



OSEANOLOGI DAN LIMNOLOGI DI INDONESIA

Print ISSN: 0125-9830 Online ISSN: 2477-328X

Nomor Akreditasi: 712/AU3/P2MI – LIPI/10/2015

<http://jurnal-oldi.or.id>



Stratifikasi Massa Air di Teluk Lasolo, Sulawesi Tenggara

Stratification of Water Mass in Lasolo Bay, Southeast Sulawesi

Edi Kusmanto & Dewi Surinati

Pusat Penelitian Oseanografi LIPI

E-mail: edikusmanto@gmail.com

Submitted 14 March 2016. Reviewed 24 May 2016. Accepted 21 July 2016.

Abstrak

Teluk Lasolo merupakan kawasan pelestarian alam yang harus didukung dengan data dan informasi oseanografi perairan. Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui stratifikasi massa air di Teluk Lasolo pada tanggal 10–19 Juli 2011. Data suhu dan salinitas diperoleh menggunakan CTD SBE 911 Plus yang terpasang di Kapal Riset Baruna Jaya VIII dengan interval 24 data per detik. Data arus diperoleh menggunakan *Vessel Mounted Acoustic Doppler Current Profiler* (VMADCP) dengan interval dua detik. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kecepatan dan arah arus dalam kolom air yang menyebabkan stratifikasi massa air. Arus yang mendorong massa air Laut Banda masuk ke Teluk Lasolo disebabkan oleh angin tenggara dengan kecepatan rata-rata 4,1 m/s. Pada kedalaman 0–50 m dan 100–200 m dominasi arus terjadi ke arah barat laut, sedangkan pada kedalaman 50–100 m dan 200–350 m ke arah selatan. Massa air dengan salinitas 32,1–34,0 PSU dan suhu 26–28°C menempati lapisan permukaan (0–50 m). Massa air dengan salinitas 34,4–34,5 PSU yang teridentifikasi sebagai massa air *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) menempati dua kedalaman, yaitu 50–100 m dan 200–350 m dengan kisaran suhu yang berbeda. Massa air dengan salinitas maksimum (34,5–34,6 PSU) yang teridentifikasi sebagai massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) juga menempati dua kedalaman dengan kisaran suhu yang berbeda pula, yaitu pada kedalaman 100–200 m dan 350 m hingga mendekati dasar.

Kata kunci: stratifikasi, massa air, Teluk Lasolo, kecepatan dan arah arus.

Abstract

As a nature conservation area, Lasolo Bay should be supported by data and information of waters oceanographic. Research for stratification of water masses in Lasolo Bay was conducted. from 10 to 19 July 2011. Temperature and salinity data were obtained using CTD SBE 911 Plus preinstalled on Research Vessel Baruna Jaya VIII at intervals of 24 data per second. Current data were obtained using *Vessel Mounted Acoustic Doppler Current Profiler* (VMADCP) with an interval of two seconds. The results show that there are differences in the speed and direction of currents in the water column that lead to stratification of water masses. Currents that drove the water mass of Banda Sea into Lasolo Bay was caused by southeasterly winds with an average speed of 4.1 m/s. At depths of 0–50 m and 100–200 m the current dominance occurs to the northwest, while at depths of 50–100 m and 200–350 m it occurs to the south. The water mass with a salinity of 32.1–34.0 PSU and temperature 26–28°C occupied the surface layer (0–50 m). The water mass with a

salinity of 34.4–34.5 PSU identified as the water mass of North Pacific Intermediate Water (NPIW) occupied two depths, i.e. 50–100 m and 200–350 m with different range of temperatures. The water mass with maximum salinity (34.5–34.6 PSU), identified as the water mass of North Pacific Subtropical Water (NPSW) also occupied two depths i.e. 100–200 m and 350 m until near the bottom with different range of temperatures.

Keywords: stratification, water mass, Lasolo Bay, speed and direction of currents.

