

Dinamika Distribusi Spasial-Vertikal Massa Air di Jalur Barat dan Timur Arlindo pada Musim Barat

Dynamics of the Spatial-Vertical Distribution of Water Masses in the West and East Indonesian Throughflow Routes in the Wet Season

Amir Yarkhasy Yuliardi¹, Luhur Moekti Prayogo², Marita Ika Joesidawati³

^{1,2,3} Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas PGRI Ronggolawe, Tuban, Indonesia

Penulis Korespondensi: Amir Yarkhasy Yuliardi | **Email:** amiryarkhasy@gmail.com

Diterima (*Received*): 27 Oktober 2022 Direvisi (*Revised*): 2 November 2022 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 6 November 2022

ABSTRAK

Perairan timur Indonesia merupakan jalur Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang merupakan bagian dari sirkulasi massa air global. Arlindo memiliki dua jalur utama, jalur barat dan jalur timur yang berperan penting dalam mentransfer properti massa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia. Indonesia yang memiliki batimetri kompleks menyebabkan terjadi dinamika pada jalur Arlindo. Untuk mengungkap dinamika massa air yang terjadi secara spasial dan vertikal pada jalur Arlindo, telah dilakukan kegiatan penelitian dengan memanfaatkan data reanalysis dengan parameter suhu dan salinitas. Data suhu dan salinitas ini didapatkan dari 9191 titik yang tersebar pada 115 – 140 BT dan 10 LU – 12.5 LS. Analisis dinamika distribusi spasial mencakup perairan timur Indonesia pada kedalaman 0 m, 250 m dan 500 m. Analisis dinamika distribusi vertikal kolom air pada jalur barat dan timur Arlindo yang diwakilkan masing-masing 4 stasiun pengamatan pada wilayah yang signifikan dilalui oleh Arlindo. Hasil analisis menunjukkan suhu dan salinitas terdistribusi dari perairan utara Papua masuk ke perairan Indonesia. Suhu yang hangat teridentifikasi sebagai kolam air hangat Pasifik barat. Distribusi vertikal massa air terstratifikasi kedalam tiga lapisan, lapisan tercampur, lapisan termoklin/haloklin dan lapisan dalam. Terjadi penurunan nilai salinitas pada stasiun-stasiun di Samudera Pasifik dengan ciri salinitas tinggi yang semakin tereduksi seiring memasuki perairan Indonesia. Teridentifikasi beberapa jenis massa air, *South Pacific Subtropical Water* (SPSW) dan *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) pada lapisan termoklin dari Samudera Pasifik. Terdapat pula massa air asli pada laut banda, massa air laut jawa pada permukaan yang menawarkan lapisan permukaan dan jejak massa air dari Samudera Hindia.

Kata Kunci: Arlindo, Massa Air, Perairan Timur Indonesia, TS Diagram

ABSTRACT

The eastern waters of Indonesia are the Indonesian Throughflow (ITF) which is part of the global water mass circulation. Arlindo has two main routes, the western route and the eastern route, which play an important role in transferring water mass properties from the Pacific Ocean to the Indian Ocean. Indonesia, which has complex bathymetry, causes dynamics on the Arlindo route. To reveal the dynamics of water masses that occur spatially and vertically on the Arlindo route, research activities have been carried out by utilizing reanalysis data with temperature and salinity parameters. The temperature and salinity data were obtained from 9191 points spread over 115 – 140 East Longitude and 10 North Latitude – 12.5 South Latitude. Analysis of the dynamics of the spatial distribution covers the waters of eastern Indonesia at a depth of 0 m, 250 m and 500 m. Analysis of the dynamics of the vertical distribution of the water column on the west and east lines of Arlindo, represented by 4 observation stations in a significant area traversed by Arlindo. The results of the analysis show that temperature and salinity are distributed from the northern waters of Papua into Indonesian waters. Warm temperatures identified as western Pacific warm water pools. The vertical distribution of water mass is stratified into three layers, mixed layer, thermocline/halocline layer and inner layer. There is a decrease in salinity values at stations in the Pacific Ocean with the characteristic of high salinity which is increasingly reduced as it enters Indonesian waters. Several types of water masses, *South Pacific Subtropical Water* (SPSW) and *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) were identified in the thermocline layer of the Pacific Ocean. There are also native water masses in the Banda Sea, Java Sea water masses on the surface that offer surface layers and traces of water masses from the Indian Ocean.

Keywords: ITF, Water Mass, Eastern Indonesian Waters, TS Diagram

1. Pendahuluan

Arlindo merupakan bagian dari siklus global termohalin. Termohalin berperan dalam mentransfer massa air dan kalor dari wilayah Samudera Pasifik menuju wilayah Samudera Hindia melewati perairan Indonesia (Fine et al., 1994; Gordon & Fine, 1996; Gordon et al., 2010). Sirkulasi dan pergerakan massa air yang bergerak dari Samudra Pasifik melewati beberapa selat di bagian utara perairan Indonesia. Massa air ini menuju ke Samudra Hindia yang keluar dari perairan Indonesia melewati beberapa selat utama di bagian selatan perairan Indonesia. Massa air yang masuk dari bagian utara dan barat Samudra Pasifik ke perairan Indonesia memiliki kondisi massa air yang hangat sebagai penciri dari massa air tropis. Wilayah ini memiliki suhu permukaan laut rata-rata yang cukup tinggi dibanding wilayah lain di dunia mencapai > 28 oC (Potemra & Qu, 2010; Supangat et al., 2015; De Deckker, 2016).

