

Karakteristik Fisik Perairan Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar pada Musim Transisi II

Characteristics of water column of southern waters of Tanimbar Islands Regency during second transitional season

Marlin C. Wattimena^{a*}, Eva S. Ratuluhain^a, Simon Tubalawony^a

^aJurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

Article Info:

Received: 18 Maret 2023
in revised form: 27 Maret 2023
Accepted: 25 April 2023
Available Online: 31 Mei 2023

Keywords:

Second Transitional Monsoon,
Tanimbar Islands Regency
T-S Diagram

Corresponding Author:

Marlin C. Wattimena
Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas
Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Pattimura Ambon,
Indonesia

*Email:
marlinchrisyewattimena@gmail.com

DOI:
<https://doi.org/10.30598/jlpvol2iss1pp20-28>

Abstrak: Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji karakteristik, stratifikasi dan kestabilan massa air perairan Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar. Data yang digunakan adalah data yang diarsipkan pada November 1995 (Musim Transisi II) oleh World Ocean Database 2018. Data suhu dan salinitas diukur dengan menggunakan CTD pada enam stasiun pengamatan, kemudian diolah dengan perangkat lunak Ocean Data View. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kisaran suhu lapisan permukaan adalah 29 – 30 °C, dengan ketebalan lapisan tercampur hingga mencapai kedalaman 44 m. Suhu pada lapisan termoklin berkisar antara 12 – 28°C dengan kedalaman maksimum mencapai 306 m. Suhu di lapisan dalam mencapai < 7 °C pada kedalaman > 500 m. Stratifikasi salinitas terlihat jelas di lapisan permukaan dan lapisan haloklin. Pada lapisan haloklin ditemukan adanya gumpalan salinitas tinggi di kedalaman antara 66 – 94 m yang berada di bagian selatan antara Kepulauan Barbar dan Kepulauan Tanimbar. Ketidakstabilan massa air ditemukan di lapisan tercampur.

Abstract: *This study investigated the characteristics of stratification and vertical stability of southern waters of Tanimbar Islands Regency. CTD Data from World Ocean Database 2018 especially November 1995 to represent second transitional season were utilized in this study. The CTD data were processed using Ocean Data View. This study showed that vertically the temperature of the surface layer ranged between 29 to 30°C and the thickness of surface mixed layer was found to be 44 m. The thermocline layer has temperature ranging between 12 to 28°C and a maximum depth of 306 m. Below thermocline layer temperature reduced to reach less than 7°C (depth > 500 m). On the halocline layer, a high saline water was found between 66 - 94 m depth and was located on the southern part between Barbar Islands and Tanimbar Islands. Water mass was found to be unstable in the mixing layer.*

PENDAHULUAN

Perairan Kabupaten Kepulauan Tanimbar menurut toponimi laut untuk wilayah Indonesia dan sekitarnya berdasarkan *International Hydrographic Organization (IHO) Map Sheet 3.3* tergolong dalam Laut Arafura dan Laut Timor. Kondisi hidrodinamika Laut Arafura dan Laut Timor sangat dipengaruhi oleh pasang surut, pola angin, dan laju transpor massa air dari perairan di sekitarnya. Profil batimetri yang kompleks juga sangat memengaruhi pola arus. Laut Banda sebagai laut yang berdekatan dengan Laut Arafura dan Laut Timor, memainkan peran penting dalam mempengaruhi sirkulasi Laut Arafura dan Laut Timor. Selain itu, Laut Banda dikenal sebagai jalur Arus Lintas Indonesia (Arlindo) (Gordon et al., 2010;

Zhu et al., 2019). Studi sebelumnya oleh Liang et al. (2019), mengemukakan bahwa hingga 80% Arlindo melewati Laut Banda. Diperkirakan juga bahwa rata-rata transpor Arlindo adalah sekitar 15 Sv (Sprintall et al., 2009; Liang et al., 2019).

Penelitian terkait karakteristik oseanografi fisik massa air perairan Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar pada bulan Mei 2010 (Musim Transisi I) oleh Ramdhan & Tubalawony (2010), mengemukakan bahwa adanya pola sebaran suhu, salinitas dan densitas yang berbeda antara bagian barat perairan dan bagian timur perairan. Massa air pada kedalaman < 50 m yang berada pada bagian barat perairan memiliki suhu, salinitas dan densitas yang lebih rendah. Sedangkan pada kedalaman 100 m, ditemukan massa air dengan suhu yang rendah serta salinitas dan densitas yang tinggi. Karakteristik massa air di bagian barat perairan mencirikan terjadinya pengangkatan massa air dalam yang kemungkinan disebabkan oleh defleksi. Lapisan termoklin rata-rata dijumpai pada kedalaman 70 m. Selanjutnya hasil penelitian Tubalawony et al. (2019), terkait pola sebaran vertikal dan melintang suhu, salinitas, dan stratifikasi massa air pada mulai Mei (Musim transisi I) di perairan selatan Maluku Barat Daya dan Sekitarnya, juga mengungkapkan bahwa batas atas lapisan termoklin perairan berada pada kedalaman 44-60 m dan batas bawah lapisan termoklin pada kedalaman 325-409 m dengan ketebalan lapisan termoklin berkisar antara 267-352 m.

Perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar merupakan bagian dari Perairan Indonesia Timur dan merupakan bagian daerah lintasan Arlindo (Ilahude dan Gordon, 1996; Molcard et al., 1996; Fieux et al., 1996, Safitri et al., 2012). Dinamika lapisan permukaan perairan sangat dipengaruhi oleh tiupan angin muson (Qu et al., 2005; Gordon, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik, stratifikasi dan kestabilan massa air perairan Kabupaten Kepulauan Tanimbar pada bulan November (Musim Transisi II).

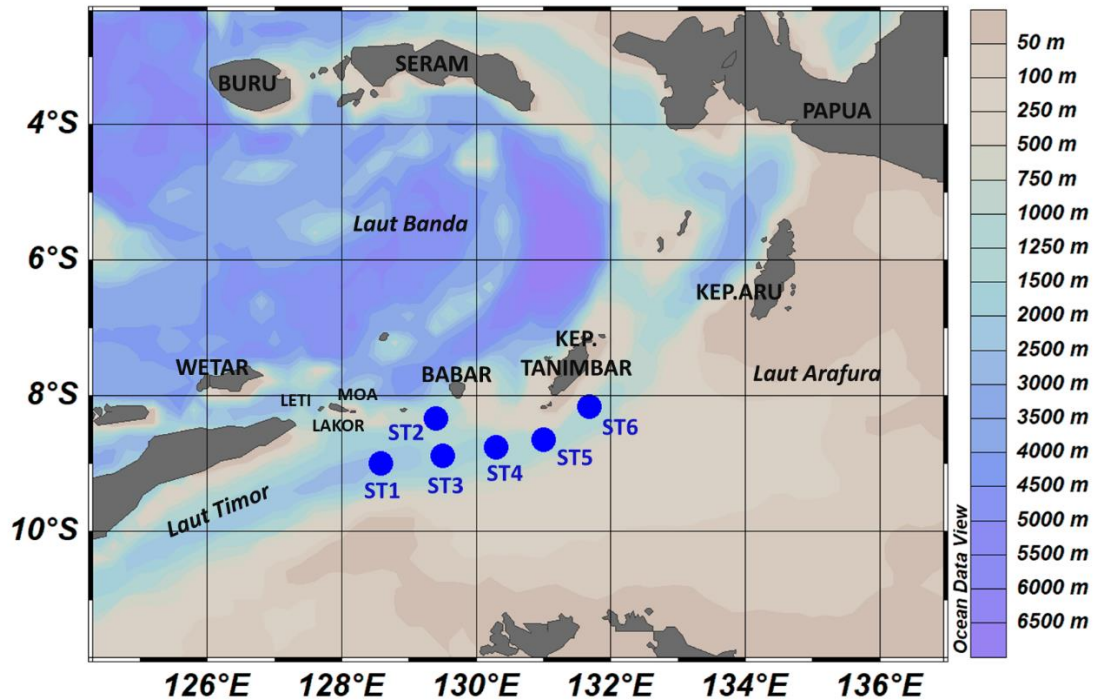
METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini menggunakan data in-situ yang dikumpulkan dari *World Ocean Database* versi 18 (WOD18), dan merupakan produk dari *National Centers for Environmental Information* (NCEI) dan *International Oceanographic Data and Information Exchange* (IODE). WOD18 telah mengarsipkan data profil laut dari seluruh dunia dari tahun 1800 hingga 2018. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *data high resolution* yang diambil dengan menggunakan instrumen *Conductivity-Temperature-Depth (CTD)*, yang terdiri dari enam titik stasiun yang tersebar di perairan Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar. Waktu pengambilan data yaitu 24 – 25 November 1995. Lokasi stasiun disajikan pada Gambar 1 dan dilambangkan dengan titik biru. Detail informasi stasiun pengukuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Detail informasi stasiun pengukuran CTD

Stasiun	Posisi		Kedalaman (max)
	Lintang	Bujur	
1	8.999° LS	128.579° BT	2437
2	8.331° LS	129.406° BT	1051
3	8.886° LS	129.5° BT	2051
4	8.755° LS	130.291° BT	1359
5	8.649° LS	131° BT	1061
6	8.16° LS	131.678° BT	1292



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian. Bulatan biru menunjukkan titik stasiun pengambilan data.