Pendahuluan

Stratifikasi massa air memiliki peran penting dalam banyak proses biogeokimia laut. Stratifikasi didefinisikan sebagai perbedaan kepadatan antara lapisan tercampur dan laut dalam. Secara khusus, lapisan tercampur mengatur interaksi antara ketersediaan cahaya untuk fotosintesis dan pasokan nutrisi dari laut dalam untuk lapisan di atasnya. Ketersediaan cahaya dan kadar nutrisi adalah faktor utama dalam produktivitas biologis. Kerapatan massa air pada lapisan tercampur sangat berpengaruh terhadap proses pertukaran massa air yang berperan penting dalam memasok nutrisi ke zona eufotik. Stratifikasi juga berpengaruh terhadap serapan karbon dan oksigen dari lapisan permukaan ke lapisan dalam (Capotondi et al., 2012). Pada skala regional, perubahan salinitas dan stratifikasi berpengaruh pada aspek yang berkaitan dengan ekologi, lingkungan, dan iklim (Elken et al., 2015).

Teluk Lasolo terletak di Provinsi Sulawesi Tenggara yang secara geografis berada di bagian selatan garis khatulistiwa. Di bagian paling timur terdapat Pulau Wawoni dan Pulau Manui yang dipisahkan oleh Selat Manui yang merupakan pintu masuk massa air dari Laut Banda ke perairan Teluk Lasolo. Selain itu, Teluk Lasolo terbuka di bagian utara yang berhubungan langsung dengan Laut Maluku.

Pada bulan Juni–Juli angin muson tenggara bertiup dengan kekuatan maksimum di sebagian wilayah Indonesia. Berdasarkan data dari www.ecmwf.int, angin tersebut bertiup secara terus-menerus sepanjang bulan Juni, Juli, dan Agustus 2011 dari arah tenggara dengan kecepatan rata-rata bulanan berturut-turut 4,5 m/s, 4,1 m/s dan 3,7 m/s (Tubalawony et al., 2012). Selama periode muson tenggara, gesekan angin ke arah barat lebih kuat dan suhu permukaan laut di Laut Banda lebih dingin bila dibandingkan dengan Laut Jawa dan Flores (Sprintall & Liu, 2005). Suhu permukaan laut (SPL) terendah di Laut Banda terjadi pada bulan Juli dan Agustus (Gordon & Susanto, 2001).

Tiupan angin tersebut menyebabkan pergerakan massa air permukaan cenderung bergerak ke arah barat dan barat laut hingga ke perairan Teluk Lasolo, Kendari, Sulawesi Tenggara.

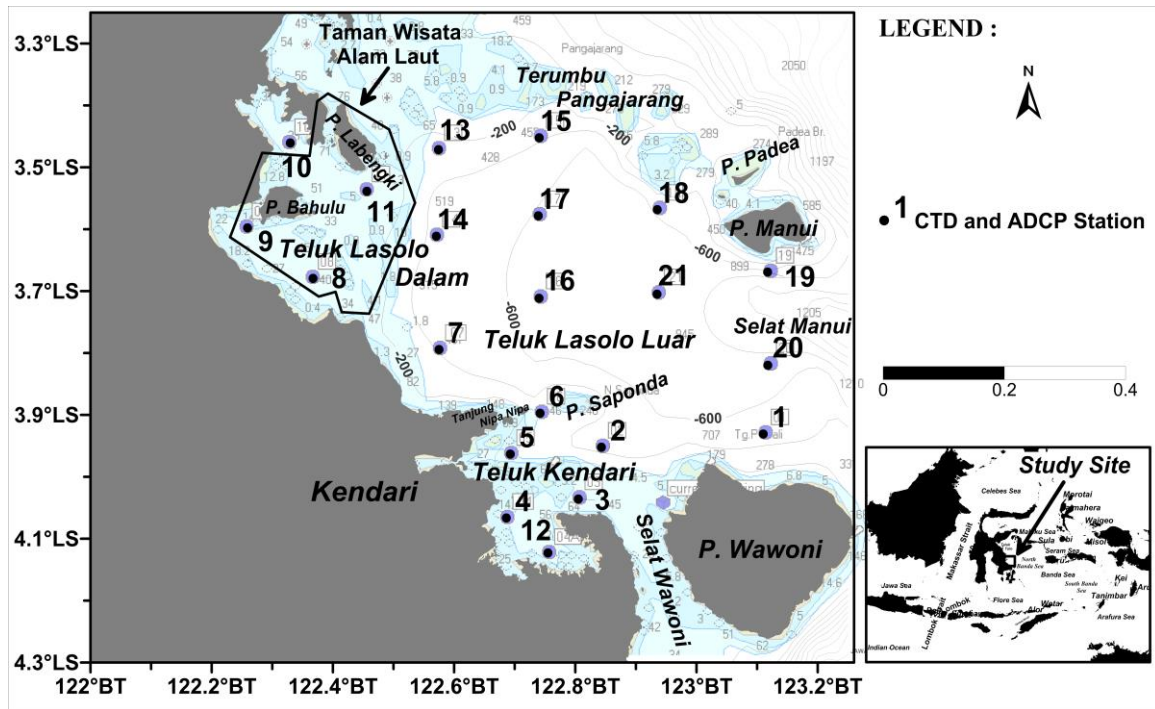
Teluk Lasolo, khususnya Teluk Lasolo Dalam, merupakan kawasan pelestarian alam dengan fungsi taman wisata alam laut. Data dan informasi oseanografi perairan, khususnya stratifikasi massa air sangat penting guna mendukung perairan ini sebagai habitat berbagai jenis terumbu karang dan biota laut yang dilindungi. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai stratifikasi massa air di perairan Teluk Lasolo yang meliputi Teluk Lasolo Dalam dan Teluk Lasolo Luar.

