Volume 18, No. 3, 2025

ISSN: 1907-9931 (print), 2476-9991 (online)

KARAKTERISTIK MASSA AIR BERDASARKAN DATA ARGO FLOAT DI LAUT BANDA

CHARACTERISTICS OF WATER MASSES BASED ON ARGO FLOAT DATA IN THE BANDA SEA

Asha A. Zahara*, Mohammad T. Hartanto, Nabil, Agus S. Atmadipoera, I Wayan Nurjaya, Yuli Naulita

Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Darmaga Kampus IPB, Babakan, Kec. Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

*Corresponding author email: asha2801zahara@apps.ipb.ac.id

Submitted: 18 March 2025 / Revised: 20 November 2025 / Accepted: 3 December 2025

http://doi.org/10.21107/jk.v18i3.29534

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik massa air di Laut Banda dengan memanfaatkan data dari Argo Float. Sebagai laut terdalam yang krusial bagi dinamika Arus Lintas Indonesia (ARLINDO), monitoring in-situ hingga kedalaman ribuan meter di wilayah ini menjadi tantangan. Oleh karena itu, Argo Float merupakan instrumen krusial untuk menyediakan data suhu, salinitas, dan densitas secara real-time. Penelitian ini menggunakan 108 profil Argo Float (WMO ID_6901747) terkini untuk memetakan massa air utama Laut Banda secara musiman yang jarang dilakukan di studi-studi sebelumnya. Hasil penelitian mengungkap bahwa massa air di Laut Banda terdiri dari beberapa tipe utama, yaitu North Pacific Subtropical Water (NPSW), South Pacific Subtropical Lower Thermocline Water (SPLTW), North Pacific Intermediate Water (NPIW), dan Antarctic Intermediate Water (AAIW). Variasi suhu, salinitas, dan densitas menunjukkan bahwa pada musim timur (September), nilai yang terukur berada dalam rentang 4,6 – 27,5°C; 34,2 – 34,6 PSU; dan 21,9 – 27,4 kg/m³. Sementara itu, pada musim barat (Maret) pada kedalaman yang sama, kisarannya adalah 4,6 – 29,9°C; 32,6 – 34,6 PSU; dan 20,1 – 27,4 kg/m³. Frekuensi Brunt-Vaisala yang terukur selama musim timur berkisar antara -2,3 hingga 22 siklus per jam, sedangkan pada musim barat berkisar antara -2,6 hingga 32,2 siklus per jam, dengan distribusi yang berbeda antara kedua musim tersebut.

Kata Kunci: *Temperatur, Salinitas, Densitas, Argo Float, Laut Banda*

ABSTRACT

This study aims to examine the characteristics of water masses in the Banda Sea using data obtained from Argo Floats. As the deepest sea basin that plays a crucial role in the dynamics of the Indonesian Throughflow (ITF), conducting in-situ monitoring down to thousands of meters depth in this region presents significant challenges. Therefore, Argo Floats serve as essential instruments for providing real-time temperature, salinity, and density data. This research utilizes 108 recent Argo Float profiles (WMO ID_6901747) to map the seasonal distribution of the major water masses in the Banda Sea, an approach that has been rarely undertaken in previous studies. The results reveal that the water masses consist of several key types, namely North Pacific Subtropical Water (NPSW), South Pacific Subtropical Lower Thermocline Water (SPLTW), North Pacific Intermediate Water (NPIW), and Antarctic Intermediate Water (AAIW). Variations in temperature, salinity, and density indicate that during the east monsoon (September), the measured ranges are 4.6–27.5°C, 34.2–34.6 PSU, and 21.9–27.4 kg/m³, respectively. Meanwhile, during the west monsoon (March) at similar depths, the ranges are 4.6–29.9°C, 32.6–34.6 PSU, and 20.1–27.4 kg/m³. The Brunt–Väisälä frequency measured during the east monsoon ranges from –2.3 to 22 cycles per hour, while during the west monsoon it ranges from –2.6 to 32.2 cycles per hour, exhibiting distinct seasonal distribution patterns.

Keywords: *Temperature, Salinity, Density, Argo Float, Banda Sea*

PENDAHULUAN

Laut Banda merupakan perairan strategis di kawasan timur Indonesia, terletak pada 3°–7° LS dan 123°–131° BT, serta dikelilingi oleh Pulau Sulawesi, Kepulauan Maluku, dan Pulau Papua. Kawasan ini dikenal sebagai salah satu laut terdalam di Indonesia, ditandai dengan keberadaan Palung Banda yang mencapai lebih dari 7.000 meter. Secara geografis, Laut Banda berbatasan dengan Laut Maluku di barat, Laut Arafura di timur, Laut Timor di selatan, dan Laut Flores di barat daya, serta dipagari oleh sejumlah pulau besar seperti Seram, Buru, Ambon, Timor, Kepulauan Kai, dan Aru.

Secara geodinamis, Laut Banda terbentuk akibat mundurnya Selat Banda ke arah tenggara, yang memicu fragmentasi kerak benua Australia dan pembentukan cekungan dalam termasuk Weber Deep (Pownall *et al.,* 2018). Kondisi oseanografis wilayah ini sangat dipengaruhi oleh sistem Arus Lintas Indonesia (Arlindo), yang berperan dalam sirkulasi dan iklim global. Distribusi nutrien menunjukkan gradasi vertikal yang jelas, dengan konsentrasi yang meningkat pada kedalaman lebih besar (M. L. Firdaus, 2018), sejalan dengan tingginya keanekaragaman biota laut dalam, termasuk 44 spesies Echinoderm dari lima kelas (Setyastuti & Wirawati, 2018). Profil suhu, salinitas, dan densitas yang terukur menunjukkan modifikasi massa air Pasifik saat memasuki Laut Banda (Firdaus, 2018).