Metode Analisis Data

Karakteristik massa air dianalisis berdasarkan pola sebaran vertikal dan melintang dari data suhu, salinitas dan densitas. Analisis data difokuskan pada kedalaman hingga 500 m. Identifikasi massa air dianalisis berdasarkan diagram suhu-salinitas (T-S diagram). Selain itu, kestabilan massa air yang menggambarkan adanya stratifikasi dianalisis menggunakan grafik frekuensi Brunt Vaisala. Frekuensi ini menggambarkan kestabilan kolom air yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi (g) serta menggambarkan osilasi fluida secara vertikal. Frekuensi Brunt-Vaisala dihitung menggunakan persamaan:

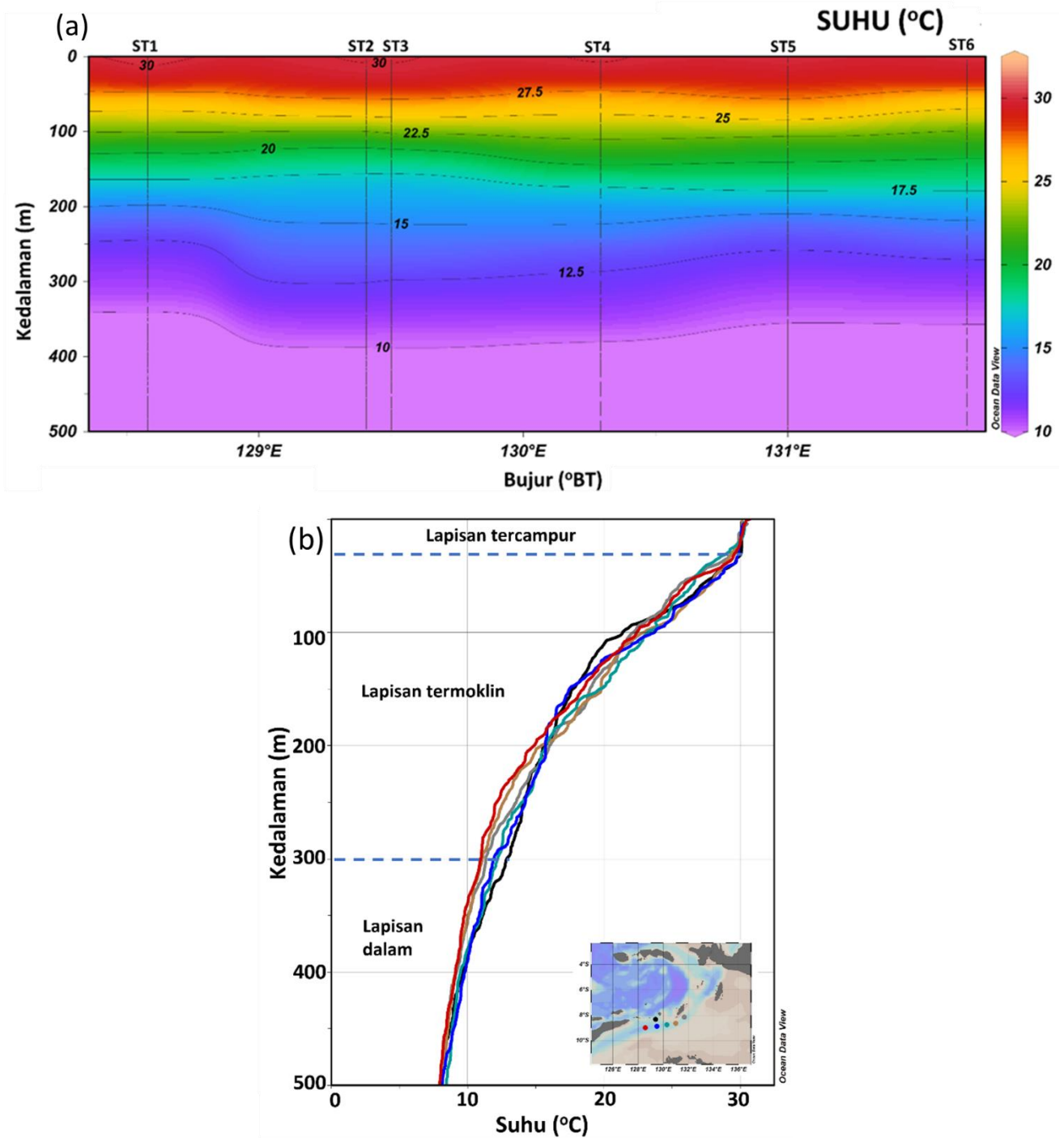
$$N^2 = -\frac{g}{\rho_0} \frac{d\rho}{dz}$$

dimana, ρ_0 merupakan rata-rata densitas kolom air, $d\rho/dz$ merupakan perubahan densitas terhadap kedalaman dan g merupakan percepatan gravitasi. Visualisasi grafik vertikal, sebaran melintang, diagram T-S dan grafik Brunt-Vaisala menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) 2022 versi 5.6.2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Massa Air