Metodologi

Penelitian dilakukan selama 10 hari, mulai tanggal 10 hingga 19 Juli 2011 di 21 stasiun pengamatan di perairan Teluk Lasolo, Kendari, Sulawesi Tenggara dengan batas utara berada pada posisi 3,4471 LS; 122,7417 BT yang merupakan kawasan terumbu karang Pangajarang. Batas tenggara adalah Selat Manui pada posisi 3,8176 LS; 123,1231 BT. Batas selatan adalah Teluk Kendari dan Selat Wawoni pada posisi 4,1314 LS; 122,7606 BT, dan batas barat laut merupakan wilayah muara banyak sungai yang disebut sebagai pesisir Bahulu (PB) pada posisi 3,4606 LS; 122,3306 BT. Sarana yang digunakan adalah Kapal Riset Baruna Jaya VIII dengan tema penelitian Ekspedisi Kendari atas kerja sama LIPI dan DIKTI. Lokasi penelitian bersentuhan dengan Kawasan Taman Wisata Alam Laut (TWAL) yang merupakan wilayah konservasi (Gambar 1).

Pengukuran Karakteristik Massa Air

Pengukuran karakteristik massa air dilakukan dengan CTD 911 Plus yang terpasang di Kapal Riset Baruna Jaya VIII dari permukaan hingga dekat dasar di setiap titik stasiun yang telah ditentukan (Gambar 1). Parameter yang dikumpulkan meliputi suhu, salinitas, kekeruhan, dan transmisi cahaya.



Gambar 1. Lokasi penelitian berikut stasiun pengukuran CTD dan ADCP.
Figure 1. Study site that includes CTD and ADCP measurement stations.

Pengukuran Arus Laut

Pengukuran arus laut dilakukan dengan *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) 75 KHz yang terpasang di Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Pengukuran profil vertikal arus dilakukan pada interval kedalaman 5 m mulai dari kedalaman 10 m dari permukaan hingga kedalaman 200 m. Pengukuran dilakukan di setiap titik stasiun yang telah ditentukan (Gambar 2) dan di sepanjang lintasan kapal yang bergerak dengan kecepatan 6 knot dari satu stasiun ke stasiun berikutnya. Penentuan posisi dilakukan dengan GPS yang telah terpasang di Kapal Baruna Jaya VIII.