Massa air yang dibawa oleh Arlindo secara umum berasal dari Samudra Pasifik bagian utara dan selatan bergerak menuju Samudra Hindia. Perairan Selat Makasar yang merupakan bagian dari jalur barat Arlindo dan Laut Flores dominan dipengaruhi oleh massa air laut Pasifik Utara. Laut Seram dan Halmahera yang merupakan jalur timur Arlindo lebih banyak dipengaruhi oleh massa air dari Pasifik Selatan (Gordon et al., 1994). Selanjutnya, Umasangaji (2006) mengindikasikan bahwa sumber utama Arlindo adalah massa air termoklin Pasifik Utara yang mengalir melalui Selat Makassar (kedalaman sill 650 m). Sedangkan jalur sekunder diketahui membawa massa air subtropis Pasifik Selatan melalui Laut Halmahera (Li et al., 2018). Aliran massa air yang melewati selat dengan kedalaman (batimetri) yang relatif berbeda berkontribusi terhadap dinamika aliran di perairan tersebut. Proses stratifikasi massa air di daerah ini disebabkan oleh adanya perbedaan densitas. Adanya perbedaan densitas dapat menciptakan pencampuran, baik secara vertikal atau horizontal yang mengakibatkan stratifikasi berdasarkan kedalaman yang menyebabkan adanya perubahan jumlah bahang, kadar garam, dan momentum massa air (Field, 1994).

Sistem pergerakan Arlindo dan batimetri menjadi kombinasi yang kompleks di Perairan Indonesia dan menyebabkan adanya dinamika spasial massa air secara horizontal dan vertikal. Beberapa studi terkait kondisi oseanografi di perairan Indonesia namun belum spesifik melihat karakteristik dan distribusi terhadap kondisi oseanografi di jalur barat dan timur Arlindo. Oleh karena itu, untuk menganalisis profil massa air di Perairan Indonesia khususnya di musim barat dilakukan penelitian menggunakan data reanalysis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik dan distribusi spasial massa air di Perairan Indonesia khususnya di beberapa

daerah yang menjadi wilayah utama jalur Arlindo pada musim barat.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Penelitian dilakukan menggunakan metode pengambilan data snapshot berupa data harian pada tanggal 28 February 2009. Data yang digunakan merupakan data reanalysis yang diunduh pada <https://marine.copernicus.eu/> dengan resolusi spasial 0.25° x 0.25° dengan kedalaman 0 – 500 m. Data yang berhasil dihimpun sebanyak 9191 titik yang tersebar pada 115 – 140 BT dan 10 U – 12.5 S (Gambar 1). Penggunaan data ini diharapkan dapat menganalisis massa air Arlindo pada skala cakupan yang luas.

2.2. Metodologi

Analisis vertikal pada jalur barat dan timur Arlindo. Jalur barat direpresentasikan dengan 4 titik, yaitu Samudera Pasifik bagian barat, Laut Sulawesi, Selat Makassar, Selat Lombok. Jalur timur direpresentasikan oleh 4 titik, yaitu Samudera Pasifik bagian selatan, Halmahera, Laut Banda dan Pintasan Timor. Analisis spasial distribusi massa air mencakup seluruh titik data pada wilayah perairan timur Indonesia yang divisualisasikan pada lapisan permukaan, kedalaman 250m dan kedalaman 500m. Analisis distribusi vertikal dan horizontal (spasial) menggunakan metode *Data-Interpolating Variational Analysis* (DIVA) oleh (Barth et al, 2014). Diagram TS digunakan untuk mengidentifikasi karakter dan sumber suatu badan air (Emery and Thomson 1998). Analisis, visualisasi dan komputasi data menggunakan software oseanografi Ocean Data View (ODV) versi 5.2.0.

Parameter yang dianalisis merupakan temperatur, salinitas dan densitas. Parameter temperatur (θ_{cgl0}) dan salinitas (so_{cgl0}) didapatkan dari penyedia data dengan skala pengukuran (°C) dan (psu) untuk masing-masing parameter. Parameter densitas didapatkan dari perhitungan berdasarkan nilai temperatur dan densitas oleh TEOS-10 (IOC et al., 2010).

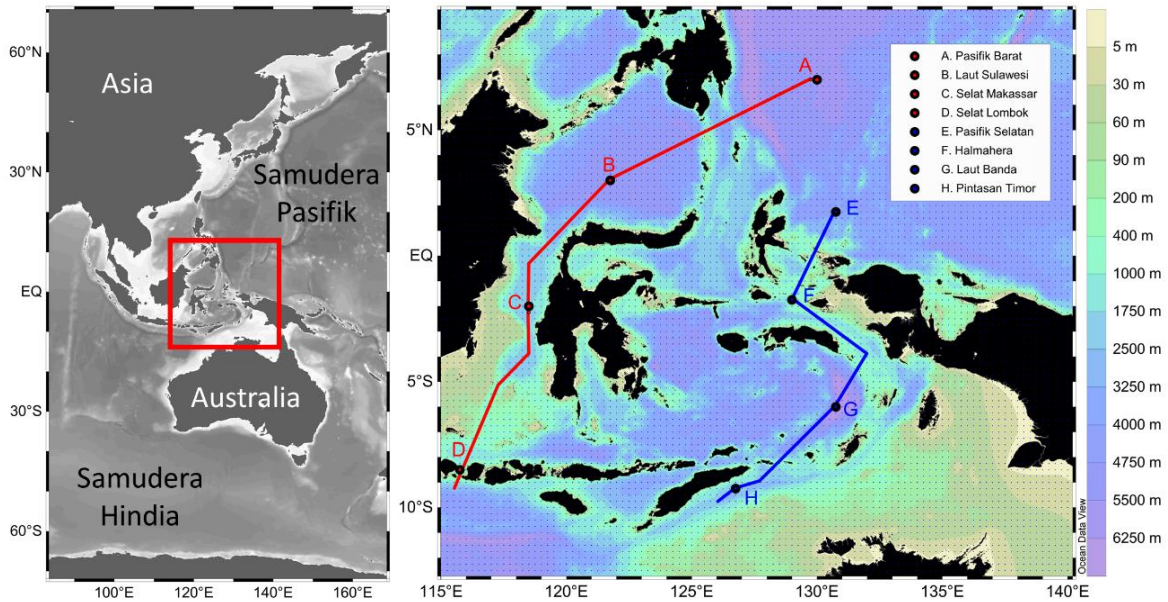
Densitas insitu dirumuskan sebagai:

$$\rho = \rho(SA, \theta, p) \quad (1)$$

dimana SA adalah salinitas absolut, θ adalah potensial temperature dan p adalah tekanan