Dalam kajian oseanografi fisik, massa air didefinisikan sebagai himpunan sifat fisik terutama suhu dan salinitas yang terbentuk di permukaan dan tetap dapat dilacak secara vertikal maupun horizontal ketika berpindah ke wilayah lain. Secara global, massa air diklasifikasikan berdasarkan sumbernya dari Samudra Pasifik, Atlantik, dan Hindia, serta dibagi ke dalam tiga lapisan kedalaman: upper water (0–500 m), intermediate water (500–1500 m), dan deep–abyssal waters (>1500 m) (Emery, 2001).

Massa air penyusun ARLINDO terutama berasal dari Pasifik Utara, mencapai sekitar 90%, mencakup North Pacific Subtropical Water (NPSW) dengan salinitas maksimum pada lapisan termoklin dan North Pacific Intermediate Water (NPIW) dengan salinitas minimum pada lapisan menengah (Koch-Larrouy *et al.,* 2007). Kontribusi Pasifik Selatan mencakup South Pacific Subtropical Lower Thermocline Water (SPSLTW) dan massa air Lower Thermocline Water yang bergerak melalui Laut Halmahera, Laut Maluku, dan Laut Seram sebelum memasuki Laut Banda (Atmadipoera *et al.,* 2009).

Argo Float adalah alat pemantauan yang bergerak mengikuti arus bawah laut dan muncul ke permukaan setiap 10 hari untuk mentransmisikan data ke satelit. Teknologi ini berfungsi sebagai metode pengukuran global dengan mengumpulkan data melalui pengamatan in situ, menggunakan pelampung (*float*) yang terhubung dengan sistem satelit untuk menerima dan mengirimkan informasi. Data yang diperoleh dari observasi kelautan mencakup profil suhu dan salinitas laut secara horizontal dan vertikal dalam waktu dekat (*near real-time*) (Akhbar *et al.,* 2018).

Penelitian sebelumnya juga menunjukkan sejumlah keterbatasan yang membentuk celah penelitian penting. Ismail *et al.* (2023) hanya menggunakan satu Argo float di Laut Banda sehingga cakupan spasialnya sempit dan heterogenitas musiman wilayah tersebut belum terkuantifikasi secara menyeluruh. Bahkan dalam kajian lanjutan, variabilitas musiman dan vertikal barrier layer masih belum sepenuhnya tergambar karena durasi dan jumlah float yang terbatas (Ismail *et al.,* 2024). Selain itu, observasi *deep-connectivity* pada kedalaman menengah dan dalam masih minim karena hanya sedikit float Argo yang mampu menyelam hingga 1.500 meter, sehingga struktur konektivitas dalam studi global Lagrangian belum dipahami dengan baik (Abernathey *et al.,* 2021). Di sisi lain, meskipun pemodelan oseanografi telah menginvestigasi struktur vertikal dan variabilitas ITF di Laut Banda, integrasi data in situ Argo dengan model masih belum optimal, menyebabkan validasi model dan representasi massa air vertikal tetap terbatas (Giu *et al.,* 2020).

Untuk memantau variasi karakteristik massa air secara in-situ hingga kedalaman ribuan meter, khususnya di cekungan dalam seperti Laut Banda, Argo Float merupakan instrumen krusial karena kemampuannya mengumpulkan profil suhu dan salinitas secara near real-time. Studi sebelumnya telah mengidentifikasi keberadaan massa air utama di Laut Banda. Namun, analisis yang secara spesifik memetakan dan menguraikan variasi musiman (Musim Barat dan Timur) dari massa air menggunakan profil Argo Float terkini (periode September 2018–April 2019) dengan kepadatan data stasiun yang tinggi masih terbatas. Pemahaman mendalam tentang variabilitas musiman ini sangat penting karena dinamika monsun sangat memengaruhi sifat air di lapisan permukaan dan termoklin atas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi

dan menganalisis secara rinci karakteristik serta variabilitas musiman massa air di Laut Banda berdasarkan data Argo Float.