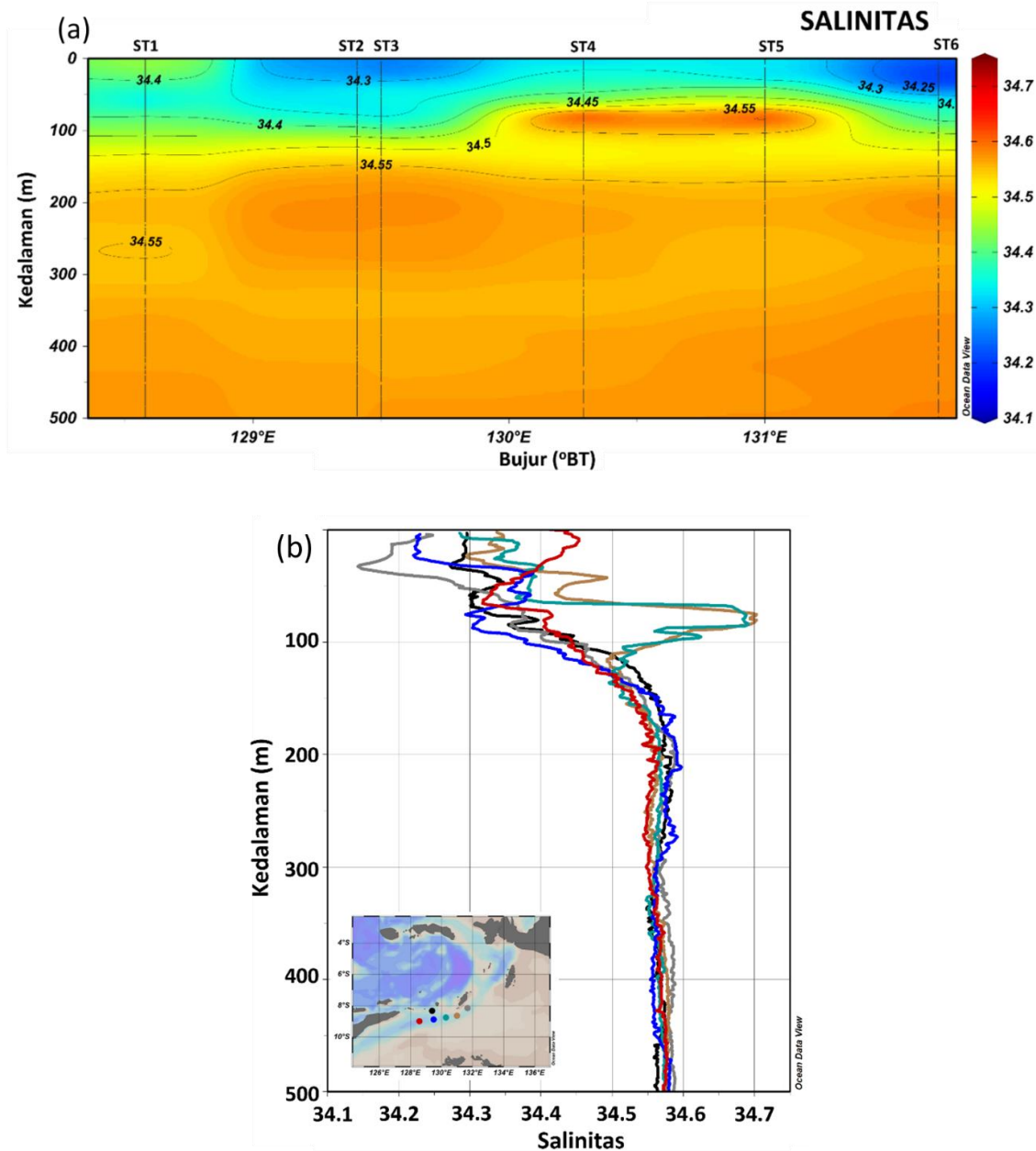
Suhu lapisan permukaan hingga ke kedalaman maksimum lapisan tercampur di perairan Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar berkisar antara 29 – 30 °C. Suhu pada lapisan termoklin berkisar antara 28 - 12 °C dengan kedalaman maksimum mencapai 306 m. Suhu di lapisan dalam mencapai < 7 °C di kedalaman > 500 m. Ketebalan lapisan tercampur sekitar 44 m selama Musim Transisi II (Gambar 2). Ketebalan lapisan tercampur pada Musim Transisi II tidak terlalu berbeda dengan ketebalan lapisan tercampur selama musim transisi I yaitu sekitar 50 m (Ramdhan & Tubalawony, 2010).