Nilai Potensial density anomaly ($\theta\sigma$) dituliskan dengan persamaan berikut:

$$\theta\sigma = \rho(SA, \theta, p) - 1000 \text{ kg/m}^3 \quad (2)$$



Gambar 1. Lokasi penelitian. Lokasi penelitian berada diperairan timur indonesia yang berada diantara samudera pasifik - samudera hindia dan benua asia – benua australia ditunjukkan dengan kotak berwarna merah (kiri). Terdapat dua transek di perairan timur indonesia. Garis merah merupakan representasi jalur barat dan garis biru representasi jalur timur. Pada masing-masing garis terdapat 4 titik pengamatan (kanan).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Distribusi Spasial Massa Air

Suhu, salinitas dan densitas merupakan parameter fisis oseanografi yang memiliki peran penting dilautan. Pengamatan Suhu Permukaan Laut (SPL) (kedalaman 0m) dan suhu kolom perairan (250m dan 500m) menggunakan data reanalysis di perairan timur Indonesia (Gambar 2A, 2B, 2C). Wilayah Utara Papua memiliki nilai SPL yang cenderung homogen dan masih terlihat jelas sampai kedalaman 250m. Pengamatan data reanalysis data SPL yang dilakukan pada monsun barat secara spasial pada rentang 27 – 30.5 oC dengan nilai tertinggi berada di bagian utara papua dan terkecil di utara kalimantan. Lapisan kedalaman 250m memiliki rentang nilai 6-18 oC dan kedalaman 500m dengan rentang nilai 5-12 oC. Massa air dengan nilai temperatur SPL yang tinggi karena paparan radiasi matahari khususnya di wilayah tropis (De Deckker, 2016). Wilayah utara papua kemudian masuk ke halmahera merupakan pintu masuk arlindo jalur timur (Feng et al., 2018). Variabilitas Samudera Pasifik mendominasi SPL di Perairan Utara Papua. Area ini membentuk kolam air hangat Samudera Pasifik bagian barat dikarenakan memiliki nilai SPL yang relatif tinggi (Wyrтки, 1961; Fine et al., 1994; Qu et al., 2005). Terlihat jejak massa air dari samudera pasifik bagian barat yang memiliki nilai suhu dan salinitas yang lebih rendah. Massa

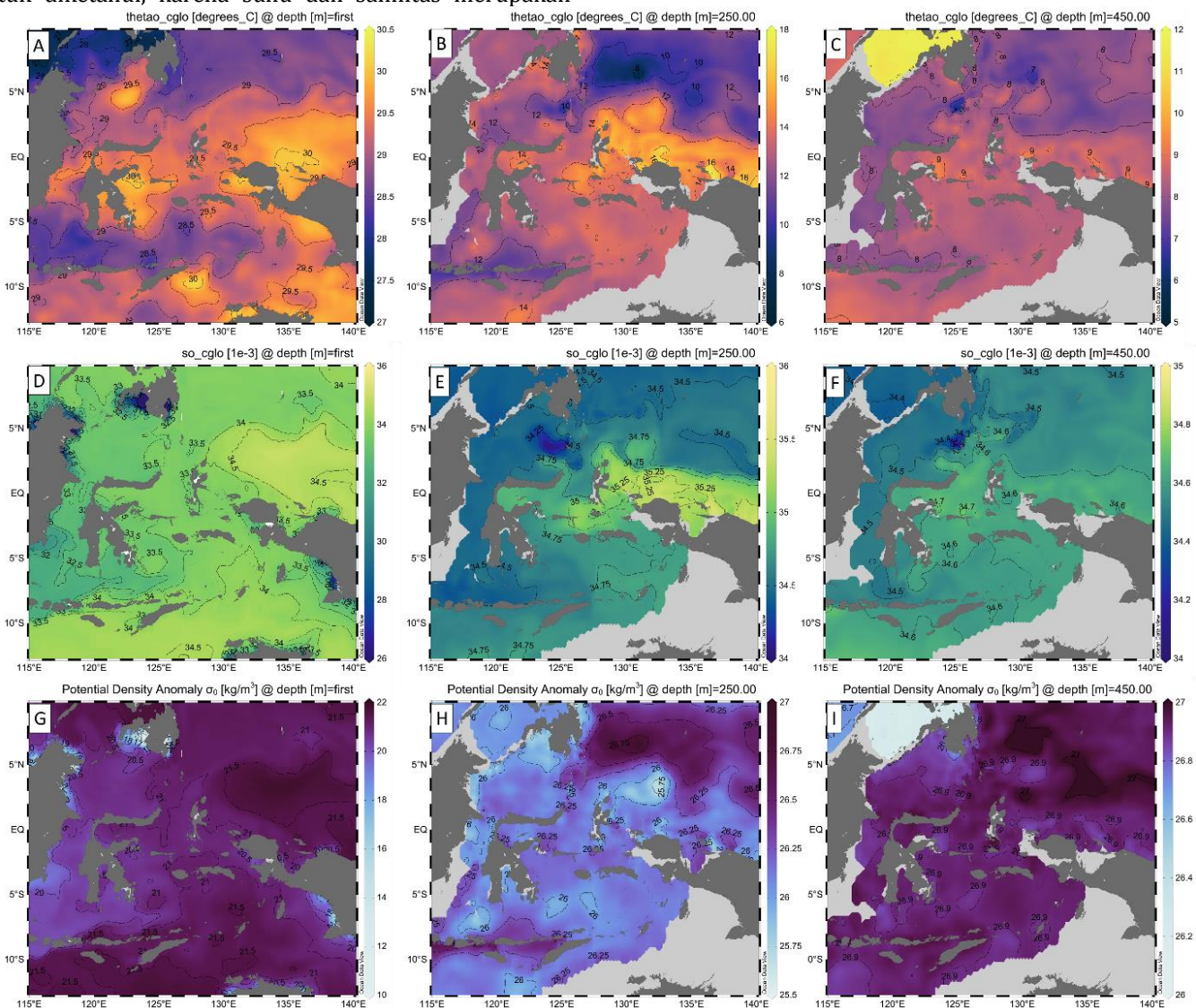
air ini membentuk front dengan massa air permukaan dari Samudera Pasifik bagian selatan (utara papua) yang memiliki salinitas lebih tinggi. Pola yang serupa juga ditemukan pada penelitian Supangat et al., (2015). Suhu pada kedalaman 500m menunjukkan pola yang masih mirip akan tetapi dengan rentang suhu yang mengecil dan semakin homogen. Hal ini karena terjadi pencampuran yang dimungkinkan untuk menyeragamkan nilai suhu dilapisan dalam. Variasi kedalaman mixed layer pada parameter suhu secara dominan dipengaruhi fluk panas pada lapisan permukaan dan pencampuran vertikal di bawah lapisan permukaan (Halkides et al., 2011)

