.ac.id

Abstrak

Perairan Spermonde merupakan perairan yang strategis mengingat posisinya sebagai bagian selatan sisi Selat Makassar tempat lintasan massa air Pasifik Barat menuju Samudera Hindia serta berbatasan dengan Laut Jawa tempat sistem monsunal berlangsung dengan mantap. Oleh karena itu, hal tersebut menarik untuk dikaji respon perairan tersebut terhadap dinamika monsunal yang berpotensi memicu konvergensi dan/atau divergensi massa air permukaan (*upwelling/downwelling*). Penelitian bertujuan menganalisis fenomena upwelling di perairan Spermonde. Data yang digunakan adalah data sekunder temperatur, salinitas dan klorofil-a periode 2016–2018 yang diunduh dari laman Copernicus, Aviso dan OceanColor. Data selanjutnya dikelompokkan secara musiman dan pola distribusi parameter-parameter amatannya secara horizontal dipetakan. Hasilnya kemudian diperkuat dengan analisis dinamika massa air secara vertikal melalui penipisan/penebalan lapisan homogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan Spermonde mengalami *upwelling/downwelling* musiman. *Upwelling* pada musim timur terindikasi kuat terjadi, terutama pada Agustus (2016–2018), melalui kesesuaian kopel angin–arus yang mendorong transpor Ekman menjauhi perairan pantai yang diikuti dengan tingginya temperatur permukaan laut (TPL), rendahnya salinitas permukaan laut (SPL) dan klorofil-a serta terjadinya penipisan lapisan homogen. Kondisi sebaliknya terjadi pada musim barat, khususnya pada Januari (2016–2018), saat penumpukan massa air permukaan yang memicu *downwelling* terjadi di perairan Spermonde. Selama musim peralihan di perairan Spermonde tidak terjadi *upwelling/downwelling*, atau bila berpotensi terjadi indikasinya tergolong lemah.

Kata kunci: *upwelling*, temperatur, salinitas, klorofil-a, musim timur, Spermonde

Abstract

Spermonde waters are strategic waters considering its position as the southern part of the Makassar Strait where the passage of the West Pacific water masses towards the Indian Ocean and bordering the Java Sea where the monsoonal system takes place steadily. Therefore, it is interesting to study the response of these waters to monsoonal dynamics which have the potential to trigger convergence and/or divergence of surface water masses (upwelling/downwelling). The research aims to analyze the phenomenon of upwelling in Spermonde waters. The data used are secondary data on temperature, salinity and chlorophyll-a for the 2016–2018 period downloaded from the Copernicus, Aviso and OceanColor websites. The data are then grouped seasonally and the pattern of distribution of the observed parameters horizontally is mapped. The results are then strengthened by analysis of the dynamics of water masses vertically through the thinning/thickening of the homogeneous layer. The results showed that Spermonde waters experienced seasonal upwelling/downwelling. There are strong indications of upwelling in the east monsoon, especially in August (2016–2018), through the suitability of the wind-current coupling which drives Ekman transport away from coastal waters followed by high sea surface temperature (TPL), low sea surface salinity (SST) and chlorophyll -a and the thinning of the homogeneous layer. The opposite condition occurs in the west monsoon, especially in January (2016–2018), when the accumulation of surface water masses which triggers downwelling occurs in Spermonde waters. During the transitional season in Spermonde waters there is no upwelling/downwelling, or if it has the potential to occur the indications are relatively weak.

Key words: *upwelling*, *temperature*, *salinity*, *chlorophyll-a*, *east monsoon*, *Spermonde*

PENDAHULUAN

Kepulauan Spermonde berada di area selatan Selat Makassar, tepatnya di pesisir barat daya Pulau Sulawesi. Kepulauan ini ditebari oleh pulau karang yang membentang dari utara ke selatan sejajar pantai daratan Pulau Sulawesi. Perairan Spermonde merupakan perairan yang mengelilingi pulau-pulau Spermonde dengan dangkalan yang berada di barat daya Sulawesi Selatan dan terpisah dari dangkalan Sunda yang terletak di seberang Selat Makassar. Kawasan perairan kepulauan ini meliputi bagian selatan Kabupaten Takalar, Kota Makassar, Kabupaten Pangkep, hingga Kabupaten Barru pada bagian utara pantai Barat Sulawesi Selatan (Jalil, 2011).

Letaknya yang berada di perairan Selat Makassar, membuat kondisi perairannya dipengaruhi fenomena meteo-oseanografi yang melalui selat tersebut, seperti lintasan massa air dalamnya sebagai Arlindo dari massa air Pasifik Barat maupun dinamika musiman akibat pergeseran pola angin monsunal yang berporos pada keseimbangan tekanan Asia–Australia. Kondisi yang demikian pada akhirnya mempengaruhi kesuburan perairan Spermonde sebagai bagian integratif dengan Selat Makassar, termasuk fenomena upwelling yang terjadi di sana.

