

# Sebaran Spasial Suhu, Salinitas dan Densitas di Perairan Kepulauan Sangihe Talaud Sulawesi Utara

Mochamad Furqon Azis Ismail<sup>1\*</sup> dan Aniq Taofiqurohman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Jl. Pasir Putih 1, Jakarta Utara, 14430 Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung Sumedang Km 21, Jatinangor, Jawa Barat  
Email: mfaismail@gmail.com

## Abstract

### **The spatial distribution of temperature, salinity and density in Sangihe Talaud waters North Sulawesi**

The Sangihe Talaud waters are part of the toll road of the Indonesian Throughflow, which has an important role in the transport of seawater properties from the Pacific Ocean to the Indian Ocean. To understand the distribution pattern of physical oceanography parameters namely temperature, salinity, density around the waters of Sangihe Talaud, the research expedition Widya Nusantara Expedition (EWIN) has been conducted using the research vessel Baruna Jaya VIII. The temperature, salinity, and density of the seawater were measured using the CTD Seabird 911plus instrument at 33 stations distributed on the Sangihe Talaud waters. The results of the temperature analysis showed the presence of surface temperature zoning between the Sulawesi Sea and the north of the Maluku Sea, while the salinity distribution showed a low to high salinity gradient from the east to the west side of the Sangihe Talaud waters. The density distribution represents three zones of surface density detected in the north of the Maluku Sea, the northeast side and the west side of the Sangihe and Talaud waters.

**Keywords:** Temperature; salinity; distribution pattern; Sangihe Talaud

## Abstrak

Perairan kepulauan Sangihe Talaud merupakan bagian dari jalur tol laut Arus Lintas Indonesia yang memiliki peran penting dalam transpor properti air laut dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Untuk mengungkap pola sebaran parameter oseanografi fisik seperti suhu, salinitas dan densitas laut di perairan kepulauan Sangihe Talaud, telah dilakukan kegiatan penelitian Ekspedisi Widya Nusantara (EWIN) dengan menggunakan kapal riset Baruna Jaya VIII. Suhu, salinitas, dan densitas air laut diukur dengan menggunakan instrumen CTD Seabird 911Plus pada 33 stasiun pengamatan yang tersebar di perairan Kepulauan Sangihe Talaud. Hasil Analisa suhu menunjukkan adanya zonasi sebaran suhu permukaan antara laut Sulawesi dan utara Laut Maluku, adapun sebaran salinitas menunjukkan adanya gradient salinitas rendah ke tinggi dari sisi timur ke sisi barat perairan kepulauan Sangihe Talaud. Sedangkan sebaran densitas laut memperlihatkan adanya tiga zonasi densitas permukaan yang terdeteksi di utara Laut Maluku, sisi timur laut dan sisi barat perairan kepulauan Sangihe Talaud.

**Kata kunci :** Suhu; salinitas; pola sebaran; Sangihe Talaud

## PENDAHULUAN

Perairan laut tropis Indonesia merupakan satu-satunya jalur tol laut bagi transpor massa air tropis dari lintang rendah Samudera Pasifik ke Samudera Hindia, dikenal

dengan Arus lintas Indonesia (Arlindo). Arlindo merupakan bagian integral dari sirkulasi termohalin laut global yang secara langsung memfasilitasi pertukaran properti air laut (bahang, salinitas, suhu, budget air tawar) dalam menjaga kesetimbangan bahang dan

\*) Corresponding author  
[www.ejournal2.undip.ac.id/index.php/jkt](http://www.ejournal2.undip.ac.id/index.php/jkt)

Diterima/Received : 27-02-2020, Disetujui/Accepted : 14-04-2020  
DOI: <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i2.7290>