Gambar 2. Sebaran melintang (a) dan profil vertikal suhu (b).

Secara umum suhu di perairan Indonesia dari permukaan hingga ke batas maksimum lapisan tercampur adalah 29 – 30 °C selama Musim Transisi I (Maret – Mei) dan Musim Transisi II (September – November). Hal ini dikarenakan lemahnya tekanan angin (*wind stress*) dan laut relatif tenang sehingga memudahkan proses pemanasan (Ilahude, 2004; Birowo et al., 1975; Ilahude et al., 1975; Sprintall and Liu, 2005). Karakteristik massa air berdasarkan profil vertikal suhu, kuatnya dan lemahnya stratifikasi pada lapisan termoklin tergantung dinamika lapisan di atasnya. Semakin dalam lapisan termoklin maka semakin kuat kecepatan angin, arus dan gelombang di permukaan laut (Tomzack, 2000).

Pola distribusi salinitas lapisan permukaan secara melintang dan menegak di perairan Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar berkisar antara 34.2–34.4 psu, dimana salinitas perairan tertinggi ditemukan di stasiun 1, stasiun 4 dan stasiun 5, sedangkan salinitas perairan terendah ditemukan di stasiun 2, stasiun 3 dan stasiun 6. Sama halnya juga pada lapisan haloklin, salinitas massa air terlihat berbeda antara stasiun 1, stasiun 4 dan stasiun 5, dengan salinitas massa air di stasiun 2, stasiun 3 dan stasiun 6. Pada stasiun 4 dan stasiun 5, ditemukan adanya gumpalan salinitas tinggi (34.6 – 34.7 psu) di kedalaman antara 66 – 94 m yang berada di bagian selatan antara Kepulauan Barbar dan Kepulauan Tanimbar. Salinitas di lapisan dalam ditemukan seragam pada seluruh stasiun pengambilan data (Gambar 3).



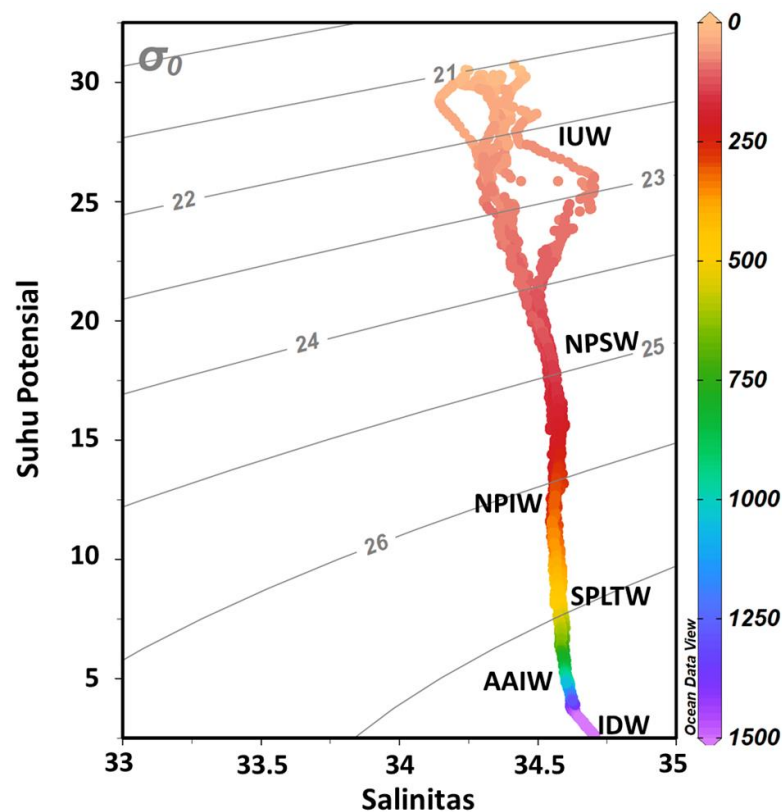
Gambar 3. Sebaran melintang (a) dan profil vertikal salinitas (b).