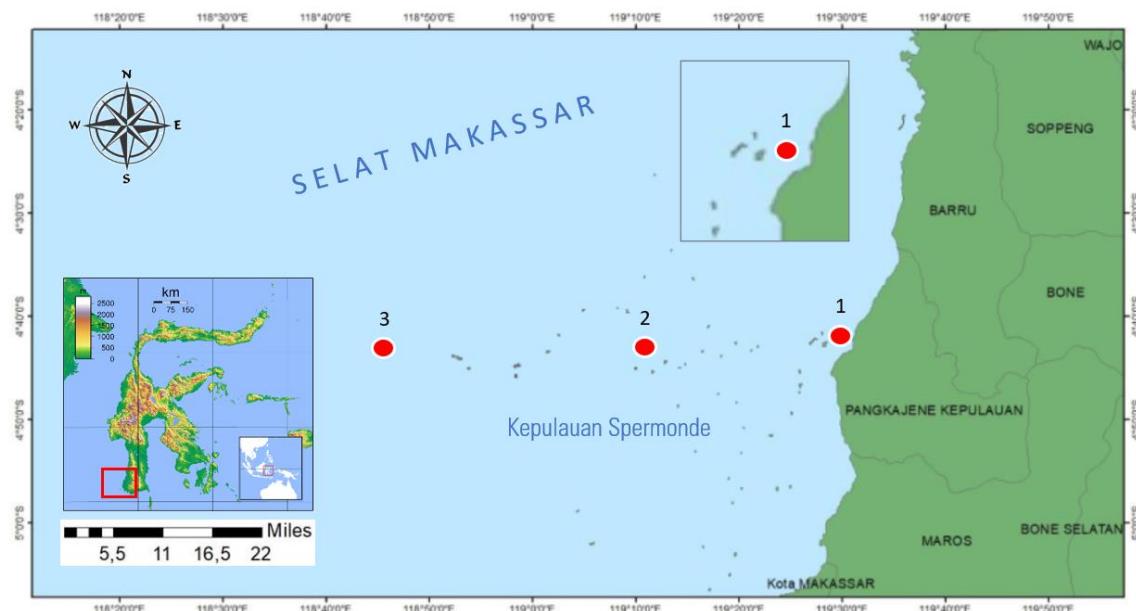
Berdekalde lalu, Ilahude (1978) telah menyatakan relatif suburnya perairan Selat Makassar dibandingkan dengan perairan di Indonesia lainnya. Pada periode basah selama musim barat *run-off* dari daratan Kalimantan dan Sulawesi akibat curah hujan yang tinggi; dan penaikan massa air bawah permukaan (*upwelling*) pada musim timur yang kering menjaga kesuburan perairan Selat Makassar di sepanjang tahun. Oleh karenanya kesuburan Selat Makassar menjadi hal yang unik dan menjadi banyak perhatian melalui banyaknya penelitian terkait di sana, seperti yang dilakukan oleh Fajriyati dan Rasjid.

Inaku (2015) menyatakan bahwa distribusi TPL (temperatur permukaan laut) di selatan Selat Makassar pada musim timur (Mei–Agustus) lebih tinggi dibandingkan dengan musim barat. Rendahnya nilai SPL pada periode musim timur diikuti dengan meningkatnya konsentrasi klorofil-a yang mengindikasikan adanya upwelling di selatan Selat Makassar. Pola penyebaran upwelling pada musim timur dimulai pada Juni, memuncak pada Agustus dan berakhir pada Oktober. Sebelumnya, penelitian Jalil (2011) tentang distribusi klorofil-a pada musim timur (Oktober 2007–Juni 2009) di perairan Spermonde Provinsi Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa kandungan klorofil-a pada musim timur cukup tinggi yaitu $0,15\text{--}1,15 \text{ mg/m}^3$. Ditemukan juga bahwa konsentrasi tertinggi klorofil-a tertinggi selalu berada di pulau dan daerah pantai atau pesisir yang mengindikasikan efek pasokan nutrisi yang berasal dari daratan. Oleh sebab itu, untuk melengkapi hasil penelitian-penelitian tersebut diperlukan penguatan

fenomena upwelling yang terjadi dengan titik tinjau baru melalui dinamika ketebalan lapisan homogen.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perairan Spermonde di tiga stasiun amatan sepanjang 100 km yang masing-masing mewakili perairan dekat pantai (stasiun 1) dan perairan lepas pantai (stasiun 3) dengan perairan tengah di antara keduanya (stasiun 2) seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Tiga stasiun penelitian yang mewakili perairan tepi hingga lepas pantai di perairan Kepulauan Spermonde yang merupakan bagian selatan dari Selat Makassar.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini terdiri atas sejumlah perangkat lunak untuk penyajian peta dan pengolahan statistika yang secara rinci ditunjukkan pada Tabel 1-A. Sementara itu bahan penelitian yang digunakan adalah data sekunder berupa data angin, arus, temperatur, salinitas dan klorofil-a selama 3 tahun periode 2016-2018 yang diunduh dari situs Avisco, Copernicus dan Ocean Color (Tabel 1-B).

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menentukan transpor Ekman yang terjadi di lokasi penelitian sesuai efek Coriolis sesuai dengan posisinya di selatan Ekuator. Terjadinya transpor Ekman sebagai indikasi awal upwelling ditentukan berdasarkan pola angin-arus yang terjadi. Indikasi awal upwelling tersebut akan diikuti dengan analisis

tentang distribusi permukaan temperatur, salinitas dan klorofil-1. Selain itu, penaikan massa air bawah permukaan indikator upwelling akan lebih diperkuat dengan menganalisis pergeseran lapisan homogen (temperatur dan salinitas), yakni penebalan atau penipisan lapisan di atas termoklin dan/atau haloklin tersebut. Bila lapisan homogen menipis, maka lapisan termoklin dan/atau salinitas akan mengalami penaikan dan dalam perspektif vertikal terjadi penaikan massa air bawah permukaan yang mengindikasikan upwelling. Bila terjadi persesuaian transpor Ekman, distribusi permukaan temperatur, salinitas dan klorofil-a dan dinamika vertikal lapisan homogen maka fenomena upwelling ditentukan terjadi dan sebaliknya. Melengkapi hal tersebut selanjutnya akan dilakukan kriteria intensitas/kekuatan upwelling berdasarkan indikator SPL dan klorofil-a dengan ketentuan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Alat dan bahan penelitian