volume air antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia (Gordon, 2005; Feng *et al.*, 2018). Transpor bahang dan perubahan suhu perairan laut dan samudera sangat penting bagi aktivitas biologi biota laut, seperti laju pertumbuhan fitoplankton, respirasi bakteri karbon organik, dan struktur rantai makanan (Cao & Zhang, 2017). Secara tidak langsung, variabilitas Arlindo memiliki peran signifikan terhadap dinamika iklim regional seperti *El Niño Southern Oscillation* (ENSO), Sirkulasi Walker, dan monsoon (Susanto & Song, 2015). Hasil kajian yang pernah dilakukan oleh Lee *et al.* (2002) dan Vranes *et al.* (2002) mengindikasikan bahwa dinamika Arlindo dapat mempengaruhi pola sirkulasi regional disekitarnya. Di Samudera Hindia bagian timur, Arlindo dapat menghangatkan massa air sekitar pantai selatan Jawa dan Sumatra, serta memperkuat laju *Leuwin Current* di pantai barat Australia. Di Samudera Pasifik bagian barat, Arlindo cenderung mengurangi transpor *East Australian Current* (EAC) di sepanjang pantai timur Australia. Menurunnya transpor EAC berpotensi mempengaruhi dinamika eddy di daerah perairan paparan Queensland bagian tenggara (Azis Ismail & Ribbe, 2019).

Arlindo utamanya berasal dari Arus Mindanao, salah satu cabang dari *gyre* arus ekuatorial utara (*North Equatorial Currents*; *NEC*) di Samudera Pasifik bagian utara (Gordon & Fine, 1996; Gordon, 2005; Feng *et al.*, 2018; Sprintal *et al.*, 2014; Susanto & Song, 2015). Wyrтки (1961) menyatakan bahwa gradien tekanan barotropik antara Samudera Pasifik dan Hindia merupakan pendorong utama aliran Arlindo. Hal ini didukung dari pengamatan pasang surut oleh Wyrтки (1987) dan simulasi model yang dilakukan oleh Li *et al.* (2018). Perairan Kepulauan Sangihe Talaud merupakan salah satu pintu masuk Arlindo, selain Laut Maluku dan Selat Luzon (Feng *et al.*, 2018; Susanto & Song, 2015). Setelah melewati perairan Sangihe Talaud dan Laut Sulawesi, Arlindo menembus Selat Makasar, Laut Flores, Laut Banda dan Laut Timor, sebelum memasuki Samudera Hindia (Feng *et al.*, 2018). Menurut Gordon (2005), massa air laut di lapisan termoklin yang ada di sekitar perairan Sangihe Talaud, Laut Sulawesi dan Selat Makasar sebagian besar merupakan massa air yang berasal dari Samudera Pasifik

utara. Massa air dari Samudera Pasifik selatan hanya terdeteksi di lapisan bawah termoklin yang ada di perairan Laut Halmahera. Tujuan kegiatan penelitian adalah untuk mengungkap karakteristik oseanografi fisik di perairan sekitar jalur masuk Arlindo.

## MATERI DAN METODE

Data oseanografi fisik yang digunakan pada Penelitian ini berasal dari kegiatan penelitian EWIN dengan menggunakan kapal riset Baruna Jaya VIII yang dilakukan oleh P2O-LIPI tahun 2018. Penelitian dimaksudkan untuk membahas variasi sebaran horisontal suhu, salinitas dan densitas menggunakan analisa deskriptif data pengamatan suhu, salinitas dan densitas di perairan Sangihe Talaud. Informasi sebaran suhu dan salinitas sangat penting untuk diketahui, karena suhu dan salinitas merupakan parameter oseanografi fisik utama yang mempengaruhi densitas yang lebih lanjut dapat membangkitkan arus di laut (Brown *et al.*, 2004), distribusi sebaran, laju pertumbuhan, metabolisme dan reproduksi biota laut (Kelly *et al.*, 2016).

Pengambilan data vertikal dan horisontal oseanografi fisik meliputi suhu, salinitas dan densitas dilakukan pada 33 stasiun pengamatan yang tersebar di perairan Kepulauan Sangihe Talaud (Gambar 1). Lokasi geografis penelitian berada pada koordinat 124,00° sampai 128,00° Bujur Timur (BT) dan 2,00° sampai 6,00° Lintang Utara (LU). Parameter suhu, salinitas dan densitas pada kedalaman permukaan dan kedalaman 600 meter (m) diukur dengan menggunakan instrumen *Conductivity, Temperature, Depth* (CTD) *Seabird 911Plus* yang terpasang di Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Analisa awal data CTD dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *SBE DataProcessing-Win32*, adapun untuk penggambaran peta spasial suhu, salinitas dan densitas menggunakan program *open-source Ocean Data View* (ODV) versi 4 dari Schlitzer (2015).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