Pola distribusi dari salinitas sebagaimana halnya dengan distribusi nilai SPL (Gambar 2D, 2E, 2F). Pola distribusi salinitas yang ada di Laut Banda sangat dipengaruhi oleh variabilitas samudera pasifik. Berdasarkan penelitian (Wyrтки, 1961) pola pergerakan arus memungkinkan terjadinya proses pencampuran dan pengaruh dari massa air dari wilayah lain terhadap karakteristik massa air Laut di perairan Indonesia. Pada lapisan permukaan, nilai salinitas berkisar antara 26 – 36 psu dengan nilai terendah pada wilayah pesisir dekat dengan daratan dan tertinggi pada wilayah perairan utara papua. Lapisan kedalaman 250m memiliki rentang nilai 34-36 psu dan kedalaman 500m dengan rentang nilai 34-35 psu. Pergerakan massa air dengan salinitas tinggi terlihat dari penurunan nilai salinitas yang semakin mengecil kearah barat. Massa air ini dengan salinitas yang semakin mengecil ketika memasuki perairan ini didorong

oleh arus yang cukup kuat. Arus ini diduga sebagai sumber masuknya massa air dari Samudera Pasifik ke perairan Indonesia melalui sistem sirkulasi Arlindo (Sprintall et al., 2014; Yuan et al., 2018). Penelitian ini mendapatkan pola yang hampir sama terhadap kedalaman dominan mengarah ke barat dengan membawa properti salinitas tinggi.

Visualisasi distribusi spasial densitas pada beberapa lapisan kedalaman menunjukkan hubungan yang erat dengan suhu dan salinitas (2G, 2H, 2I). Lapisan permukaan memiliki rentang nilai densitas 10-22 Kgm-3, kedalaman 250m memiliki rentang nilai 25.5-27 Kgm-3 dan kedalaman 500m dengan rentang nilai 26-27 Kgm-3. Parameter suhu dan salinitas pada suatu perairan penting untuk diketahui, karena suhu dan salinitas merupakan

parameter oseanografi fisik untuk menentukan densitas yang pada tahap lebih lanjut dapat membangkitkan arus di laut (Brown et al., 2004). Massa air Arlindo jalur timur berasal dari massa air termoklin yang lebih dangkal dan massa air perairan dalam yang berasal dari Pasifik Selatan. Massa air ini masuk ke perairan Indonesia melalui jalur timur Arlindo yaitu Laut Maluku dan Laut Halmahera. Massa air dari samudera pasifik selatan dicirikan dengan salinitas tinggi (Umasangaji, 2006). Lapisan permukaan memiliki pola distribusi yang mirip dengan salinitas. Sedangkan lapisan kedalaman 250m dan 500m memiliki pola distribusi yang mirip dengan suhu. Hal ini dikarenakan perbedaan rentang nilai dari masing-masing parameter yang mempengaruhi penyusunan nilai densitas.