Kisaran salinitas lapisan permukaan pada Musim Transisi II memiliki nilai yang berbeda dengan penelitian sebelumnya di selatan Kepulauan Leti Moa Lakor (Lemola) - Tanimbar yang dilakukan Ramdhan dan Tubalawony (2010) pada bulan Mei (Musim Musim Transisi I). Hasil penelitian mengungkapkan sebaran salinitas di permukaan perairan berkisar antara 33,46 – 33,97 psu dengan rata-rata salinitas 33,65

psu. Kondisi salinitas perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar juga dipengaruhi oleh kondisi Laut Banda yang merupakan tempat pertemuan massa air yang berasal dari Pasifik Utara dan Pasifik Selatan. Hal ini sesuai dengan salinitas massa air termoklin dan menengah (*intermediate*) pada perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar yang merupakan bagian timur dari Celah Timor hampir homogen berasal dari Laut Banda (Atmadipoera et al, 2009). Karakter massa air Laut Timor yang berada di atas isoterm 4°C, masih sama dengan Laut Banda dan menunjukkan bahwa Laut Banda merupakan sumber stratifikasi Laut Timor. Massa air Laut Timor di bawah isoterm 4°C, diblokir oleh ambang (*sill*) setinggi 1.400 m di Selatan Laut Banda. Massa air dengan salinitas tinggi yang lebih dalam di Laut Timor berasal dari massa air Samudera Hindia (Fieux et al, 1994).

Massa air yang mengalir dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia melalui Arlindo mengalami perubahan karakter di sepanjang perjalanannya di perairan dalam Laut Indonesia. Sumber air yang dibawa oleh Arlindo berasal dari massa air Pasifik Utara dan Pasifik Selatan. Perairan Selat Makasar dan Laut Flores lebih banyak dipengaruhi oleh massa air Pasifik Utara sedangkan Laut Seram dan Halmahera lebih banyak dipengaruhi oleh massa air dari Pasifik Selatan (Wyrski, 1987). Hasil pengukuran salinitas massa air Arlindo menunjukkan perubahan pada aliran masuk dan keluar, yakni salinitas massa air lapisan menengah Pasifik Selatan (*North Pacific Subtropical Water*, NPSW) dari 34,9 psu menjadi 34,54 psu; dan massa air lapisan menengah Pasifik Utara (*North Pacific Intermediate Water*, NPIW) dengan salinitas 34,35 psu menjadi 34,47 psu. Perubahan salinitas ini mengindikasikan adanya proses pencampuran vertikal yang sangat kuat di perairan Indonesia (Atmadipoera et al, 2009). Proses pencampuran vertikal yang terjadi dapat disebabkan oleh topografi yang kasar seperti ambang, selat dan aktivitas gelombang internal.

Hasil identifikasi struktur massa air pada Musim Transisi II di perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar ditunjukkan dengan diagram T-S (Gambar 4). Diagram TS menunjukkan bahwa lapisan tercampur memiliki variasi isopiknal dari 21 - 22 Kg/m³, dengan variasi salinitas 34.1 - 34.5 psu, dan suhu 29 °C - 30 °C. Salinitas pada lapisan termoklin dengan isopiknal 23 - 25,5 Kg/m³ relatif homogen (kecuali pada stasiun 4 dan 5) dan lapisan menengah dengan isopiknal di bawah 26 Kg/m³.