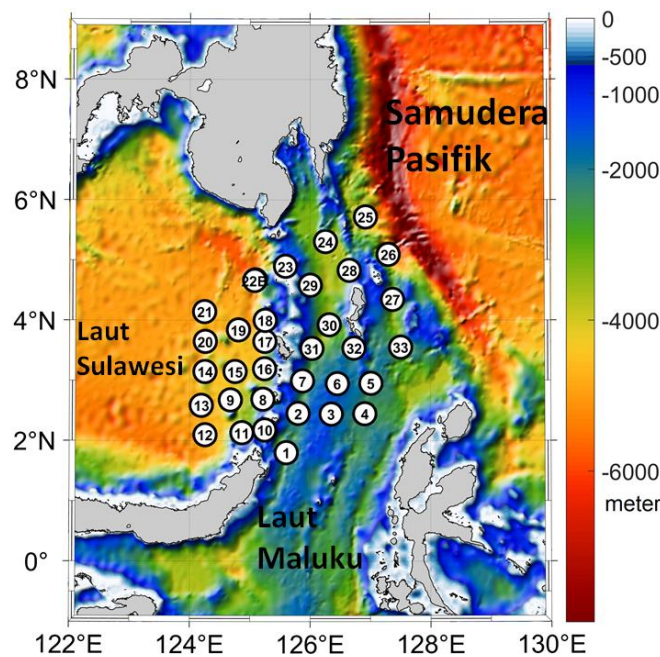
Dinamika sebaran spasial suhu air laut di kedalaman permukaan pada bulan Oktober 2018 ditampilkan pada Gambar 2. Secara umum, terlihat ada dua zonasi utama suhu air

laut di kedalaman permukaan. Suhu air laut permukaan dengan suhu diatas  $29,75^{\circ}$  C berada pada sisi barat Kepulauan Sangihe dan sisi utara Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi geografis dari sebaran suhu air laut permukaan tersebut berada pada kisaran  $124,00^{\circ}$ – $125,50^{\circ}$  BT dan  $2,00^{\circ}$ – $4,00^{\circ}$  LU. Berbeda lokasinya dengan suhu air laut permukaan diatas  $29,75^{\circ}$  C, suhu air laut permukaan dengan suhu dibawah  $28,75^{\circ}$  C terdeteksi berada di bagian utara Laut Maluku dengan lokasi geografis berada pada kisaran  $125,00^{\circ}$  –  $127,00^{\circ}$  BT dan  $1,00^{\circ}$  –  $2,00^{\circ}$  LU (Gambar 2). Suhu air laut permukaan yang relatif rendah di bagian utara Laut Maluku diduga dapat mempengaruhi daya larut  $CO_2$  (Triyulianti *et al.* 2018). Studi terdahulu yang dilakukan oleh Cao & Zhang (2017) mengenai pengaruh suhu terhadap  $CO_2$  yang ada di permukaan laut, menemukan bahwa suhu air laut permukaan yang rendah dapat menyerap lebih banyak  $CO_2$  yang ada di atmosfer. Penemuan zonasi suhu air laut permukaan antara Laut Sulawesi dan Laut Maluku di penelitian ini mengkonfirmasi penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Radjawane & Hadipoetranto (2014) dan Triyulianti *et al.* (2018).

Berbeda dengan sebaran spasial suhu air laut permukaan, sebaran spasial suhu air

laut pada kedalaman 600 m cenderung tidak beraturan (Gambar 3). Dari Gambar 3 terlihat adanya dua spot suhu air laut dibawah  $6,50^{\circ}$  C dan satu spot suhu diatas  $7,50^{\circ}$  C. Suhu air laut dibawah  $6,50^{\circ}$  C yang membentuk dua spot berbeda berada pada garis geografis bujur  $3,00^{\circ}$  dan  $4,00^{\circ}$  BT dan lintang  $125,00^{\circ}$  LU. Spot suhu air laut diatas  $7,50^{\circ}$  C berada pada garis bujur  $123,50^{\circ}$  BT dan lintang  $3,00^{\circ}$  LU. Suhu air laut pada kedalaman 600 lebih rendah dari suhu permukaan. Perbedaan suhu rata-rata permukaan dengan kedalaman 600 m mencapai  $23^{\circ}$  C. Hal ini merupakan normal mengingat suhu air laut sebagai ukuran dari panas termal yang terkandung dalam air laut, sangat tergantung kepada energi sinar matahari sebagai sumber utama panas termal. Semakin ke dalam perairan laut, transfer panas termal dari matahari semakin berkurang. Konsekuensinya suhu permukaan cenderung lebih panas dibandingkan suhu pada kedalaman dibawah permukaan, dengan asumsi tidak adanya proses pencampuran antar lapisan (Brown *et al.*, 2001).