A Alat Penelitian		
No.	Perangkat lunak	Fungsi
1	Google Earth	Mengetahui dan menentukan batas area penelitian
2	Copernicus	Mengekstrak data angin
3	Avisco	Mengekstrak data arus
4	Ocean Color	Mengekstrak data temperatur, salinitas dan klorofil-a
5	Ocean Data View	Mengonversi data
6	ArcGIS 10.3	Membuat <i>layout</i> peta
7	Microsoft Excel	Mengolah data statistika

B Bahan Penelitian		Sumber data	Periode
No.	Jenis data		
1	Angin	Copernicus	2016–2018
2	Arus	Avisco	2016–2018
3	Temperatur	Ocean Color	2016–2018
4	Salinitas	Ocean Color	2016–2018
5	Klorofil-a	Ocean Color	2016–2018

Tabel 2. Kriteria intensitas upwelling berdasarkan suhu permukaan laut dan klorofil-a

No	Temperatur permukaan laut	Klorofil-a	Intensitas upwelling
1	>28°C	<1 mg/m ³	Upwelling lemah
2	26–27°C	1–2 mg/m ³	Upwelling sedang
3	<26°C	>2 mg/m ³	Upwelling kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data series meteo-oseanografi selama tiga tahun (2016–2018). Hasil penelitian menunjukkan adanya kesamaan fenomena musiman upwelling/downwelling dengan ragam variasi level kekuatannya di perairan Spermonde. Untuk itu dalam mendeskripsikan potensi upwelling/downwelling yang terjadi di sana akan dibahas fenomena yang terjadi pada 2016, yakni pada Januari

yang mewakili puncak musim barat yang basah dan Agustus yang merepresentasikan puncak musim timur yang kering. dengan kuatnya fenomena pada 2016.

Potensi *Downwelling*

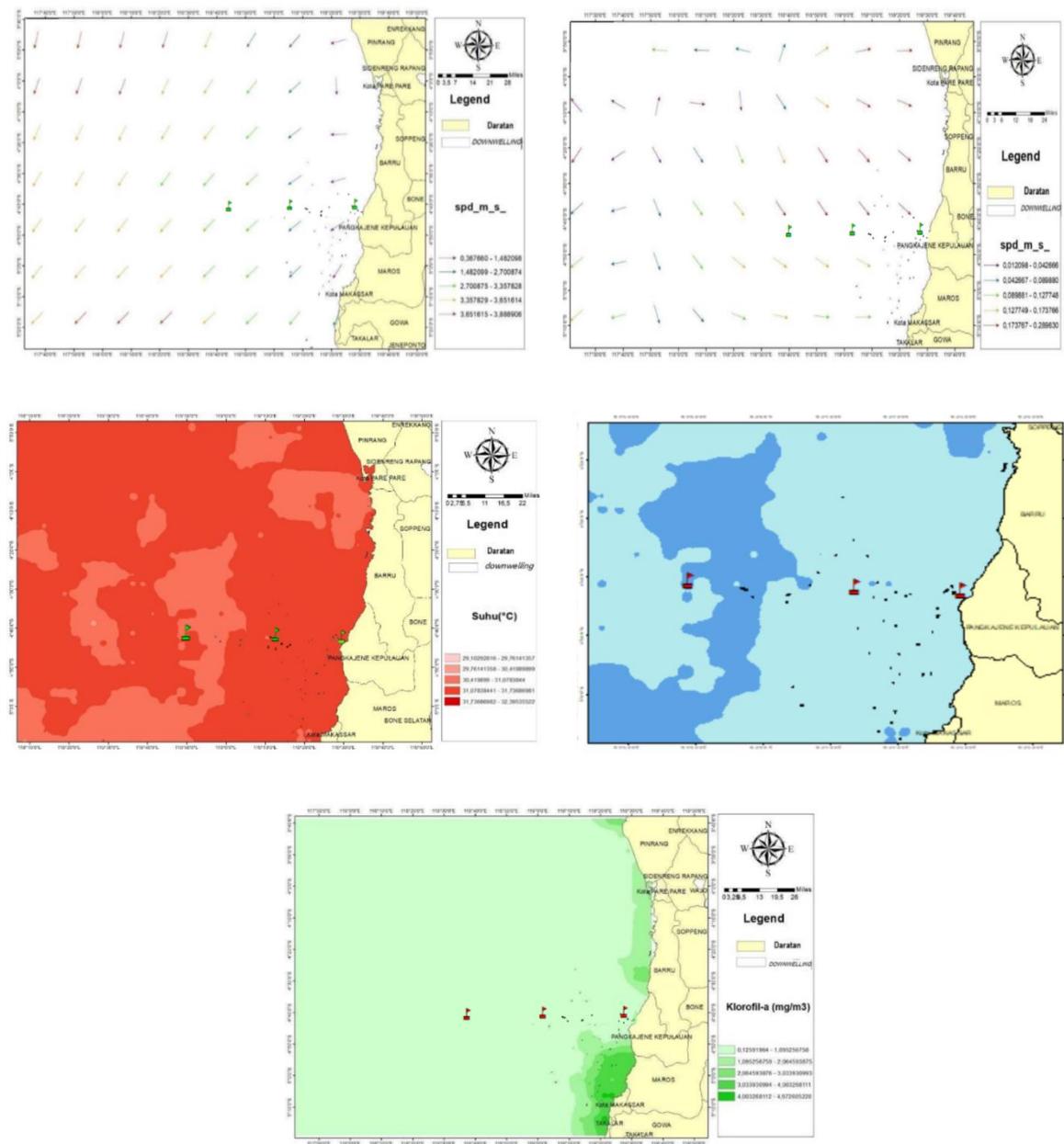
Musim barat di perairan Spermonde terjadi antara Desember–Februari. Pada Januari di perairan tersebut diindikasikan terjadi *downwelling*. Pada Januari 2016, sebagai misal, angin dominan bergerak dari timurlaut dengan kecepatan rerata 2.8 knot; sedangkan arus secara dominan bergerak menuju timur–tenggara dengan kecepatan rerata arus 0.12 m/s. Kondisi demikian sesuai dengan konstruksi terjadinya transpor Ekman yang bergerak menuju ke pulau di sisi timur. Rataan nilai konsentrasi klorofil-a pada bulan ini terekam sebesar 0.24 mg/m³. Konsentrasi klorofil ini (warna hijau muda) kontras dengan nilai konsentrasi klorofil yang tinggi (warna hijau tua) yang ditemukan terdistribusi di sekitar pulau. Sementara temperatur permukaan laut (TPL) pada Januari juga terekam benilai tinggi pada kisaran 30.4–31.7 °C (Gambar 2). Indikasi *downwelling* ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 3, juga diperkuat dengan pergerakan massa air bawah permukaan melalui nilai-nilai temperatur dan salinitas secara vertikal di setiap stasiun pengamatan.