MATERI DAN METODE

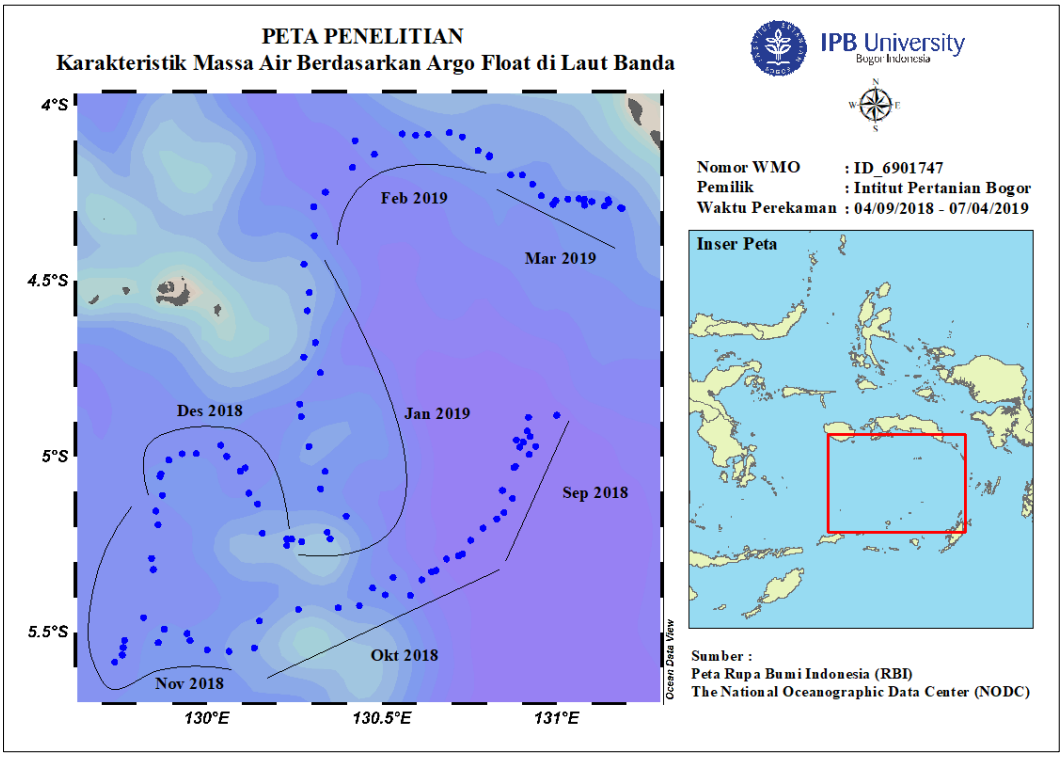
Studi ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis data sekunder. Data yang dianalisis meliputi parameter temperatur, salinitas, dan densitas yang diperoleh dari situs Argo Float (https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/) di Laut Banda. Analisis difokuskan pada data dari Argo Float WMO ID_6901747, yang mencakup 108 stasiun pengamatan dari 4 September 2018 hingga 7 April 2019. Lokasi pengamatan berada pada koordinat 4° 17' 27,6" LS – 131° 10' 55,2" BT.

Setiap profil Argo Float yang digunakan adalah data terproses dengan level *Quality Control* (QC) '*adjusted*' untuk memastikan akurasi data. Berdasarkan sistem Argo Float, nilai QC = 1 menunjukkan bahwa data adalah 'Good Data' (data yang baik) dan valid untuk analisis. Profil data ini direkam hingga kedalaman maksimum rata-rata 1000 meter. Densitas potensial (σ_θ) dihitung menggunakan *Equation of State* (EOS)-80 dari data suhu dan salinitas dengan tekanan referensi 0 dbar, sebagaimana standar dalam perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV). Secara matematis, didefinisikan sebagai:

$$\sigma_\theta = \rho(S,T,0) - 1000\ kg/m^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

di mana ρ(S, T, 0) adalah densitas potensial air laut yang dihitung pada tekanan nol (permukaan) berdasarkan nilai Salinitas (S) dan Potensial Suhu (T).

Metodologi analisis meli puti pengkajian karakteristik dan variabilitas massa air laut. Karakteristik massa air dianalisis menggunakan *Ocean Data View* (ODV) untuk menghasilkan Diagram *Temperature-Salinity* (T-S) di setiap stasiun. Untuk analisis variabilitas musiman, data dibagi berdasarkan Musim Barat dan Timur, yang didasarkan pada rezim angin monsun yang dominan musim Timur yang idefinisikan berdasarkan data September-Oktober 2018 (angin Muson Tenggara). Kemudian Musim Barat yang didefinisikan berdasarkan data Maret-April 2019 (angin Muson Barat Laut). Seluruh profil yang jatuh dalam periode musim tersebut dirata-ratakan secara vertikal untuk menghasilkan profil rata-rata musiman. Analisis variabilitas disajikan pada tiga kedalaman yang mewakili lapisan laut: lapisan tercampur (50 meter), lapisan termoklin (250 meter), dan lapisan dalam (500 meter).