Hasil

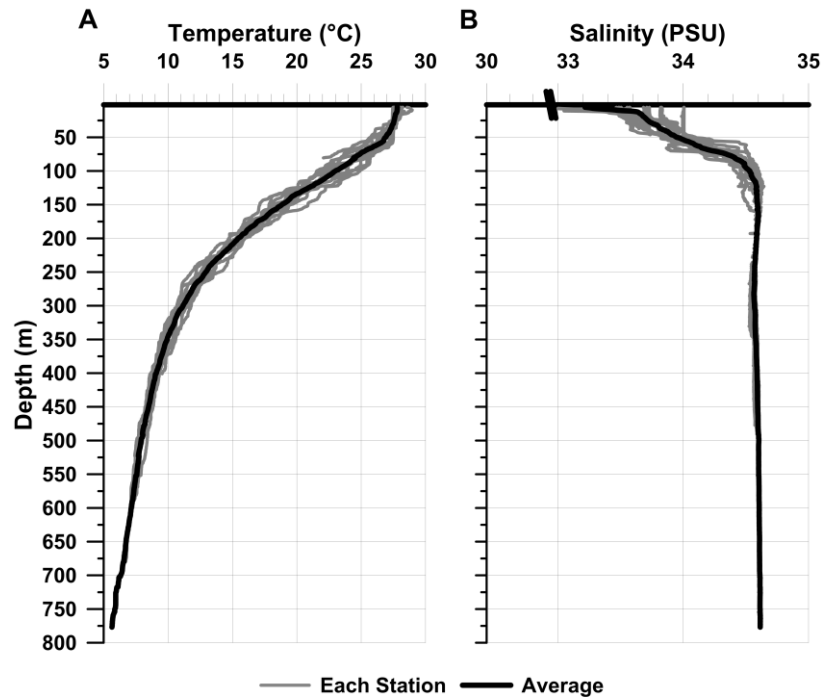
Struktur Termohalin

Sebaran vertikal suhu dan salinitas hasil pengukuran CTD di seluruh 21 stasiun pengamatan (Gambar 1), baik di teluk bagian dalam (TLD) maupun bagian luar (TLL) dari permukaan hingga kedalaman 750 m ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan gambar ini, suhu di lapisan permukaan berkisar dari 25°C hingga 28°C dengan rentang perbedaan suhu sebesar 3°C. Lapisan termoklin, yaitu lapisan dengan