Pada Januari di perairan dekat pantai dengan batas kedalaman 40 m (stasiun 1) lapisan homogen berada pada kisaran 0–20 meter dengan rerata temperatur 30.4–30.5 °C. Di Stasiun 2 yang mewakili perairan-tengah dengan batas kedalaman 518 meter terekam mengalami penebalan lapisan homogen dengan kisaran kedalaman 0–40 m dan kisaran temperatur 29.9–30.4 °C. Sementara itu pada Desember–Februari di stasiun 3 yang mewakili laut lepas dengan batas kedalaman 1941 m memiliki lapisan homogen pada kedalaman 0–10 m dengan kisaran temperatur 29.9–30 °C.

Selama Desember–Februari 2016 perairan stasiun 1 memiliki lapisan homogen pada kedalaman 0–40 m dengan kisaran salinitas permukaan laut (SPL) 33.6–32.8 psu. Pada Januari stasiun 2 mengalami penipisan lapisan homogen (ketebalan 0–7 m) dengan kisaran salinitas 32.9–32.8 psu. Pada bulan yang sama, penipisan lapisan homogen juga ditemukan di stasiun 3. Lapisan homogen terekam berada pada kisaran 0–9 m dengan kisaran salinitas 32.9–32.8 psu.

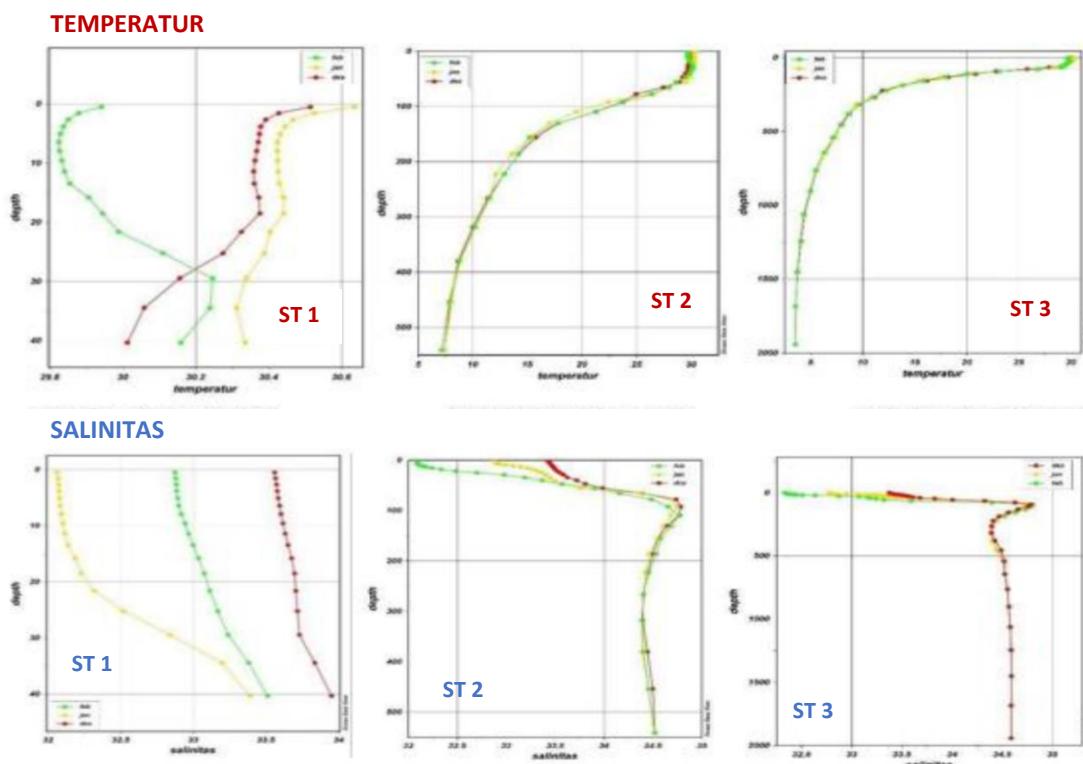
Tabel 3 Potensi upwelling/downwelling perairan Spermonde pada Januari 2016

Parameter	Nilai	Potensi
Kopel angin–arus	Utara–Timur [menuju pantai]	Downwelling
TPL	30.4–31.7°C [29.7–30.0°C]	Downwelling
SPL	32.9–32.8 psu [33–34 psu]	Downwelling
Khlorofil-a	0.12–1.09 mg/m ³ [3–5 mg/m ³]	Downwelling
	Status	Downwelling kuat



Gambar 2 ilustrasi menunjukkan secara berturut-turut pola angin dan pola arus, serta distribusi permukaan khlorofil-a, salinitas dan temperatur pada Januari 2016 yang mewakili musim barat.