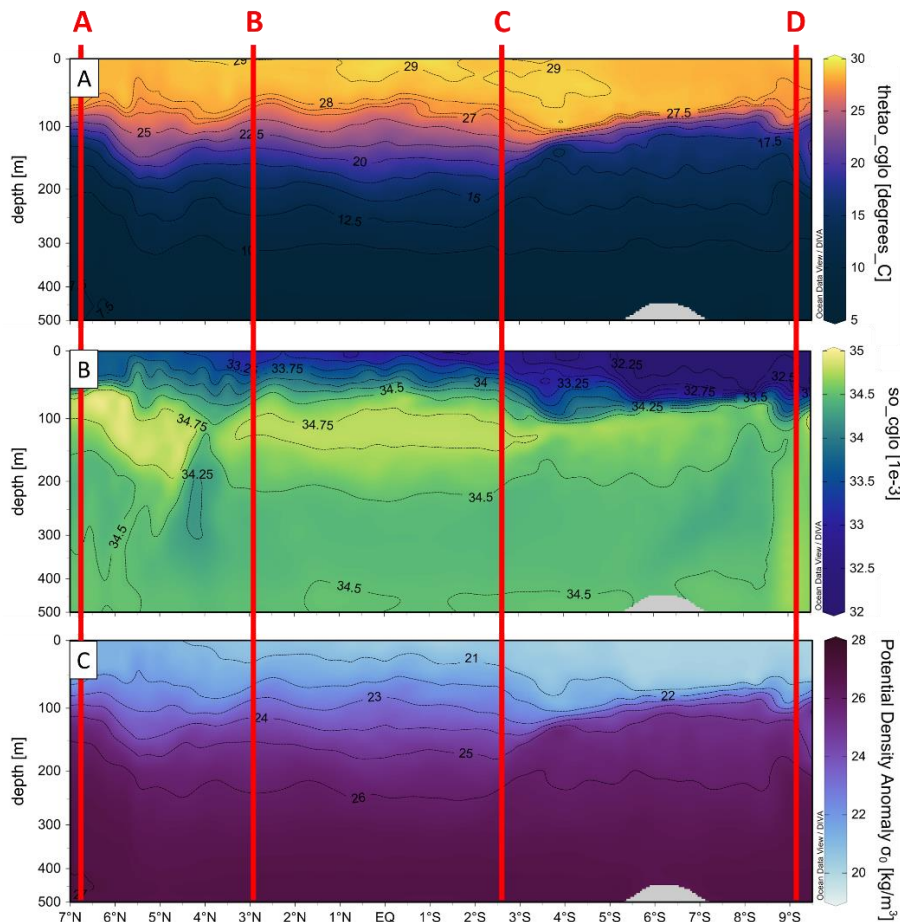
Gambar 2. Distribusi spasial temperatur pada kedalaman (A) 0m, (B) 250m dan (C) 500m. Distribusi spasial salinitas pada kedalaman (D) 0m, (E) 250m dan (F) 500m. Distribusi spasial densitas pada kedalaman (G) 0m, (H) 250m dan (I) 500m. warna abu pada gambar merupakan batimetri perairan.

3.2. Distribusi Vertikal Massa Air

Profil distribusi vertikal suhu, salinitas dan densitas di jalur barat arlindo berdasarkan 4 titik stasiun pengamatan ditunjukkan pada gambar 3. Distribusi suhu secara vertikal memiliki karakteristik stratifikasi massa air seperti pada umumnya sesuai kedalaman. Pola pelapisan secara vertikal menunjukkan adanya fluktuasi gradien suhu seiring dengan bertambahnya kedalaman. Terdapat perbedaan ketebalan lapisan pada setiap Stasiun. Hal ini diduga sebagai akibat adanya pengaruh topografi perairan yang mengakibatkan pasokan massa air pada titik pengamatan. Jalur barat banyak melewati sill dan slope permukaan yang berbeda. Lapisan yang terbentuk dari profil suhu terdapat tiga lapisan utama, yaitu lapisan tercampur (mixed layer), lapisan termoklin (thermocline layer), dan lapisan dalam (deep layer). Lapisan tercampur dari permukaan sampai suhu 28, lapisan termoklin 28 – 12.5 °C dan lapisan dalam 12.5 sampai dasar perairan. Di bawah lapisan tercampur, suhu air laut mengalami perubahan dengan nilai semakin mengecil secara drastis terhadap bertambahnya kedalaman. Penelitian oleh

Wyrтки (1961) meninjau batas lapisan termoklin pada suhu 12 – 25 °C.

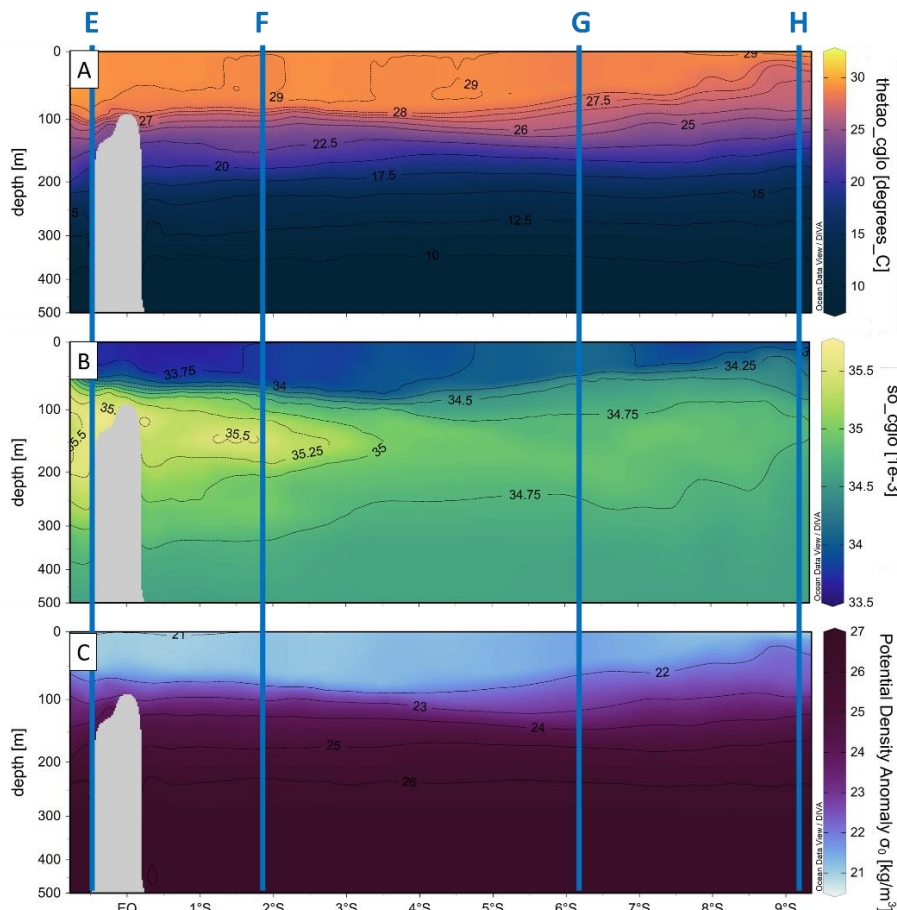
Lapisan tercampur memiliki karakteristik nilai salinitas lebih rendah dibandingkan lapisan haloklin dan lapisan dalam. Lapisan permukaan jalur barat Arlindo memiliki slope gradien salinitas yang semakin tawar seiring massa air akan keluar melalui Selat Lombok. Massa air dari Laut Jawa berkontribusi terhadap pengenceran oleh air tawar dan fluks bahang. Atmadipoera et al., (2009) menyatakan massa air laut jawa pada lapisan permukaan yang memiliki salinitas rendah mampu mengencerkan salinitas tinggi hingga lapisan termoklin. Massa air dengan salinitas lapisan permukaan yang tinggi terdapat di asal massa air ini bergerak, yaitu samudera pasifik. Massa air yang mengalir melewati perairan Indonesia oleh (Gordon et al.,1994) melalui dua jalur utama, jalur barat dan jalur timur. Terlihat massa air dengan salinitas tinggi pada lapisan termoklin dengan inti salinitas mencapai > 34.75 psu yang teridentifikasi sebagai massa air North Pacific Subtropical Water (NPSW). Massa air NPSW masuk perairan Indonesia melalui jalur barat Arlindo (Wyrтки, 1961).