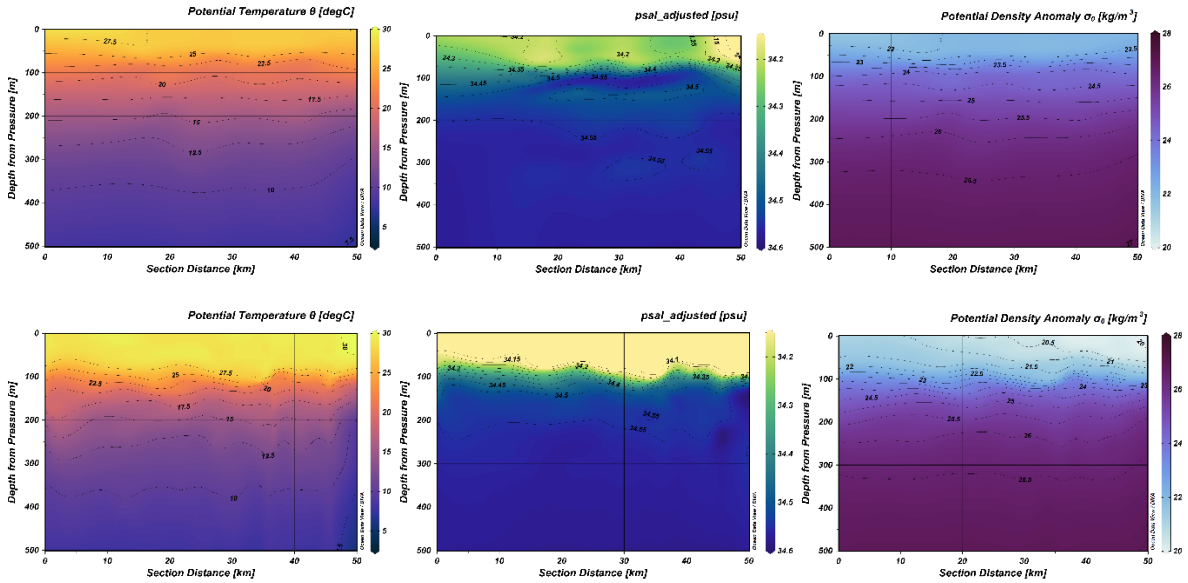


Gambar 1. Stasiun Penelitian di Perairan Laut Banda

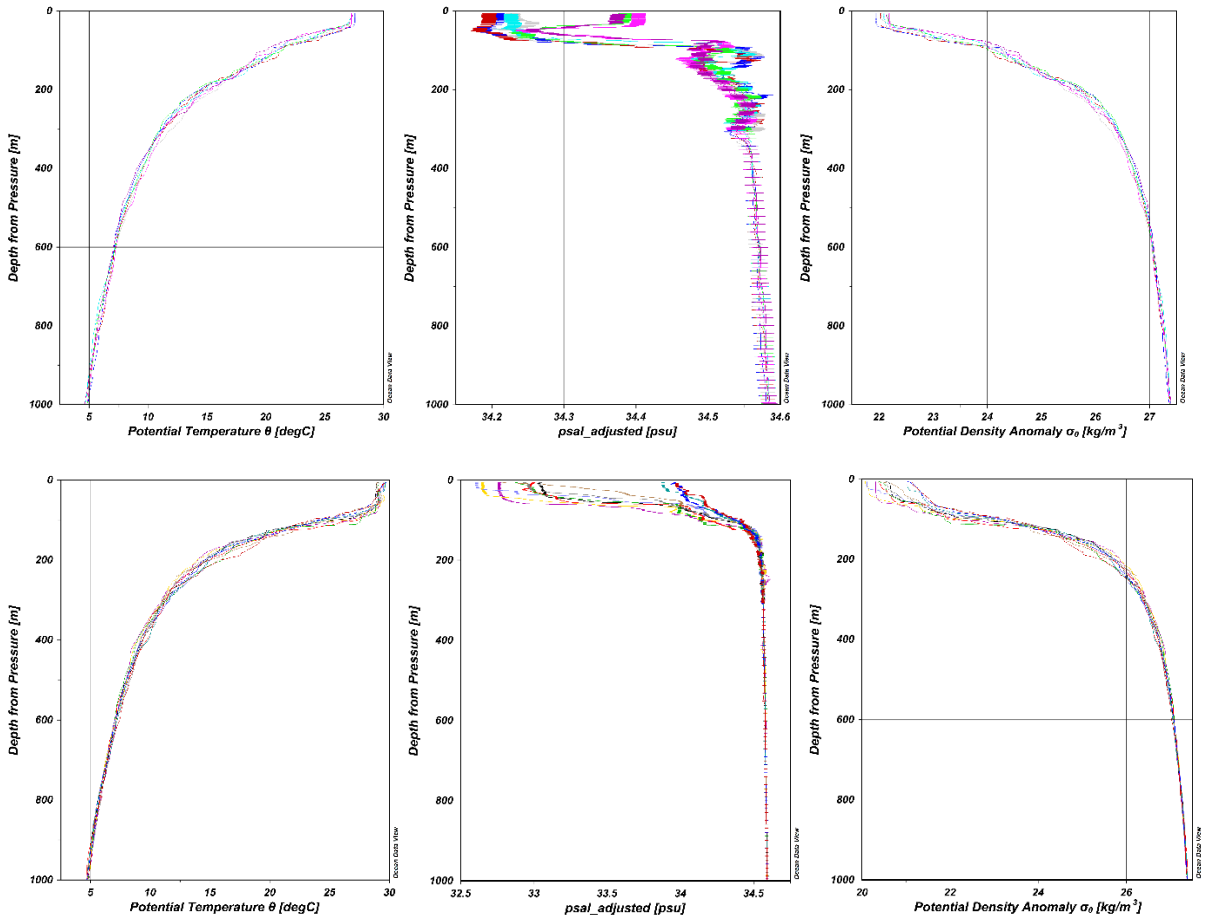
HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu, Salinitas dan Densitas

Berdasarkan analisis data Argo Float, dapat dilihat profil suhu, salinitas, dan densitas di Laut Banda (**Gambar 2** dan **3**) dapat dibagi menjadi tiga lapisan vertikal, yaitu lapisan campuran (*Mixed Layer Depth*), lapisan termoklin (*Thermocline Layer*), dan lapisan dalam (*Deep Layer*).