Kisaran suhu permukaan air laut di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018 berkisar antara  $28,67^{\circ}$ – $30,25^{\circ}$  C dengan rata-rata dan simpangan baku masing-masing sebesar  $29,57^{\circ}$  C dan

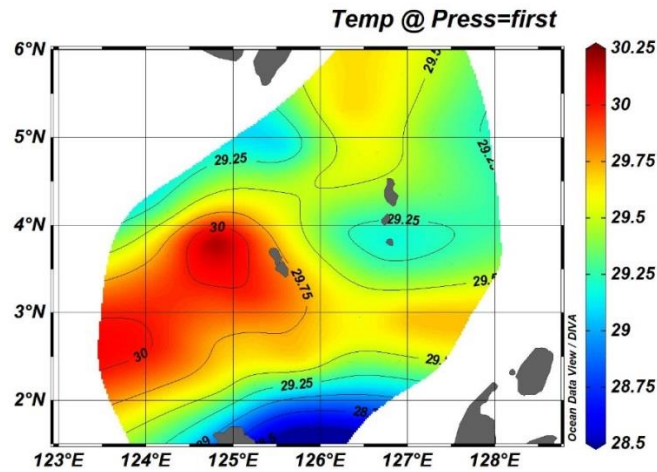


**Gambar 1.** Profil batimetri perairan Kepulauan Sangihe Talud (sumber data: *General Bathymetric Chart of the Oceans; GEBCO*) dan lokasi stasiun oseanografi pada bulan Oktober 2018.

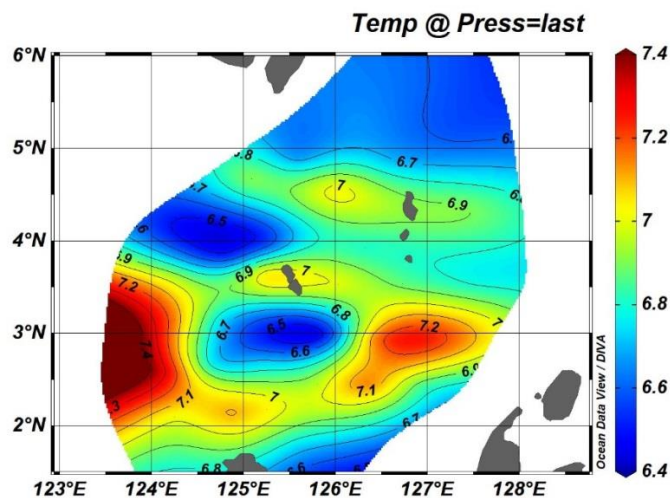
0,31° C. Kisaran suhu tersebut diatas memiliki nilai yang hampir sama dengan penelitian sebelumnya di perairan Kepulauan Sangihe Talaud yang dilakukan oleh Kashino *et al.* (2001) dan Radjawane & Hadipoetranto (2014). Sesuai dengan zonasi suhu air laut, suhu maksimum air laut permukaan ditemukan pada stasiun 19 dan suhu minimum terdeteksi pada stasiun 1 (Tabel 1). Berbeda dengan suhu permukaan, suhu air laut pada kedalaman 600 m memiliki nilai maksimum sebesar 7,31° C dan nilai minimum sebesar 6,42° C, dengan nilai rata-rata dan simpangan baku masing-masing sebesar 6,85° C dan 0,24° C. Suhu air laut maksimum dan minimum

pada kedalaman 600 m masing-masing berada pada stasiun 7 dan stasiun 13 (Tabel 1).