Gambar 3. Profil distribusi vertikal jalur barat Arlindo (A) Suhu, (B) Salinitas, (C) Densitas. Garis merah merupakan titik stasiun pengamatan (A) Pasifik Barat, (B) Laut Sulawesi, (C) Selat Makassar, (D) Selat Lombok

Lapisan tercampur memiliki karakteristik nilai salinitas lebih rendah dibandingkan lapisan haloklin dan lapisan dalam. Lapisan permukaan jalur barat Arlindo memiliki slope gradien salinitas yang semakin tawar seiring massa air akan keluar melalui Selat Lombok. Massa air dari Laut Jawa berkontribusi terhadap pengenceran oleh air tawar dan fluks bahang. Atmadipoera et al., (2009) menyatakan massa air laut jawa pada lapisan permukaan yang memiliki salinitas rendah mampu mengencerkan salinitas tinggi hingga lapisan termoklin. Massa air dengan salinitas lapisan permukaan yang tinggi terdapat di asal massa air ini bergerak, yaitu samudera pasifik. Massa air yang mengalir melewati perairan Indonesia oleh (Gordon et al.,1994) melalui dua jalur utama, jalur barat dan jalur timur. Terlihat massa air dengan salinitas tinggi pada lapisan termoklin dengan inti salinitas mencapai > 34.75 psu yang teridentifikasi sebagai massa air North Pacific Subtropical Water (NPSW). Massa air NPSW masuk perairan Indonesia melalui jalur barat Arlindo (Wyrтки, 1961).

Distribusi vertikal suhu, salinitas dan densitas berdasarkan 4 titik stasiun pengamatan pada jalur timur dapat diamati pada gambar 4. Lapisan permukaan didominasi oleh lapisan tercampur dengan lapisan terdalam pada perairan samudera pasifik bagian selatan dan suhu semakin mengecil seiring bertambahnya kedalaman. Pada lapisan haloklin terdapat massa air dengan ciri salinitas tinggi yang menyebar dari samudera pasifik bagian selatan. Massa air ini mengalami penurunan nilai salinitas seiring memasuki perairan Indonesia. Massa air Arlindo melintasi Selat Lifamatola kemudian bergerak ke luar menuju bagian timur Samudera India melalui selat sepanjang rangkaian pulau-pulau Sunda dan Pintas Timor. Massa air ini diidentifikasi sebagai massa air South Pacific Subtopical Water (SPSW) yang mengalir dari Samudra Pasifik melalui Halmahera kemudian menuju ke Laut Banda dan keluar melalui Pintas Timor (Atmadipoera et al., 2009).