Gambar 2. Sebaran Melintang Suhu, Salinitas dan Densitas di Laut Banda pada (atas) Musim Timur (Sep-Okt 2018) dan (bawah) Musim Barat (Mar-Apr 2019)



Gambar 3. Sebaran Menegak Suhu, Salinitas dan Densitas di Laut Banda pada (atas) Musim Timur (Sep-Okt 2018) dan (bawah) Musim Barat (Mar-Apr 2019)

Tabel 1. Sifat Air Laut di Laut Banda Berdasarkan Musim

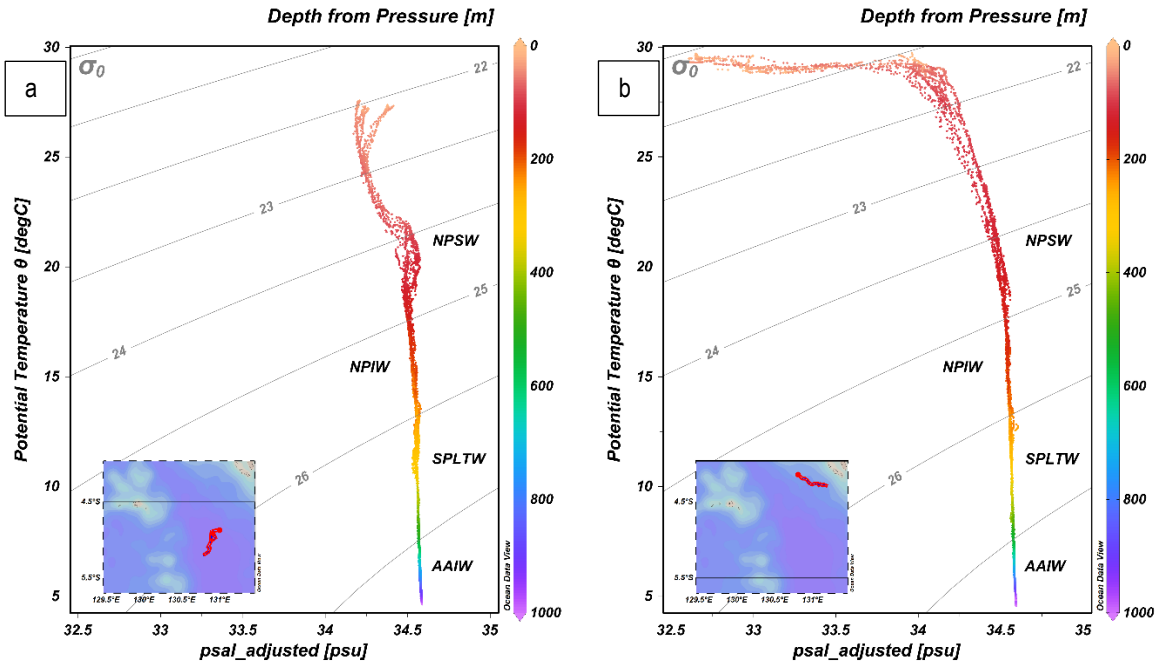
Musim	Suhu (°C)			Salinitas (PSU)			Densitas (kg/m³)			Kedalaman (m)	
	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
Timur	4.6	27.5	18.8	34.2	34.6	34.5	21.9	27.4	24.5	5.8	1033.4
Barat	4.6	29.9	20.7	32.6	34.6	34.2	20.1	27.4	23.8	5.9	1015.6

Dari pengolahan data, diketahui bahwa distribusi suhu pada musim Timur (September) hingga kedalaman 500 meter berkisar antara 4.6 – 27.5°C, sedangkan pada musim Barat (Maret) pada kedalaman yang sama berkisar antara 4.6 – 29.9°C. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu semakin menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman (Pranowo *et al.,* 2003). Peningkatan suhu permukaan yang lebih tinggi pada Musim Barat (29.9°C dengan 27.5°C pada Musim Timur) disebabkan oleh pengaruh angin Muson Barat Laut yang membawa massa air permukaan yang lebih hangat dari utara.

Distribusi salinitas pada musim Timur hingga kedalaman 500 meter berkisar antara 34.2 – 34.6 PSU, yang lebih rendah akibat curah hujan yang tinggi dan runoff darat yang dominan. Sementara pada musim Barat, pada kedalaman yang sama, berkisar antara 34.2 – 34.6 PSU. Konsentrasi salinitas cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kedalaman (Pranowo *et al.,* 2003). Distribusi densitas potensial anomali (σ_θ) pada musim Timur hingga kedalaman 500 meter berkisar antara 21.9 – 27.4 kg/m³, sedangkan pada musim Barat berkisar antara 20.1 – 27.4 kg/m³. Penggunaan σ_θ (anomali densitas) untuk analisis ini konsisten dengan studi kelautan dalam hingga 1000 meter. Massa air yang dekat dengan permukaan memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan massa air di bawahnya, hal ini disebabkan oleh kondisi iklim tropis yang menyediakan energi cahaya matahari sepanjang tahun (Pranowo *et al.,* 2003).

Diagram T-S (*Temperature-Salinity*)

Analisis struktur massa air di suatu perairan, termasuk Laut Banda, dapat dilakukan melalui pendekatan analisis lapisan inti (*core layer*), analisis isopiknal, dan diagram suhu-salinitas (T-S). Analisis diagram T-S sangat penting untuk mengidentifikasi *finger print* massa air Laut Banda, yang merupakan jalur utama Arus Lintas Indonesia (ARLINDO), di mana perairan ini menjadi zona transformasi utama bagi air Samudra Pasifik.



Gambar 4. Diagram T-S (Temperature-Salinity) di Laut Banda pada (a) Musim Timur (Sep-Okt 2018) dan (b) Musim Barat (Mar-Apr 2019)

Diagram T-S (**Gambar 4**) menampilkan variasi salinitas antara musim timur dan musim barat pada lapisan tercampur. Pada Musim Barat, garis isopiknal lebih mendatar di lapisan permukaan, menunjukkan lapisan yang lebih homogen akibat suhu yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada Musim Timur, garis isopiknal lebih curam, mencerminkan perbedaan

densitas yang lebih besar antara lapisan permukaan yang lebih dingin dan lapisan yang lebih dalam. Secara umum, variasi musiman salinitas mencolok pada lapisan tercampur (diatas isopiknal 23.5 kg/m^3), sementara salinitas cenderung homogen pada lapisan termoklin (isopiknal 24-26 kg/m^3).