Gambar 4 menunjukkan distribusi spasial salinitas permukaan laut pada bulan Oktober 2018. Distribusi spasial salinitas permukaan laut menunjukkan adanya dua zonasi salinitas maksimum dan minimum. Penentuan zonasi salinitas maksimum dan minimum ini sangat penting untuk mengetahui karakteristik fisik suatu perairan laut dan pengaruhnya bagi biota perairan khususnya keragaman dan struktur komunitas plankton (Gutierrez *et al.*, 2018). Dua spot salinitas maksimum dengan



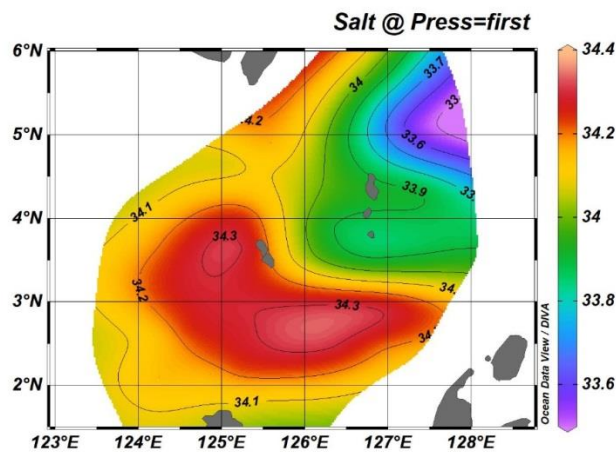
**Gambar 2.** Sebaran spasial suhu permukaan laut di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018.



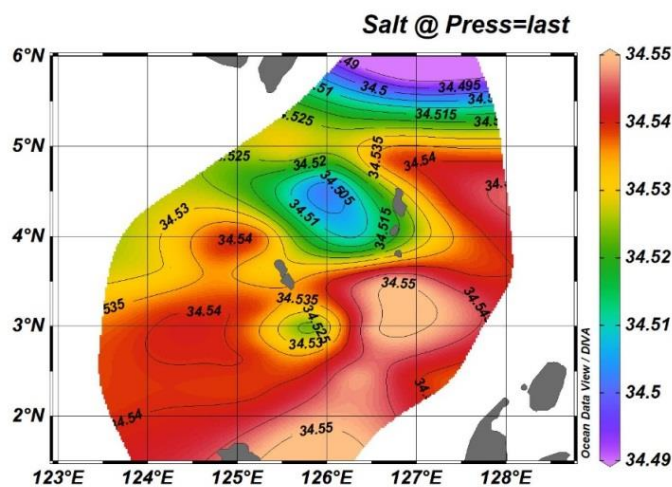
**Gambar 3.** Sebaran spasial suhu air laut pada kedalaman 600 m di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018

nilai diatas 34,30 psu dikelilingi oleh salinitas 34,20 psu membentuk zonasi yang menempati posisi geografis bujur 124,00° – 127,50° BT dan lintang 2,00° – 4,00° LU. Sebaran salinitas rendah dengan nilai salinitas dibawah 33,60 psu membentuk zonasi yang terletak disebelah timur laut area studi dengan posisi geografis pada bujur 127,00° – 128,00° BT dan lintang 5,50° – 6,00° LU. Zona salinitas rendah laut dipermukaan yang berada disebelah timur laut pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Radjawane & Hadipoetranto (2014). Berbeda dengan sebaran spasial salinitas permukaan laut, sebaran salinitas air laut pada kedalaman 600 m cenderung tidak merata (Gambar 5). Distribusi salinitas maksimum dengan nilai diatas 34,54 psu cenderung membentuk

zonasi yang mendominasi wilayah selatan dan timur perairan Kepulauan Sangihe Talaud dengan cakupan hampir 60 % area studi. Konsisten dengan zonasi salinitas minimum laut dipermukaan, zonasi salinitas minimum laut pada kedalaman 600 m menempati area geografis yang hampir sama. Salinitas laut minimum dengan nilai dibawah 34,49 psu terdeteksi di arah timur laut perairan Kepulauan Sangihe Talaud dengan posisi geografis bujur 126,00° – 128,00° BT dan lintang 5,50° – 6,00° LU. Salinitas laut yang lebih tinggi dari 34,50 psu pada kedalaman 600 meter merupakan tipe massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) yang berasal dari Samudera Pasifik Utara (Gordon, 2005; Radjawane & Hadipoetranto, 2014).



**Gambar 4.** Sebaran spasial salinitas permukaan laut di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018.



**Gambar 5.** Sebaran spasial salinitas air laut pada kedalaman 600 m di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018.