Hasil analisis distribusi permukaan parameter meteo-oseanografi seperti dinyatakan di atas menunjukkan bahwa selama Januari 2016 terjadi downwelling, baik di perairan pesisir, tengah hingga lepas pantai (stasiun 1–3). Ringkasan hasil analisis tersebut ditampilkan pada Tabel 3.



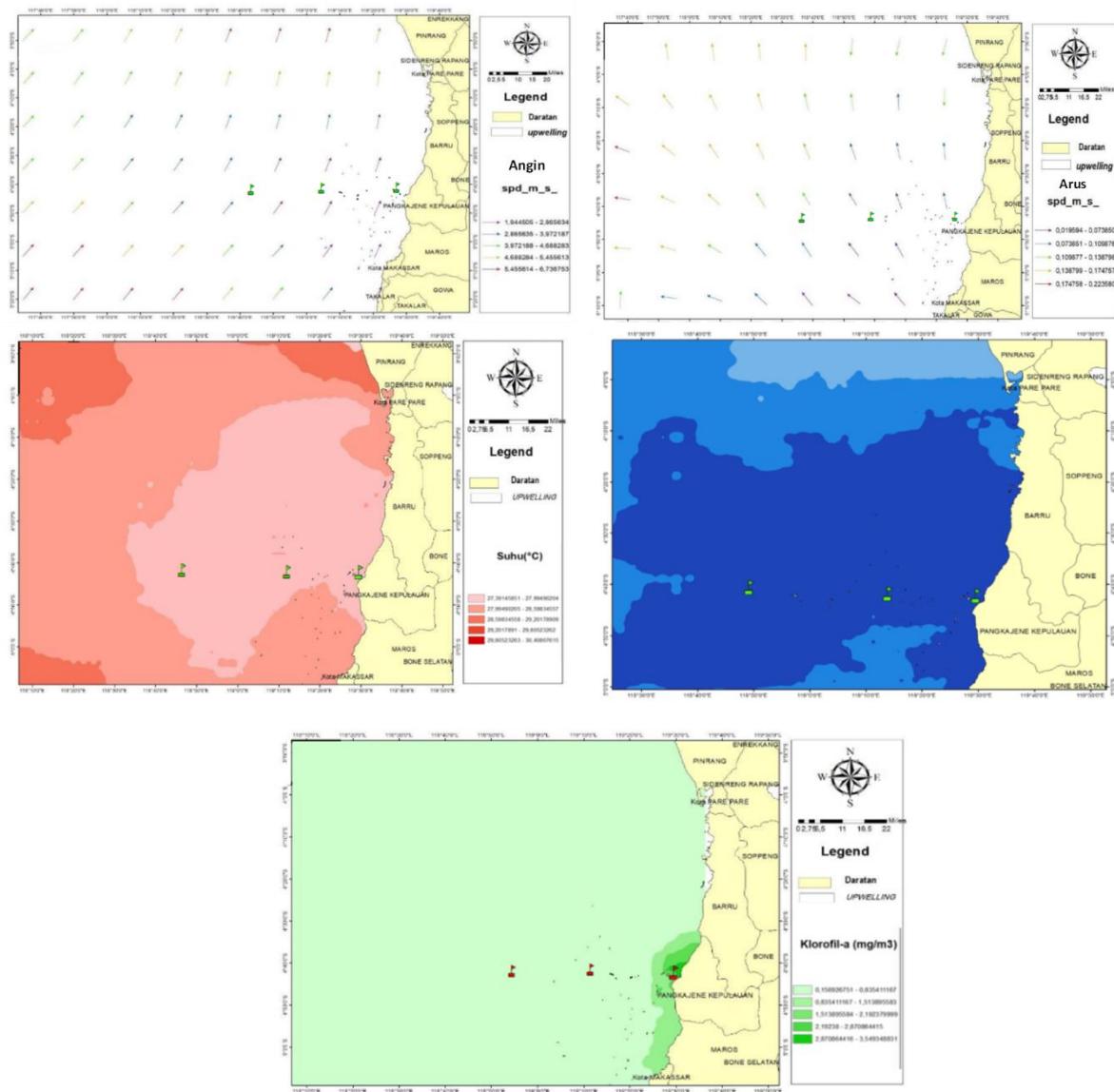
Gambar 3 Profil vertikal temperatur dan salinitas selama musim barat 2016 yang diwakili oleh periode Januari di stasiun 1, stasiun 2 dan stasiun 3.