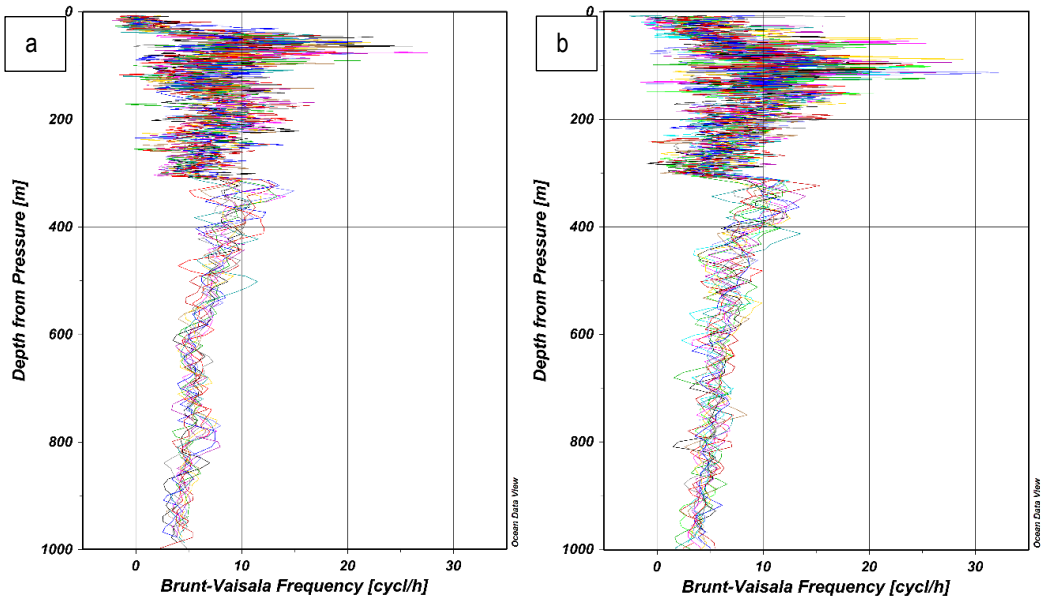
Lapisan tercampur di Laut Banda dimana densitas anomali (σθ) berkisar 21 – 23 kg/m3 dicirikan oleh salinitas rendah, kurang dari 34,4 PSU. Kemudian lapisan termoklin atas densitas anomali berkisar antara 23 – 24 kg/m3 dicirikan oleh salinitas 34,3 – 35,5 PSU. Selain itu lapisan inti termoklin memiliki densitas anomali berkisar 24 – 25 kg/m3 dicirikan oleh salinitas sedang hingga tinggi 34,4 – 34,6 PSU. Dan terakhir lapisan menengah dan lebih dalam dimana densitas anomali lebih dari 25 kg/m3 dicirikan oleh salinitas lebih tinggi dari 34,5 PSU (Purwandana *et al.,* 2023).

Pengolahan data di Laut Banda menghasilkan diagram T-S yang menunjukkan adanya variasi signifikan di atas isopiknal 22 kg/m³. Pada musim timur, massa air hanya terdistribusi di bawah garis isopiknal tersebut, sedangkan pada musim barat, penyebarannya meluas hingga di atas isopiknal 22 kg/m³. Salinitas di lapisan termoklin (isopiknal 24–26 kg/m³) dan lapisan dalam (di bawah isopiknal 26,5 kg/m³) cenderung homogen. Hasil ini sejalan dengan temuan Atmadipoera *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa salinitas di lapisan termoklin (isopiknal 24–25,5 kg/m³) dan lapisan dalam (di bawah 26 kg/m³) relatif seragam, sementara fluktuasi musiman salinitas cukup mencolok pada lapisan tercampur (di atas isopiknal 23,5 kg/m³). Pada lapisan permukaan, salinitas berkisar antara 34–34,5 PSU pada musim timur dan 32,5–34,5 PSU pada musim barat. Suhu di kedalaman 0–150 meter berada dalam rentang 20–30°C. Massa air di lapisan permukaan bergerak dari tenggara menuju Laut Banda, terutama dipengaruhi oleh aktivitas angin muson tenggara (Atmadipoera *et al.,* 2019).