**Tabel 1.** Rangkuman suhu, salinitas dan densitas di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018

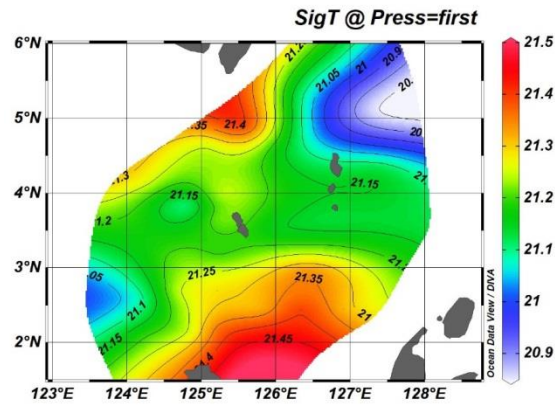
	Lapisan kedalaman	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpangan baku	Keterangan
Suhu (°C)	Permukaan	28,67	30,25	29,57	0,31	Stasiun 1 (minimum) Stasiun 19 (maksimum)
	Dasar	6,42	7,31	6,85	0,24	Stasiun 7 (minimum) Stasiun 13 (maksimum)
Salinitas (psu)	Permukaan	33,54	34,31	34,12	0,17	Stasiun 26 (minimum) Stasiun 6 (maksimum)
	Dasar	34,49	34,55	34,53	0,01	Stasiun 25 (minimum) Stasiun 5 (maksimum)
Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	Permukaan	20,85	21,49	21,21	0,12	Stasiun 26 (minimum) Stasiun 1 (maksimum)
	Dasar	27,01	27,12	27,06	0,03	Stasiun 14 (minimum) Stasiun 21 (maksimum)

Kisaran salinitas permukaan laut di perairan Kepulauan Sangihe Talaud berada pada kisaran 33,54 psu sampai 34,31 psu. Nilai rata-rata dan simpangan salinitas permukaan masing-masing sebesar 34,12 psu dan 0,17 psu. Nilai salinitas maksimum dipermukaan terdapat pada stasiun 6, adapun nilai salinitas minimum terdapat pada stasiun 26. Salinitas laut pada kedalaman 600 m berkisar antara 34,49 psu sampai 34,55 psu dengan nilai rata-rata dan simpangan baku masing-masing sebesar 34,53 psu dan 0,01 psu. Perbedaan nilai salinitas rata-rata antara lapisan permukaan dan lapisan kedalaman 600 m tidak terlalu besar. Nilai perbedaan rata-rata salinitas pada lapisan permukaan cenderung lebih tinggi sebesar 0,14 psu. Salinitas permukaan maksimum dan minimum di perairan Kepulauan Sangihe Talaud masing-masing terdeteksi berada pada stasiun 5 dan 25. Kisaran salinitas antara 34,10 psu sampai 34,50 psu merupakan salinitas yang berasal dari massa air *intermediate* Pasifik Utara (Radjawane & Hadipoetranto, 2014).

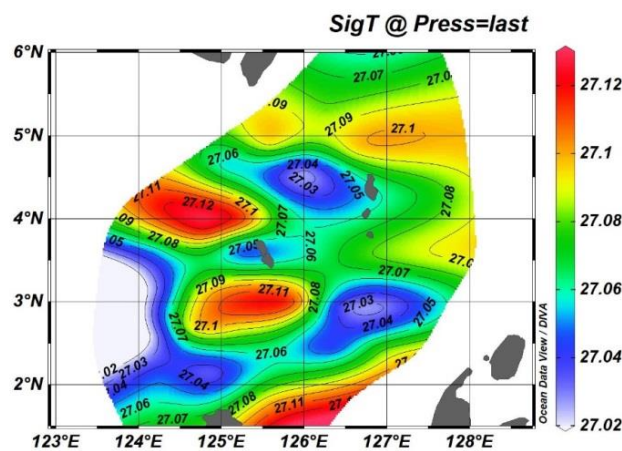
Distribusi spasial densitas air laut pada kedalaman permukaan dan 600 m di perairan Kepulauan Sangihe Talaud digambarkan masing-masing pada Gambar 6 dan 7. Di permukaan, terdapat tiga zonasi sebaran densitas yang berbeda. Sebaran densitas maksimum dengan nilai diatas 21,40 kg/m<sup>3</sup> berada di sisi sebelah selatan pada posisi geografis bujur 125°-127° BT dan lintang 1,50°-2,00° LU. Sebaran densitas minimum dengan