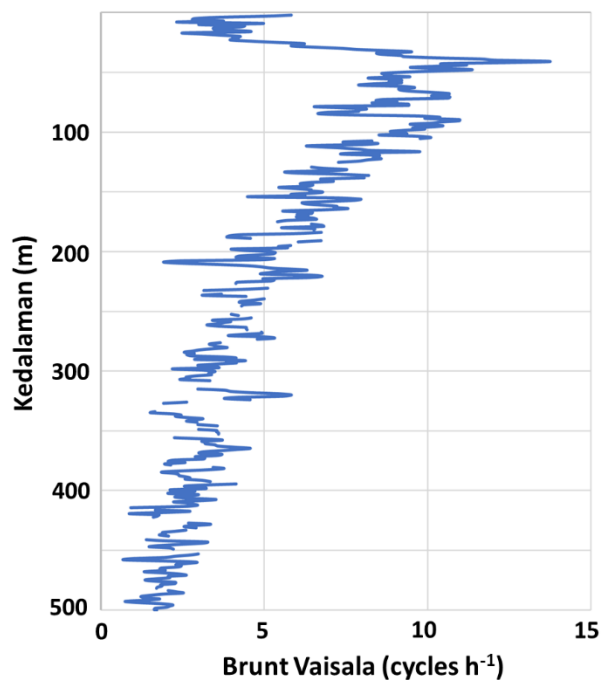
Gambar 4. Diagram T-S

Massa air dengan salinitas mencapai 34.7 psu, isopiknal 23 Kg/m³, diidentifikasi sebagai massa air lokal perairan Indonesia (*Indonesian Upper Water*, IUW). Keberadaan massa air ini di kedalaman 83 – 94 m dengan suhu berkisar antara 23 - 25 °C. Selain itu, massa air NPSW ditemukan pada kedalaman 150-220 m sebesar 34,59 psu dengan kisaran suhu 15,5 – 18,4°C. Massa Air Lapisan Menengah Pasifik Utara (*North Pacific Intermediate Water*, NPIW) pada lapisan isopiknal 26 - 27 kg m⁻³, yang dicirikan dengan salinitas minimum 34.5 psu. Selain itu, ditemukan juga massa air pada lapisan bawah termoklin yang mencirikan *South Pacific Subtropical Lower Thermocline Water* (SPSLTW) pada kedalaman 370 – 460 m, salinitas 34.6 psu, dan kisaran suhu 8.4 - 9.3°C. Pada lapisan dalam ditemukan massa air *Antartic Intermediate Water* (AAIW) yang berada di kedalaman 526-1000 m dengan kisaran suhu 5 - 7 °C serta isopiknal 27 - 27.5 Kg/m³. Selain itu ditemukan juga Massa air *Indian Ocean Deep Water* (IDW) dengan isopiknal di bawah 27.5 Kg/m³.

Perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar memiliki karakteristik massa air yang relatif sama dengan Laut Banda. Kondisi ini disebabkan oleh karena secara strategis kedua perairan merupakan bagian dari sirkulasi Arlindo dan sebagai penampung sementara massa air dari samudera Pasifik menuju Samudera Hindia. Massa air NPSW dan NPIW masih terdeteksi meskipun dengan intensitas yang lebih lemah dibandingkan di wilayah sumbernya, yakni di perairan sebelah timur Kepulauan Filipina. Kondisi ini disebabkan oleh karena pengaruh massa air NPSW dan NPIW yang masuk karena dorongan Arus Mindanao (*Mindanao Current*, MC). Sebaliknya massa air Pasifik Selatan masuk karena dorongan arus Pantai Papua (*New Guinea Coastal Current*, NGCC) dan arus bawah pantai Papua (*New Guinea Coastal Under Current* NGCUC) (Kashino et al., 1999; Wattimena et al., 2018, 2021). Massa air SPSLTW setelah memasuki perairan bagian timur Indonesia melalui Laut Halmahera, mengalami penurunan nilai salinitas maksimum akibat vertikal pencampuran (Ilahude dan Gordon, 1996). Selain itu, massa Air laut dalam IDW yang ditemukan perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar, juga dominan ditemukan di perairan Selatan Jawa hingga Celah Timor (Atmadipoera et al, 2009).

Kestabilan Massa Air

Berdasarkan hasil analisis rata-rata grafik frekuensi Brunt-Vaisala (Gambar 5) di perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar, ketidakstabilan massa air (stratifikasi yang kuat) ditemukan pada lapisan kedalaman tercampur (< 40 m).



Gambar 5. Grafik Brunt -Vaisala

Hal ini diduga disebabkan karena pada masa transisi dari monsun timur menuju monsun barat (Oktober), angin yang bergerak dari timur melemah kemudian berpisah menuju ke barat laut dan barat daya. Secara umum pola arusnya sangat kompleks karena banyak pertemuan dan percabangan arus menghasilkan banyak arus eddy berkekuatan skala kecil, seperti di selatan Laut Sawu, Laut Timor, barat daya Pulau Buru, barat laut Teluk Carpentaria (Pranowo, 2012). Secara umum pola arusnya sangat kompleks karena banyak pertemuan dan percabangan arus menghasilkan banyak arus eddy berkekuatan skala kecil, seperti di selatan Laut Sawu, Laut Timor, barat daya Pulau Buru, barat laut Teluk Carpentaria (Pranowo, 2012).