Identifikasi massa air berdasarkan nilai salinitas maksimum (Smax) dan minimum (Smin) menunjukkan keberadaan empat massa air utama yang konsisten dengan literatur. Massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) muncul sebagai Smax pada isopiknal 24–25 kg/m³ dengan salinitas 34.5–34.8 PSU, sesuai dengan kisaran yang dilaporkan oleh Rahma *et al.* (2020). Temuan ini juga sejalan dengan Awayal *et al.* (2023), yang mencatat Smax hingga 34.79 PSU pada kedalaman 106–187 meter (isopiknal 23.99–25.45 kg/m³). Massa air *South Pacific Subtropical Lower Thermocline Water* (SPLTW) berada di bawah lapisan termoklin dengan salinitas maksimum 34.6 PSU, berada pada kedalaman 250–300 meter dan isopiknal 25.8–26.3 kg/m³. SPLTW masuk melalui Laut Halmahera dan bergerak menuju Laut Banda sebelum bertemu dengan modifikasi massa air dari Pasifik Utara (Atmadipoera *et al.,* 2009). Massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) ditandai oleh Smin (±34.4 PSU) pada isopiknal 26–26.5 kg/m³ pada kedalaman 200–250 meter, yang mengalir melalui Selat Makassar dan menuju Laut Flores selama Musim Timur (Rahma *et al.,* 2020). Pada kedalaman lebih dalam (800–1000 meter), ditemukan massa air *Antarctic Intermediate Water* (AAIW) dengan suhu 4.6–10°C, salinitas 34.2–34.6 PSU, dan isopiknal >27 kg/m³. Karakteristik ini sesuai dengan kisaran yang dilaporkan oleh Emery (2001) dan Firdaus (2018). Fluktuasi salinitas kecil pada lapisan dalam diperkirakan dipengaruhi oleh gelombang internal, mengingat pergerakan massa air pada kedalaman ini relatif minimal (Firdaus, 2018).

Brunt-Vaisala Frequency

Frekuensi Brunt–Väisälä (N²) digunakan untuk menggambarkan tingkat stratifikasi dan stabilitas kolom air di Laut Banda. Nilai N² yang tinggi menunjukkan kondisi stabil dengan stratifikasi kuat, sedangkan nilai negatif menandakan ketidakstabilan yang memungkinkan terjadinya pencampuran vertikal (Firdaus *et al.,* 2016). Pola distribusi N² pada Musim Timur dan Musim Barat (**Gambar 5**) memperlihatkan perbedaan yang signifikan, yang mencerminkan pengaruh langsung dinamika monsun terhadap struktur kolom air. Pada Musim Timur, nilai N² berkisar antara –2.3 hingga 22 siklus per jam dengan nilai maksimum berada pada kedalaman sekitar 50–200 meter. Lapisan ini bertepatan dengan keberadaan piknoklin musiman, di mana gradien densitas meningkat tajam. Garis kontur yang lebih vertikal menunjukkan bahwa kolom air berada dalam kondisi lebih stabil. Stabilitas yang tinggi pada Musim Timur dapat diinterpretasikan sebagai dampak angin muson tenggara yang kuat, yang meningkatkan proses disipasi energi dan memperkuat pembentukan termoklin. Kombinasi angin kencang dan pendinginan permukaan menyebabkan gradien densitas yang tajam sehingga nilai N² meningkat pada lapisan termoklin (Atmadipoera *et al.,* 2019).



Gambar 5. Brunt-Vaisala Frequency di Laut Banda pada (a) Musim Timur (Sep-Okt 2018) dan (b) Musim Barat (Mar-Apr 2019)

Sebaliknya, pada Musim Barat, nilai N^2 berkisar antara –2.6 hingga 32.2 siklus per jam, dengan pola kontur yang lebih mendatar di lapisan permukaan. Hal ini menunjukkan berkurangnya stabilitas kolom air akibat pemanasan permukaan dan masuknya massa air bersalinitas rendah. Curah hujan yang tinggi pada Musim Barat menghasilkan penurunan salinitas di lapisan atas, sehingga densitas permukaan menurun dan stratifikasi melemah. Kondisi ini menyebabkan nilai N^2 lebih rendah, bahkan negatif pada beberapa kedalaman, menunjukkan adanya ketidakstabilan yang meningkatkan potensi pencampuran vertikal. Pola tersebut konsisten dengan karakteristik monsun barat laut yang membawa massa air permukaan hangat dan memperlemah stratifikasi (Atmadipoera *et al.,* 2019).

Nilai N^2 negatif yang muncul baik pada lapisan tercampur maupun lapisan dalam mengindikasikan keberadaan ketidakstabilan lokal yang memungkinkan terjadinya turbulensi vertikal (Firdaus *et al.,* 2016). Sementara itu, pada lapisan termoklin nilai N^2 tetap mencapai maksimum sebagai respon terhadap peningkatan densitas yang tajam dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini sejalan dengan temuan Rahma *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa lapisan termoklin merupakan zona dengan stratifikasi terkuat di sepanjang jalur timur ARLINDO. Secara keseluruhan, dinamika Musim Barat dan Musim Timur memberikan pengaruh kontras terhadap stabilitas kolom air. Musim Barat cenderung menghasilkan stratifikasi yang lemah karena hujan tinggi dan salinitas permukaan rendah, sedangkan Musim Timur memperkuat termoklin akibat angin kencang dan pendinginan permukaan. Perbedaan ini tercermin langsung pada variasi nilai Brunt–Väisälä, yang menunjukkan bahwa struktur vertikal Laut Banda sangat responsif terhadap perubahan musim.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengidentifikasi empat massa air utama di Laut Banda, yaitu NPSW pada lapisan termoklin atas, SPLTW pada termoklin bawah, NPIW pada lapisan intermediate, dan AAIW pada kedalaman 800–1000 m. Struktur ini menunjukkan distribusi massa air Pasifik Utara dan Selatan yang konsisten pada setiap lapisan. Variasi musiman terutama memengaruhi lapisan permukaan hingga termoklin atas. Musim Barat ditandai penurunan salinitas dan lemahnya stratifikasi sehingga nilai N^2 lebih rendah, sedangkan Musim Timur menunjukkan termoklin lebih tajam dan nilai N^2 lebih tinggi. Perbedaan ini mencerminkan pengaruh kuat monsun terhadap stabilitas kolom air. Hasil ini relevan bagi dinamika ARLINDO, karena perubahan sifat lapisan atas berpotensi memengaruhi proses transformasi massa air dan jalur keluaran ITF dari Laut Banda. Untuk memperkuat pemahaman jangka panjang, diperlukan studi lanjutan menggunakan data Argo multi-tahun (5–10 tahun) serta integrasi dengan model numerik dan pengamatan tambahan agar variabilitas interannual dan mekanisme transformasi massa air dapat dipahami lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Abernathey, R., Bladwell, C., Froyland, G., & Sakellariou, K. (2021). Deep Lagrangian connectivity in the global ocean inferred from Argo floats. arXiv: 2108.00683. https://doi.org/10.1175/JPO-D-21-0156.1