nilai dibawah 21,00 kg/m<sup>3</sup> terdapat di timur laut lokasi penelitian pada posisi geografis bujur 127°-128° BT dan lintang 5,00°-5,50° LU. Berbeda dengan sebaran densitas sebelumnya, densitas menengah dengan nilai densitas berkisar antara 21,10-21,20 kg/m<sup>3</sup> menempati hampir 70 % area penelitian sepanjang posisi geografis bujur 123,50°-128,00° BT dan lintang 2,50°-5,50° LU.

Sebaran densitas di kedalaman 600 m cenderung tidak berpola (Gambar 7). Sebaran densitas minimum dengan nilai dibawah 27,02 kg/m<sup>3</sup> terdapat di sisi barat daya area penelitian pada posisi geografis bujur 123,50°-124,00° BT dan lintang 2,00°-3,50° LU. Terdapat tiga titik densitas maksimum masing-masing dengan nilai densitas diatas 27,11 kg/m<sup>3</sup> menempati kisaran geografis bujur 124,00°-126,50° BT. Secara umum nilai densitas dipermukaan berkisar antara 20,85-21,49 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai rata-rata dan simpangan baku masing-masing 21,21 kg/m<sup>3</sup> dan 0,12 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas minimum terdapat di stasiun 26, adapun nilai densitas maksimum terdapat di stasiun 1. Di kedalaman 600 m, nilai densitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan densitas dipermukaan. Densitas pada kedalaman 600 m berkisar antara 27,01-27,12 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai rata-rata sebesar 27,06 kg/m<sup>3</sup> dan simpangan baku 0,03 kg/m<sup>3</sup> (Tabel 1). Densitas tertinggi pada kedalaman 600 m terdeteksi pada stasiun 21, sedangkan densitas terendah terdapat pada Stasiun 14.



**Gambar 6.** Sebaran spasial densitas air laut permukaan di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018.



**Gambar 7.** Sebaran spasial densitas air laut pada kedalaman 600 m di perairan Kepulauan Sangihe Talaud pada bulan Oktober 2018.

## KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah teridentifikasinya pola sebaran khas suhu, salinitas dan densitas di permukaan laut area studi. Pola sebaran khas tersebut tidak teramati di air laut pada kedalaman 600 m yang cenderung tidak merata sebarannya. Pola sebaran suhu permukaan laut menunjukkan adanya zonasi suhu permukaan antara laut Sulawesi dan Laut Maluku. Suhu permukaan di Laut Sulawesi cenderung lebih hangat dibandingkan dengan suhu permukaan yang ada di Laut Maluku dengan perbedaan suhu permukaan yang mencapai sekitar 2° C. Pola sebaran salinitas permukaan laut menunjukkan adanya gradient zonasi salinitas rendah ke tinggi dari timur ke barat. Pola sebaran densitas permukaan menunjukkan tiga zonasi densitas permukaan

yang terdeteksi di utara Laut Maluku, sisi timur laut dan sisi barat perairan kepulauan Sangihe Talaud.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian cruise EWIN (Ekspedisi Widy Nusantra) dibiayai dari DIPA Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI tahun 2018. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Kapten dan kru kapal riset Baruna Jaya VIII yang telah melakukan pelayaran EWIN 2018 dengan selamat dan sukses.

## DAFTAR PUSTAKA

Ismail, M.F.A. and Ribbe, J., 2019. On the cross-shelf exchange driven by frontal eddies along a western boundary current during austral winter 2007. *Estuar. Coast. Shelf*