SIMPULAN

Kisaran suhu lapisan permukaan adalah 29 – 30 °C, dengan ketebalan lapisan tercampur hingga mencapai kedalaman 44 m. Suhu pada lapisan termoklin berkisar antara 28 – 12 °C dengan ketebalan lapisan mencapai kedalaman 306 m. Suhu di lapisan dalam hingga mencapai < 7 °C di kedalaman >500 m. Stratifikasi salinitas terlihat jelas di lapisan permukaan dan lapisan haloklin. Pada lapisan haloklin ditemukan adanya gumpalan salinitas tinggi dengan ketebalan antara 66 – 94 m yang berada di bagian selatan antara Kepulauan Barbar dan Kepulauan Tanimbar. Ketidakstabilan massa air ditemukan di lapisan tercampur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *National Centers for Environmental Information (NCEI)* dan *International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE)* yang telah menyediakan data secara bebas. Ucapan terima kasih juga kepada reviewer yang memberikan saran konstruktif untuk artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera, A., Molcard, R., Madec, G., Wijffels, S., Koch-Larrouy, A., Jaya, I., Supangat, A., Sprintall, J. 2009. Characteristics and variability of the Indonesian throughflow water at the outflow straits. *Deep-Sea Research I*. doi:10.1016/j.dsr.2009.06.004
- Birowo, S., Ilahude, A.G., Nontji, A. 1975. Status dalam ilmu laut di Indonesia (The Status of Oceanography in Indonesia). In: Soegiarto, A., Birowo, S. (Eds.). *Atlas Oseanologi Perairan Indonesia dan Sekitarnya*. Buku I. pp. 1–79.
- Fieux, M., Andrie, C., Delecluse, P., Ilahude, A.G., Kartavtseff, A., Mantsi, F., Molcard, R., Swallow, J.C., 1994. Measurements within the Pacific-Indian oceans region. *Deep-sea Research*. Part A, 41, 1091–1130.
- Gordon, A.L., Sprintall, J., Van Aken, H.M., Susanto, R.D., Wijffels, S., Molcard, R., Field, A., Pranowo, W., Wirasantosa, S., 2010. The Indonesian throughflow during 2004–2006 as observed by the INSTANT program. *Dyn. Atmos. Ocean*, 50, 115–128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2009.12.002>.
- Kashino, Y., Watanabe, H., Herunadi, B., Aoyama, M., & Hartoyo, D. (1999). Current variability at the Pacific entrance of the Indonesian Throughflow. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104(C5), 11021–11035. doi: 10.1029/1999JC900033
- Ilahude, A. G., & Gordon, A. L. 1996. Thermocline stratification within the Indonesian Seas. *J. of Geo Res*, 101, 2.401-12.409
- Ilahude, A. G., Hortle, K., Kusmanto, E., & Amiruddin. 2004. Oceanography of coastal and riverine waters around Timika, West Central Irian Jaya, Arafura Sea. *Continental Shelf Research*, 24(19), 2511–2520. doi:10.1016/j.csr.2004.07.020
- Liang, L., Xue, H., & Shu, Y. 2019. The Indonesian throughflow and the circulation in the Banda Sea: A modeling study. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 3089–3106. <https://doi.org/10.1029/2018JC014926>

- Ramdhan M, Tubalawony S. 2010. Karakteristik Oseanografi Fisik Perairan Selatan Kepulauan Leti Moa Lakor (LEMOLA)-Tanimbar. *Jurnal Segara*. 6(2), 129-140.
- Sprintall, J., Wijffels, S., Molcard, R., and Jaya, I. 2009. Direct estimates of the Indonesian Throughflow entering the Indian Ocean. *J. Geophys. Res.* 114:C07001. doi: 10.1029/2008JC005257
- Sprintall, J., & Liu W. T. 2005. Ekman mass and heat transport in the Indonesian seas. *Oceanography*, 18, (4).
- Tubalawony, S., Sahuleka, M., Tuahatu, J., & Kalay, D. 2019. Kedalaman Klorofil Maksimum pada Perairan Selatan Maluku Barat Daya dan Sekitarnya. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Dan Perikanan UNPATTI*, 1(1), 83-95. <https://doi.org/10.30598/semnaskp-09>.
- Tomzack, M. 2000. An Introduction An Physical Oceanography. The Flinders University of South Australia. Australia. 429 pp.
- Wattimena, M. C., Atmadipoera, A. S., Purba, M., Nurjaya, I. W. and Syamsudin, F., Volume Transport Variability in the Western Equatorial Pacific and its Relations to Halmahera Throughflow, *Pertanika Journal of Science and Technology*, 29(2), pp.1171– 1197, 2021.
- Wattimena, M. C., Atmadipoera, A. S., Purba, M., Nurjaya, I. W. and Syamsudin, F., Indonesian Throughflow (ITF) variability in Halmahera Sea and its Coherency with New Guinea Coastal Current, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2018.
- Zhu, Y., Wang, L., Wang, Y., Xu, T., Li, S., Cao, G., Wei, Z., Qu, T. 2019. Stratified circulation in the Banda Sea and its causal mechanism. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, <https://doi.org/10.1029/2019JC015279>.
- Pranowo, WS. 2012. Dinamika Upwelling dan Downwelling di Laut Arafura dan Timor. *Widyariset*, 15 (2). International Hydrographic Organization (IHO) *Map Sheet* 3.3. 2022