Potensi Upwelling

Musim timur di perairan Spermonde direpresentasikan terjadi Juni-Agustus. Agustus diambil sebagai puncak musim kering ini dan dijadikan contoh untuk mendeskripsikan fenomena upwelling/downwelling yang terjadi di sana. Pada Agustus 2016 angin dominan bergerak dari selatan dengan rerata kecepatan 4.4 knot; sementara angin bangkitannya bergerak dari tenggara ke arah barat daya dengan rataan kecepatan 0.11 m/s. Kopel angin-arus menyebabkan massa air bergerak menjauhi daratan pulau. Transpor Ekman ini menyebabkan kekosongan massa permukaan pesisir sehingga terjadi naiknya massa air bawah permukaan di sana dengan ciri-ciri relatif rendahnya temperatur, serta relatif tingginya salinitas dan klorofil-a dibandingkan dengan kondisi sekitarnya.

Pada Agustus 2016 rerata konsentrasi klorofil-a terekam sebesar 0.29 mg/m^3 . Tingginya nilai klorofil ini ditandai dengan warna hijau yang lebih tua dibandingkan dengan konsentrasi klorofil di sekitarnya yang berwarna hijau muda. Nilai temperatur permukaan laut berkisar $27.3\text{--}28^\circ\text{C}$ dengan nilai minimum 27°C dan suhu maksimum 31°C (Gambar 4). Indikasi upwelling juga diperkuat dengan dinamika vertikal massa air temperatur dan salinitas disetiap stasiun amatan sebagaimana ditunjukkan pada

Gambar 5. Di stasiun 1 lapisan homogen mengalami penipisan pada ketebalan 0–7 m dengan nilai suhu berkisar 27.3°C - 28°C. Penipisan lapisan homogen juga terjadi di stasiun 2 dengan ketebalan 0–11 m dan kisaran temperatur 27.3 – 27.9°C. Lapisan homogen di stasiun 3 terekam juga mengalami penipisan dengan ketebalan 0 – 11 m dan kisaran temperatur 27.3 – 27.9°C.



Gambar 4 ilustrasi memperlihatkan pola angin dan pola arus, serta distribusi permukaan khlorofil-a, salinitas dan temperatur musim timur pada Agustus 2016.

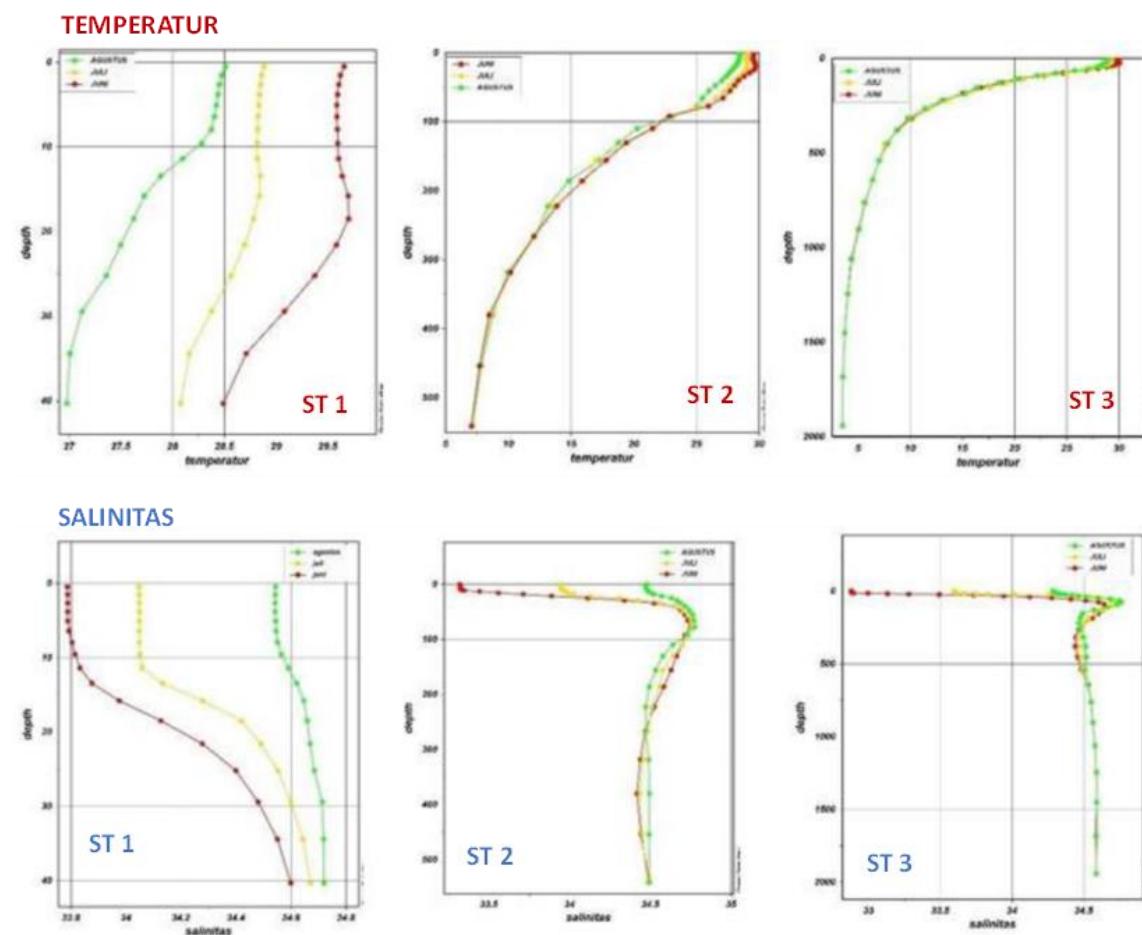
Kondisi salinitas pada Agustus 2016 juga menegaskan terjadinya upwelling di area studi. Salinitas stasiun 1 terekam sebesar 34.5 psu dengan lapisan homogen yang mengalami penipisan dengan ketebalan 0–9 m. Lapisan homogen di stasiun 2 memiliki

ketebalan 0–4 m dengan salinitas 34.4 psu. Lapisan homogen dengan ketebalan yang sama juga ditemukan di stasiun 3 dengan salinitas yang lebih rendah 0.2 psu.