- Sci., 227:106314. doi: 10.1016/j.ecss.2019.106314.
- Brown, E., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., & Wright, J., 2004, Ocean Circulation, Ed.2, The Open University, Milton Keynes. 286 pp.
- Cao, L., & Zhang, H., 2017. The role of biological rates in the simulated warming effect on oceanic CO<sub>2</sub> uptake. *J. Geophys. Res.: Biogeosci.*, 122:1098-1106. doi: 10.1002/2016JG003756
- Feng, M., Zhang, N., Liu, Q., & Wijffels, S., 2018. The Indonesian throughflow, its variability and centennial change. *Geosci. Lett.*, 5. (3):1-10. doi: 10.1186/s40562-018-0102-2.
- Gordon, A.L., 2005. Oceanography of the Indonesian Seas and Their Through-flow, *Oceanograp.*, 18:14-27. doi: 10.5670/oceanog.2005.01.
- Gordon, A.K., & Fine, R., 1996. Pathway of water between the Pacific and Indian oceans in the Indonesian seas, *Lett. Nature*, 379:146-149. doi : 10.1038/379146a0.
- Gutierrez, M.F., Tavşanoğlu, Ü.N., Vidal, N., Yu, J., Teixeira-de Mello, F., Çakiroglu, A.I., He, H., Liu, Z. & Jeppesen, E., 2018. Salinity shapes zooplankton communities and functional diversity and has complex effects on size structure in lakes. *Hydrobiologia*, 813(1):237-255. doi: 10.1007/s10750-018-3529-8.
- Kashino, Y., Firing, E., Hacker, P., Sulaiman, A., & Lukiyanto., 2001, Currents in the Celebes and Maluku Seas, February 1999, *Geophys. Res. Lett.*, 28(7):1263-1266. doi: 10.1029/2000GL011630.
- Kelly, P., Clementson, L., Davies, C., Corney, S., & Swadling, K., 2016. Zooplankton Responses to Increasing Sea Surface Temperatures in the Southeastern Australia Global Marine Hotspot, *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 180:242-257. doi: 10.1016/j.ecss.2016.07.019.
- Lee, T., Fukumori, I. & Menemenlis, D., 2002. Effects of the Indonesian Throughflow on the Pacific and Indian Oceans. *J. Phys. Oceanograp.*, 32:1404-1429. doi : 10.1175/1520-0485(2002)032<1404:EOTITO>2.0.CO;2.
- Li, M., Gordon, A.L., Wei, J., Gruenberg, K., & Jiang, G.Q., 2018. Multidecadal Timeseries of the Indonesian throughflow. *Dynam. Atmos. Ocean*, 81: 84-95. doi: 10.1016/j.dynatmoce.2018.02.001.
- Liang, L., Xue, H., & Shu, Y. 2019. The Indonesian Throughflow and the circulation in the Banda Sea: A Modelling Study, *J. Geophys. Res Oceans*, 124:3089-3106. doi: 10.1029/2018JC014926.
- Radjawane, I.M., & Hadipoetranto, P.P., 2014, Karakteristik Massa Air Laut di Percabangan Arus Lintas Indonesia Perairan Sangihe Talaud Menggunakan Data Index Satal 2010, *J. Ilmu Teknol. Kelaut. Trop.*, 6(2):525-536.
- Schlitzer, R., 2015, Data Analysis and Visualization with Ocean Data View, *CMOS Bulletin SCMO*, 43(1):9-13.
- Sprintal, J., Gordon, A. L., Koch-Larrouy, A., Lee, T., Potemra, J. T., Pujiana, K., & Wijffels, S. E., 2014. The Indonesian seas and their role in the coupled ocean-climate system. *Nat. Geosci.*, 7:487-492. doi: 10.1038/ngeo2188.
- Susanto, R.D., & Song, T., 2015. Indonesian throughflow proxy from satellite altimeters and gravimeters. *J. Geophys. Res. Oceans*, 120:2844-2855. doi: 10.1002/2014JC010382.
- Triyulianti, I., Radiarta, I.N., Yunanto, A., Pradisty, N.A., Islami, F., & Putri, M.,R., 2018. Sistem Karbon Laut di Perairan Laut Maluku dan Laut Sulawesi, *J. Fish. Marine Res.* 2:192-207.
- Vranes, K., Gordon, A.L. & Field, A., 2002. The Heat Transport of the Indonesian Throughflow and Implications for the Indian Ocean Heat Budget. *Deep Research Part II*, 49:1391-1410. doi: 10.1016/S0967-0645(01)00150-3.
- Wyrtki, K., 1961. Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961. NAGA report, Vol 2, University of California. pp 195.
- Wyrtki, K., 1987. Indonesian Throughflow and the Associated Pressure-gradient. *J. Geophys. Res.*, 92:941-946. doi: 10.1029/JC092iC12p12941.