penurunan suhu yang drastis terhadap kedalaman memiliki rentang perbedaan suhu yang lebar, sebesar 15°C dengan kisaran 11–26°C. Suhu di bawah lapisan termoklin (lapisan dalam) berkisar dari 6°C hingga 11°C dengan rentang perbedaan suhu sebesar 5°C.

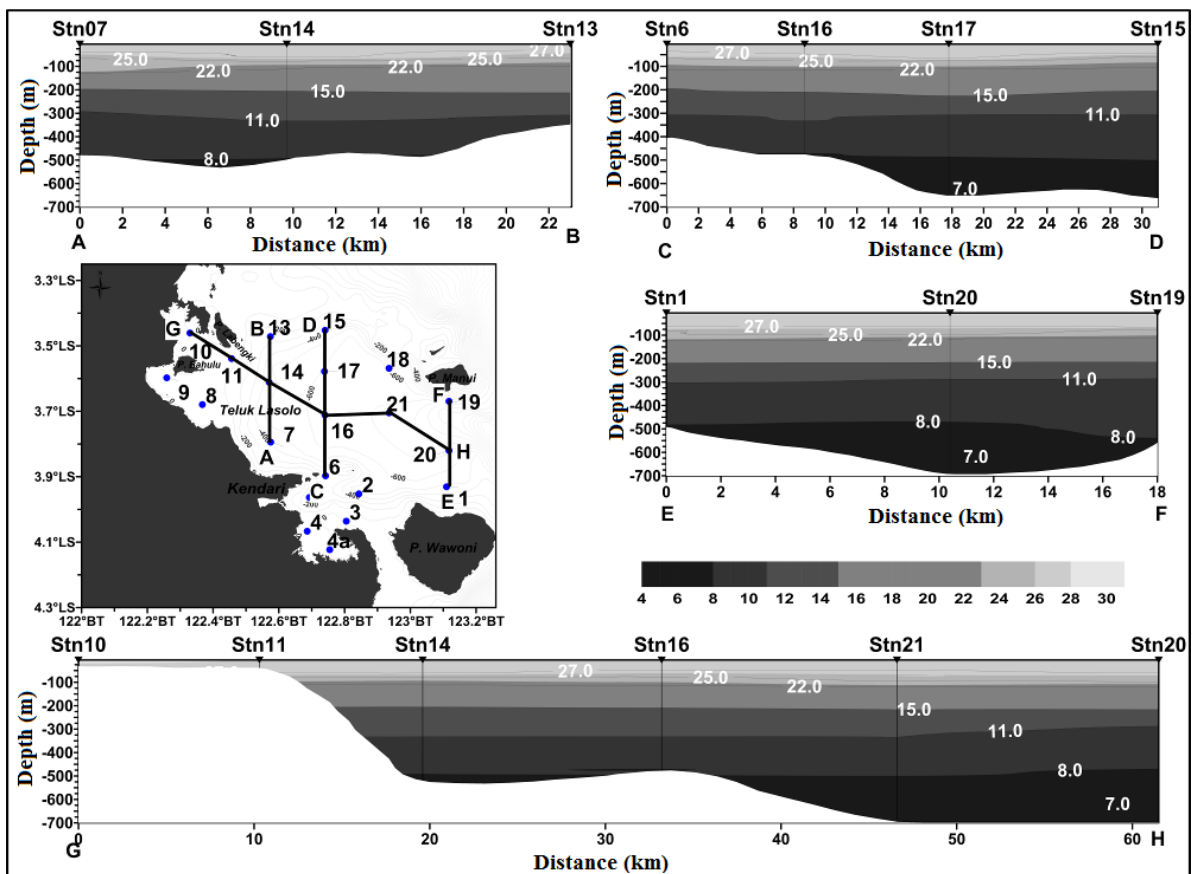
Rentang perbedaan suhu antara suhu permukaan dan suhu dekat dasar menunjukkan nilai yang lebar, yaitu sebesar 23°C (Gambar 2A). Suhu permukaan yang tinggi menyebar di perairan Teluk Lasolo Dalam (TLD) dengan kisaran 27–28°C, sedangkan di Selat Manui, Teluk Lasolo Luar (TLL), suhu permukaan relatif lebih rendah dengan kisaran 25–26°C.