Akhbar, A. I., Veva Jaya, Y., & Febrianto, T. (2018). Kajian Suhu Permukaan Laut Berdasarkan Data Citra Satelit NOAA-AVHRR dan Data Argo Float di Perairan Selatan Jawa. Dinamika Maritim, 7(1), 27. http://ojs.umrah.ac.id/index.php/dinamikamaritim

Atmadipoera, A., Molcard, R., Madec, G., Wijffels, S., Sprintall, J., Koch-Larrouy, A., Jaya, I., & Supangat, A. (2009). Characteristics and variability of the Indonesian throughflow water at the outflow straits. Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 56(11), 1942–1954. https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.06.004

Atmadipoera, A. S., Prartono, T., Jaya, I., Nugroho, D., Harsono, G., Nanlohy, P., & Koch-Larrouy, A. (2019). Seasonal variation of the upper-layer seawater properties in the Banda Sea: Observed from an autonomous CTD Argo float. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 278(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/278/1/012008

Awayal, D. D., Tubalawony, S., & Noya, Y. (2023). Stratifikasi Dan Struktur Massa Air Laut Banda Saat Musim Timur. Journal of Fisheries and Marine Research, 7(1), 30–42. http://jfmr.ub.ac.id

Emery, W. J. (2001). Water Types And Water Masses. IEncyclopedia of Ocean Sciences (pp. 3179–3187). Elsevier. https://doi.org/10.1006/rwos.2001.0108

Firdaus, M. L. (2018). Physical properties and nutrients distribution of seawater in the Banda Sea - Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 184(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/184/1/012011

Firdaus, R., Setiyono, H., & Harsono, G. (2016). Karakteristik Massa Air Lapisan Tercampur dan Lapisan Termoklin di Selat Lombok pada Bulan November 2015. Jurnal Oseanografi, 5(4), 425–434.

Giu, L. O. M. G., Atmadipoera, A. S., Naulita, Y., & Nugroho, D. (2020). Vertical Sructure and Variability of Indonesian Throughflow (ITF) into Western Banda Sea. J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 12(2): 455-469. http://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.

Gordon, A. L., & Fine, R. A. (1996). Pathways of Water between the Pacific and Indian Oceans in the Indonesian Seas. Nature, 379, 146–149.

Ilahude, A. G., & Gordon, A. L. (1996). Thermocline stratification within the Indonesian Seas. Journal of Geophysical Research: Oceans, 101(C5), 12401–12409. https://doi.org/10.1029/95JC03798

Ismail, M. F. A., Karstensen, J., Ribbe, J., Arifin, T., Chandra, H., Akhwady, R., Yulihastin, E., Basit, A., & Budiman, A. S. (2023). Seasonal mixed layer temperature and salt balances in the Banda Sea observed by an Argo float. Geoscience Letters, 10:10. https://doi.org/10.1186/s40562-023-00266-x

Ismail, M. F. A., Karstensen, J., Sulaiman, A., Priyono, B., Budiman, A., Basit, A., Purwandana, A., & Arifin, T. (2024). Observations of barrier layer seasonal variation in the Banda Sea. Journal of Geophysical Research: Oceans, 129. https://doi.org/10.1029/2023JC020829

Koch-Larrouy, A., Madec, G., Bouruet-Aubertot, P., Gerkema, T., Bessières, L., & Molcard, R. (2007). On the transformation of Pacific Water into Indonesian Throughflow Water by internal tidal mixing. Geophysical Research Letters, 34(4). https://doi.org/10.1029/2006GL028405

Pownall, J. M., Hall, R., Lister, G. S., & Trihatmojo, A. (2018). Geological aspects of Banda Sea ecosystems and how they shape the oceanographical profile. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 184(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/184/1/012005

Pranowo, W. S., Hendrajana, B., Burhanuddin, S., & Supangat, A. (2003). AKUISISI DATA TEMPERATUR DAN SALINITAS DI SAMUDERA HINDIA DENGAN MENGGUNAKAN ARGO FLOATS. Oseanografi Untuk Pembangunan Sumberdaya Laut Berkelanjutan, 1–9.

Purwandana, A., Ismail, M. F. A., Nugroho, D., Atmadipoera, A. S., & Kampono, I. (2023). Hydrography and turbulent mixing in the Banda Sea inferred from Argo profiles. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,

1251(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1251/1/012007

Rahma, A., Atmadipoera, A. S., & Naulita, Y. (2020). Water mass along eastern pathway of Indonesia Throughflow from a CTD Argo Float. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 429(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/429/1/012003

Setyastuti, A., & Wirawati, I. (2018). The Banda Sea: A hotspot of deep-sea echinoderms diversity in Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 184(1): https://doi.org/10.1088/1755-1315/184/1/012003