Terjadinya penipisan lapisan homogen di semua stasiun penelitian selama Agustus 2016 beserta karakter yang mendukung terjadinya upwelling pada periode ini diringkas pada uraian pada Tabel 4.

Tabel 4 Potensi upwelling/downwelling perairan Spermonde pada Agustus 2016

Parameter	Nilai	Potensi
Kopel angin–arus	Baratdaya –Tenggara [meninggalkan pantai]	Upwelling
TPL	27.3–28°C [28.5–29.5°C]	Upwelling
SPL	34.4 psu [31–33 psu]	Upwelling
Khlorofil-a	2.8–3.5 mg/m ³ [0.15–0.85 mg/m ³]	Upwelling
	Status	Upwelling kuat



Gambar 5 Profil vertikal temperatur dan salinitas pada Agustus 2016 yang mewakili periode musim timur 2016 di stasiun 1, stasiun 2 dan stasiun 3.

Hasil penelitian secara umum menunjukkan bahwa perairan Spermonde mengalami downwelling dan upwelling secara musiman dengan beragam levelnya.

Selain ditunjukkan oleh kopel angin-arus yang memicu transpor Ekman menuju atau meninggalkan perairan pantai, fenomena tersebut juga didukung oleh kesesuaian distribusi permukaan temperatur, salinitas dan klorofil serta penebalan/penipisan lapisan homogen yang mengindikasikan nail/turunnya massa air secara vertikal. Secara umum potensi upwelling/downwelling bulanan selama 2016–2018 diringkas pada Tabel 5. Indikasi terkuat upwelling terjadi pada Januari 2016–2018, sedangkan downwelling terkuat terindikasi terjadi pada Agustus 2016–2018. Pada musim peralihan, baik peralihan awal tahun (April–Mei) maupun peralihan akhir tahun (September – Oktober), fenomena upwelling/downwelling tidak terjadi; atau bila (berpotensi) terjadi dikategorikan sebagai “terindikasi lemah” mengingat masih ditemukannya ketidaksesuaian antara potensi transpor Ekman dengan setidaknya satu dari karakteristik distribusi temperatur, salinitas atau klorofil permukaan yang mengiringinya.

Tabel 5 Potensi upwelling/downwelling di perairan Spermonde

Bulan	Tahun		
	2016	2017	2018
Desember	Downwelling	Downwelling	Downwelling
Januari	Downwelling	Downwelling	Downwelling
Februari	Downwelling	Downwelling	Downwelling
Maret	Downwelling	Downwelling	Downwelling
April			
Mei			
Juni	Upwelling	Upwelling	Upwelling
Juli	Upwelling	Upwelling	Upwelling
Agustus	Upwelling	Upwelling	Upwelling
September	Upwelling	Upwelling	Upwelling
Oktober			
November			

= tidak terjadi atau terindikasi lemah downwelling/upwelling.

Nilai temperatur yang lebih rendah dan salinitas yang lebih tinggi serta diikuti dengan tingginya konsentrasi klorofil-a menjadi indikator adanya penaikan massa air bawah-permukaan ke permukaan. Hal ini terjadi akibat transpor Ekman yang bergerak menuju laut lepas (meninggalkan pantai) sehingga menyebabkan kekosongan di permukaan yang kemudian diseimbangkan melalui mekanisme upwelling (Garisson, 2009; Bearman, 1989). Di Belahan Bumi Selatan (tempat perairan Spermonde berlokasi), seperti dinyatakan oleh Trujillo & Thurman (2017) dan Ito dkk (2023), embusan angin selatan–tenggara akan menyebabkan transpor Ekman di perairan sisi barat daratan (pulau) meninggalkan area pantai menuju laut lepas yang menyebabkan upwelling.

Keterkaitan TPL, SPL dan klorofil-a dan terjadinya upwelling pada musim timur (tenggara) di perairan Spermonde bersesuai dengan penelitian-penelitian yang dilakukan di perairan tersebut dan sekitarnya. Supriyadi & Hidayat (2020), misalnya, menegaskan keterkaitan antara temperatur permukaan dan klorofil-a. Daerah-daerah upwelling memiliki kesamaan tingginya konsentrasi klorofil-a pada Januari–Oktober. Penelitian Jalil (2011) juga menunjukkan bahwa kandungan klorofil-a pada musim timur cukup tinggi yaitu 0,15-1,15 mg/m³. Konsentrasi tertinggi klorofil-a selalu ditemukan di pulau dan daerah pantai atau pesisir yang merupakan efek pasokan nutrisi yang berasal dari daratan. Melengkapi hal tersebut, Felix dkk (2017) menyatakan bahwa angin muson tenggara (SEM) yang berembus dari selatan dengan rataan kecepatan 6 m/s yang memicu upwelling di pesisir Makassar. Angin terkuat musim ini terjadi pada Agustus – September dan menyebabkan transpor Ekman sebesar ~8.50 m³/s menuju lepas pantai (baratdaya).