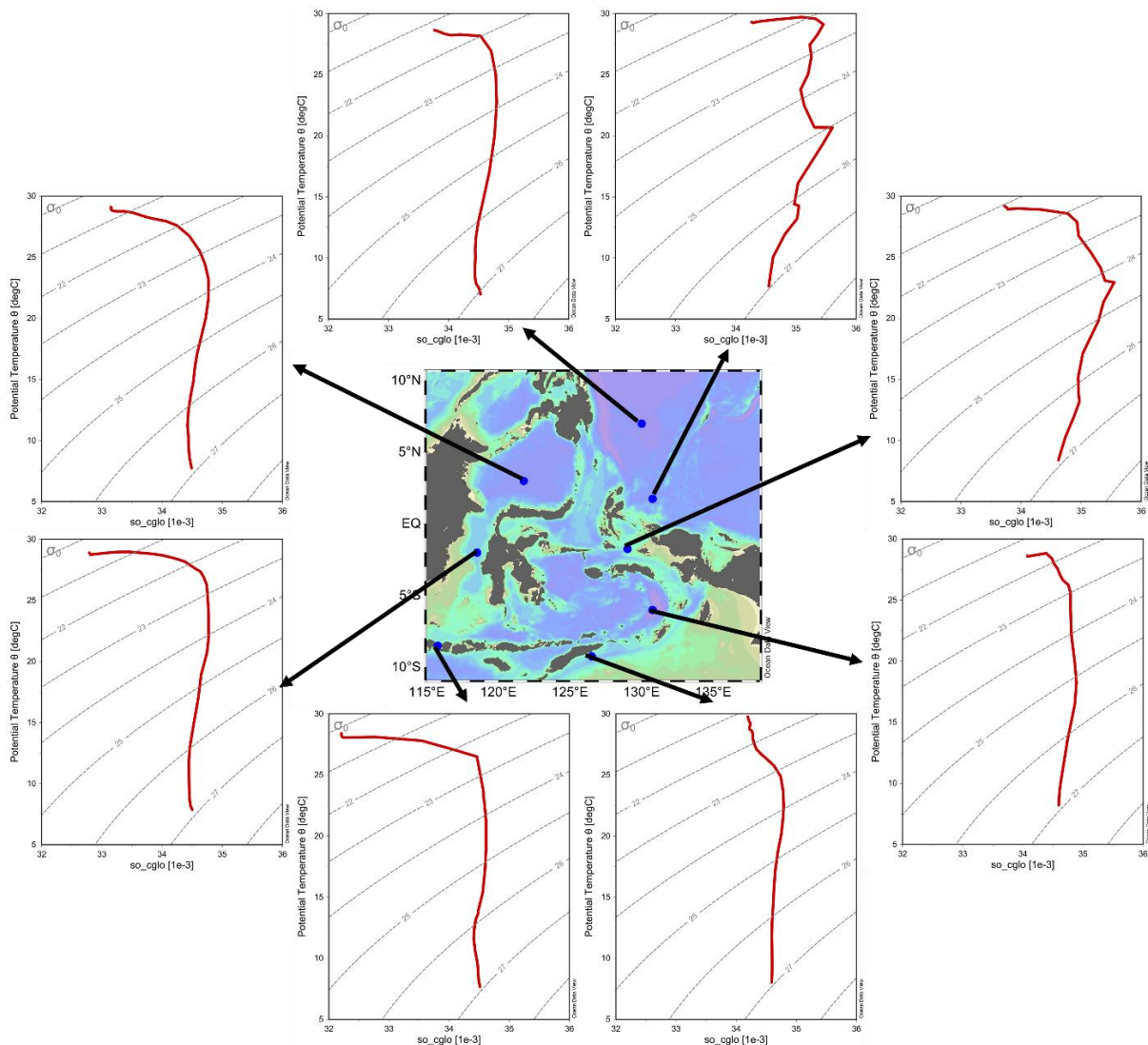


Gambar 4. Profil distribusi vertikal jalur timur Arlindo (A) Suhu, (B) Salinitas, (C) Densitas. Garis merah merupakan titik stasiun pengamatan (E) Pasifik Selatan, (F) Halmahera, (G) Laut Banda, (H) Pintas Timor

Pola distribusi vertikal salinitas sangat terlihat jelas adanya penurunan nilai salinitas. Massa air dengan inti salinitas mencapai > 35.5 psu pusa samudera pasifik, mulai mengalami penurunan nilai ketika mencapai halmahera. Pada Laut banda nilai salinitas semakin menurun hingga sampai di Pintasan Timor berkisar 34.75 psu. Terlihat pula kenaikan garis isohaline yang diidentikan dengan fenomena upwelling yang sering terjadi dilaut banda. Massa air dari samudera pasifik ini mengalami perubahan salinitas yang diakibatkan oleh proses pencampuran vertikal yang sangat kuat di perairan interior Indonesia (Atmadipoera et al., 2009).

3.3. Karakteristik Massa Air

Identifikasi karakteristik massa air menggunakan diagram TS. Diagram TS digunakan pada 8 titik stasiun pengamatan pada jalur barat dan timur arlindo (Gambar 5). Pada jalur barat teridentifikasi massa air NPSW pada lapisan termoklin yang nilai salinitas maksimumnya semakin mengecil dari samudera pasifik sampai selat lombok. Pada selat lombok terlihat adanya massa air dengan nilai salinitas minimum pada lapisan permukaan yang diidentikan dengan massa air laut jawa (Atmadipoera et al., 2009). Jalur timur yang melalui samudera pasifik bagian selatan, halmahera, laut banda dan pintasan timor.



Gambar 5. Diagram T-S pada masing-masing titik stasiun pengamatan. Searah dengan jarum jam: Pasifik bagian selatan, halmahera, laut banda, pintasan timor, selat lombok, selat makassar, laut sulawesi, pasifik bagian barat.

Teridentifikasi massa air SPSW dengan ciri salinitas maksimum pada lapisan termoklin dan kisaran densitas

24-25 Kgm-3. Laut banda sebagai basin yang berada di perairan Indonesia memiliki peran besar sebagai mixing master yang menyebabkan properti fisik massa air

hususnya salinitas dapat tereduksi dalam nilai yang signifikan dan membentuk massa air laut banda (Gordon et al., 2010). Pintasan Timor yang lokasinya dekat dengan samudera hindia menjadi salah satu pintu masuknya massa air dari samudera hindia masuk dikawasan perairan Indonesia. Hal ini mengakibatkan pada wilayah perairan pintasan timor mendapat pengaruh secara langsung oleh samudera hindia. Karakteristik massa air di pintasan timor dipengaruhi oleh properti fisik massa air dari samudera hindia. Massa air yang berasal dari Samudera Hindia bagian selatan ini sampai diwilayah Pintasan Timor terbawa oleh Arus Katulistiwa Selatan (Cahyaningrum, 2009). Pada lapisan ini diduga menjadi tempat percampuran massa air akibat terjadinya ketidakstabilan salinitas.

4. Kesimpulan

Distribusi spasial suhu dan salinitas pada beberapa lapisan kedalaman menunjukkan pengaruh kuat dari sistem sirkulasi Arlindo dan sistem arus regional yang membawa massa air hangat dan saline khususnya di utara papua dan berkaitan dengan kolam air hangat pasifik barat. Distribusi vertikal massa air pada lapisan termoklin jalur barat didominasi oleh massa air NPSW dan pada jalur timur didominasi oleh SPSW. Karakteristik massa air diperairan timur Indonesia cukup beragam. Teridentifikasi beberapa jenis massa air, diantaranya NPSW, SPSW, massa air laut jawa, massa air laut banda, dan jejak massa air samudera hindia pada pintasan timor. Keterbatasan data yang dimiliki membuat beberapa massa air yang diduga berada diperairan masih belum teridentifikasi pada penelitian ini. Penelitian lanjutan terkait tambahan data dan mencakup resolusi temporal, spasial dan vertikal sangat dibutuhkan untuk hasil yang lebih optimal..

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

Atmadipoera A, R Molcard, G Madec, S Wijffels, J Sprintall, A Koch-Larrouy, I Jaya & A Supangat. (2009). Characteristics and variability of the Indonesian Throughflow water at the outflow straits. *Deep-Sea Res. I*, 56(11): 1942–1954.

Barth A, J.-M. Beckers, C. Troupin, A. Alvera-Azcárate, and L. Vandenbulcke. (2014). Divand-1.0: n-dimensional variational data analysis for ocean observations. *Geosci. Model Dev.*, 7, 225–241, 2014.

Brown, E., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., & Wright, J. (2004). *Ocean Circulation*, Ed.2, The Open

University, Milton Keynes. 286 pp

Cahyaningrum, A. (2009). Karakteristik Massa Air Arlindo di Pintasan Timor pada Musim Barat dan Musim Timur. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, Bogor, 97 hlm

De Deckker, P. (2016). The Indo-Pacific Warm Pool: critical to world oceanography and world climate. *Geoscience Letter*, 3(20), 1 – 12.

Emery, W.J. and R.E. Thomson. (1998). *Data Analysis Method in Physical Oceanography*. BPC Weatons, Britain, 634 p

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

Ffield A. (1994). Tidal Mixing in the Indonesia Seas. Paper presented at Internasional Scientific symposium at the IOC-WESTPAC, IOC Bali. Indonesia.

Fine, R. A., Lukas, R., Bingham, F. M., Warner, M. J., & Gammon, R. H. (1994). The western equatorial Pacific: A water mass crossroads. *Journal of Geophysical Research*, 99(C12), 25063. <https://doi.org/10.1029/94JC02277>

Fine, R. A., Lukas, R., Bingham, F. M., Warner, M. J., & Gammon, R. H. (1994). The western equatorial Pacific: A water mass crossroads. *Journal of Geophysical Research*, 99(C12), 25063. <https://doi.org/10.1029/94JC02277>

Gordon AL, Ffield A, Ilahude AG. (1994). Thermocline of the Flores and Banda Seas. *Journal of Geophysical Research* 99:18235-18242.

Gordon, A. L., & Fine, R. A. (1996). Pathways of water between the Pacific and Indian oceans in the Indonesian seas. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/379146a0>.

Gordon, A. L., Sprintall, J., Van Aken, H. M., Susanto, R. D., Wijffels, S., Molcard, R., A. Ffield, Pranowo, W., & Wirasantosa, S. (2010). The Indonesian throughflow during 2004-2006 as observed by the INSTANT program. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 50(2), 115–128. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2009.12.002>

Halkides, D., Lee, T., & Kida, S. (2011). Mechanism controlling the seasonal mixed-layer temperature and salinity of the Indonesian seas. *Ocean Dynamics*, 61, 481 – 495

IOC, SCOR and IAPSO, (2010): *The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties*. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides No. 56, UNESCO (English), 196 pp.

Li, B., Yuan, D., & Zhou, H. (2018). Water masses in the far western equatorial Pacific during winters of 2010

- and 2012, Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 36(5), 1459 – 1474.
- Potemra, J. T., & Qu, T. (2010). Seas of Southeast Asia. Encyclopedia of Ocean Sciences, 305–316. <https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00598-1>.
- Qu, T., Du, Y., Strachan, J., Meyers, G., & Slingo, J. (2005). Temperature and its variability in the Indonesia Region. Oceanography, 18(4), 50–61. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.05>
- Sprintall, 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. Nature Geoscience, 7(7), 487–492. <https://doi.org/10.1038/ngeo2188>.
- Supangat, A., Adi, T.R., Pranowo, W.S., & Ningsih, N.S. (2015). Predicting Movement of the Warm Pool, the Salinity Front, and the Convergence Zone in the Western and Central Part of Equatorial Pacific Using a Coupled HydrodynamicalEcological Model. The Twelfth OMISAR Workshop on Ocean Models. 11pp.
- Umasangaji H. (2006). Variabilitas dan karakteristik arus lintas Indonesia hubungannya dengan fluktuasi lapisan Termoklin di perairan selat makassar. Sekolah Pascasarjana [Tesis]. IPB. Bogor
- Wyrтки, K. (1961). Physical oceanography of the Southeast Asian waters. NAGA report, volume 2, Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961. La Jolla, California: The University of California, Scripps Institution of Oceanography.195pp
- Yuan, D., Li, X., Wang, Z., Li, Y., Wang, J., Yang, Y., & Storch, J.-S. von. (2018). Observed Transport Variations in the Maluku Channel of the Indonesian Seas Associated with Western Boundary Current Changes. Journal of Physical Oceanography, 48(8), 1803–1813. <https://doi.org/10.1175/JPOD-17-0120.1>.