Fenomena upwelling di perairan Spermonde ini juga dikuatkan dengan terjadinya upwelling di perairan yang berdekatan dengannya seperti Selat Makassar, perairan Pulau Selayar di selatan kota Makassar dan bahkan perairan Teluk Tolo yang berada di timur Sulawesi Tengah. Indikasi upwelling di perairan Pulau Selayar pada musim timur, sesuai dengan penelitian Bayhaqi (2017), diperoleh berdasarkan lebih rendahnya temperatur (2°C) dan lebih tingginya salinitas (0.5 psu) bila dibandingkan dengan nilai temperatur dan salinitas semusim sebelumnya (peralihan 1). Jauh berdekade sebelumnya, Ilahude (1970, 1978) telah menegaskan terjadinya upwelling dan downwelling di Selat Makasaar. Begitu tingginya nilai salinitas permukaan pada Juni dan Juli di selat ini hanya bisa disebabkan oleh upwelling; sementara pada musim barat laut fenomena downwelling dikarenakan penaikan air tersebut digantikan oleh air Laut Jawa yang berbasan dengan dengannya dengan karakteristik tingginya temperatur (fosfat dan silikat) serta rendahnya salinitas (oksigen dan densitas). Sementara itu di Teluk Tolo, hasil penelitian Takwir dkk. (2021) berdasarkan indikator temperatur dan klorofil-a selama Januari 2016 hingga Desember 2020, menemukan adanya kejadian upwelling yang berulang setiap tahun pada periode Juli–September.

Lebih jauh, Purba & Khan (2019) menyoroti ditemukannya area upwelling pada wilayah selatan Jawa hingga utara Papua yang terkaitan pola monsun dengan pola temporal dan spasial distribusi SST dan klorofil-a. Periode upwelling berlangsung pada Mei–Oktober di musim tengara dengan TPL terendah (25-30 °C) dan klorofil-a tertinggi (2,23 mg/l) ditemukan pada Agustus yang menjadi bagian musim tenggara.

KESIMPULAN

Upwelling dan downwelling di perairan Spermonde pada periode 2016-2018 terjadi secara musiman. Pada musim timur, terutama pada Agustus (2016-2018), rendahnya temperatur serta tingginya salinitas dan klorofil-a serta penipisan lapisan homogen menegaskan terjadinya peningkatan massa air bawah-permukaan akibat transpor Ekman yang bergerak menuju laut lepas. Kondisi yang sebaliknya, sesuai dengan pergeseran angin musim dan arus permukaan bangkitannya, terjadi pada musim barat –terutama pada Januari (2016-2018)– melalui penebalan lapisan homogen yang mengindikasikan terjadinya penumpukan massa air asal lepas pantai di permukaan perairan pantai. Kondisi ini diikuti dengan temperatur yang menjadi lebih tinggi serta salinitas dan klorofil-a yang rendah. Pada musim peralihan upwelling/downwelling tidak terjadi; atau bila berpotensi terjadi dapat digolongkan pada level “terindikasi lemah”.

REFERENSI

- Bayhaqi, A., Iskandar, M.R., Surinati, D. 2017. Pola Arus Permukaan dan Kondisi Fisika Perairan di Sekitar Pulau Selayar pada Musim Peralihan 1 dan Musim Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. Vol 2(1). Hal: 83–95.
- Bearman, G (edt). 1989. Ocean Circulation. Boston: The Open University.
- Elvianti, N., Muhiddin, Safruddin, A.H., Zainuddin, M. 2021. On The Relationship Between Area of Upwelling and Potential Fishing Zone in Makassar Strait. *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*. Vol. 7(2) Hal: 29-33.
- Felix, U., Atmadipoera, A., Purba, M. S., Zuraida, E.R. 2017. Analysis of upwelling event in Southern Makassar Strait. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. 54.
- Garrison, T. 2009. *Essentials of Oceanography 5th Edition*. Belmont: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Ilahude, A.G. 1970. On The Occurrence of Upwelling in The Southern Makassar Strait. *Marine Research in Indonesia*. Vol 10. DOI:
- Inaku, D.F. 2015. Analisis Pola Sebaran dan Perkembangan Area Upwelling di Bagian Selatan Selat Makassar. *Torani (Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan)*. Vol. 25 (2). Hal: 67-74.
- Ito, W., Nakayama, K., Shintani, T. 2023. Coriolis effects on wind-driven upwelling in enclosed basins. *Continental Shelf Research*, Vol 256, 104956, ISSN 0278-4343.

- Jalil, A.R. 2011. Distribusi Klorofil-a pada Musim Timur di Perairan Spermonde Propinsi Sulawesi Selatan. *Fish Scientiae*. Vol 1 (2), Hal: 105-116.
- Jalil, A.R., Samawi, M.F., Azis, H.Y., Anshari, A.I., Jaya,I., Malik, A. 2020. Dinamika Kondisi Oseanografi di Perairan Spermonde pada Musim Timur. Prosiding Simposium Nasional VII Kelautan dan Perikanan 2020 Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, 5 Juni 2020. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/proceedingsimnaskp/article/view/10787/5606>
- Purba, N.P. and A. M. A. Khan. 2019. Upwelling session in Indonesia waters. *World News of Natural Sciences* Vol 25. Hal: 72-83.
- Supriyadi, E. dan Hidayat, R. 2020. Identification of Upwelling Area of the Western Territorial Waters of Indonesia From 2000 To 2017. *Indonesian Journal of Geography*. Vol. 52 (1).
- Takwir, A., Rondonuwu, A. B., Wahidin, N., Rahman, A. A., Giu, L. O. M. G., & Erawan, M. T. F. 2021. Analisis Kejadian Upwelling dan Daerah Potensial Penangkapan Ikan Tuna di Perairan Teluk Tolo. *Jurnal Enggano*. Vol 6(2). Hal: 238–252.
- Trujillo, A.P. and Thurman, H.V. 2017. *Essentials of Oceanography*. Boston: Pearson.