Pola sebaran vertikal suhu dengan irisan melintang dan membujur (Gambar 3) menunjukkan sedikitnya ada 5 lapisan. Irisan melintang I yang menunjukkan stasiun-stasiun yang terletak di depan TLL (Stn. 7, 14, 13) memiliki 5 lapisan vertikal suhu, yaitu lapisan permukaan (0–50 m) dengan suhu sekitar 27°C, lapisan 100–200 m dengan suhu 25–27°C, lapisan 100–200 m dengan suhu 15–25°C, lapisan 200–300 m dengan suhu 11–15°C, dan lapisan 300–500 m dengan suhu 8–11°C. Irisan melintang II (Stn. 6, 16, 17, 15) dan irisan melintang III (Stn. 1, 20, 19) serta irisan membujur (Stn. 10, 11, 14,



Gambar 2. Profil sebaran vertikal suhu (A) dan salinitas (B) di seluruh stasiun.

Figure 2. Profile of vertical distribution of temperature (A) and salinity (B) in all stations.



Gambar 3. Pola sebaran vertikal suhu di irisan melintang I, II, III, dan irisan membujur di perairan Teluk Lasolo.

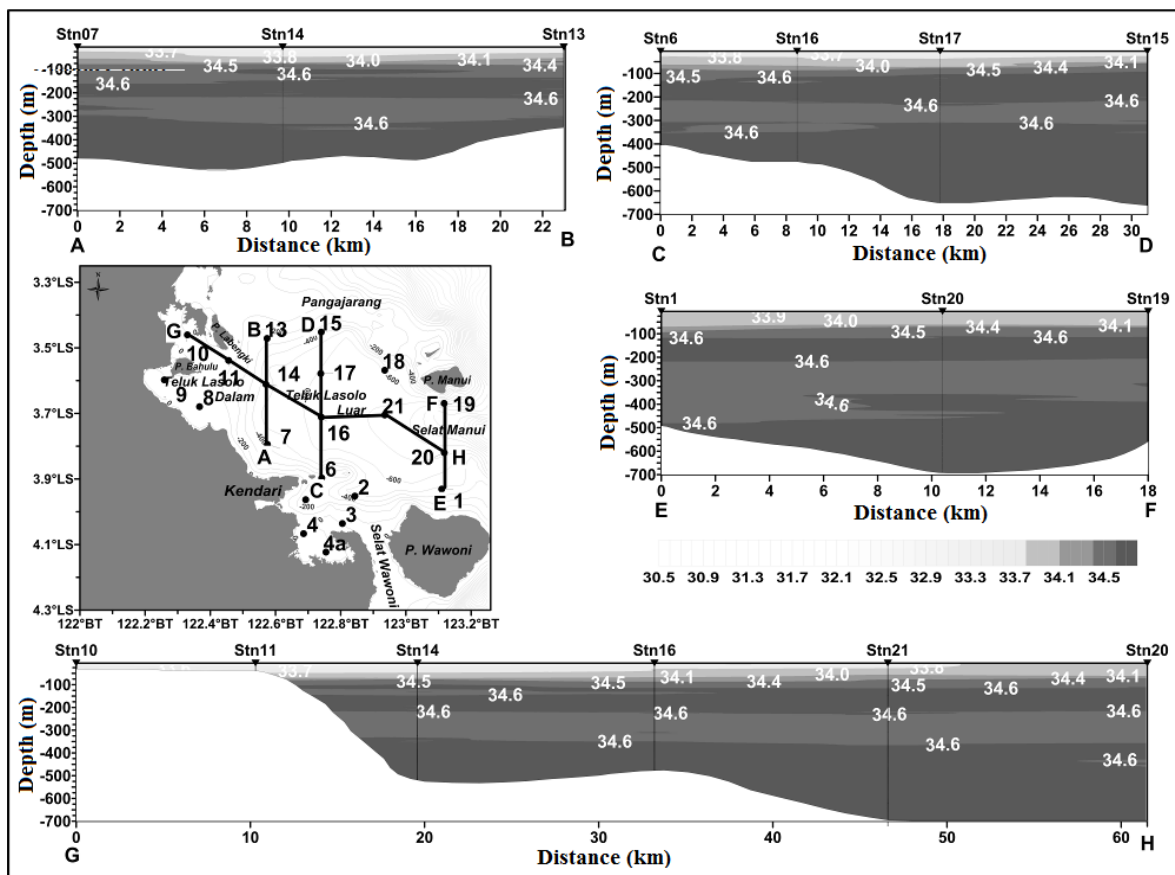
Figure 3. Vertical distribution pattern of temperature at latitudinal cross section I, II, III, and longitudinal cross section in Lasolo Bay.

16, 21, 20) memperlihatkan 6 lapisan vertikal suhu, yakni lapisan permukaan (0–50 m), lapisan 50–100 m, lapisan 100–200 m, lapisan 200–300 m, lapisan 300–500 m, dan lapisan dari 500 m hingga dasar perairan dengan suhu masing-masing sekitar 27°C, 25–27°C, 15–22°C, 11–15°C, 8–11°C, dan 7–8°C.

Perbedaan salinitas dari permukaan hingga dekat dasar perairan ini (Gambar 2B) menunjukkan variabilitas yang tinggi. Lapisan permukaan yang merupakan lapisan tercampur berada di kedalaman 0–50 m. Lapisan haloklin yang ditandai dengan pertambahan nilai salinitas dengan cepat terhadap kedalaman berada di kedalaman 30–150 m, sedangkan lapisan dalam dengan nilai salinitas yang relatif konstan terhadap kedalaman berada di kedalaman 150 m hingga dekat dasar. Salinitas di lapisan permukaan berkisar dari 30,1 hingga 34,4 PSU dengan rentang salinitas 4,3 PSU. Di lapisan haloklin salinitas berkisar dari 33,6 hingga 34,5 PSU dengan rentang 0,9 PSU, sedangkan di lapisan dalam salinitas berkisar dari 34,50 hingga 34,65 PSU dengan rentang 0,15 PSU. Jadi, rentang

salinitas antara lapisan permukaan dan lapisan dekat dasar adalah 4,55 PSU, yaitu antara 30,10 PSU dan 34,65 PSU.

Sebaran vertikal salinitas dengan irisan melintang dan membujur (Gambar 4) menunjukkan pola yang mirip dengan pola suhu (Gambar 3), yaitu terbentuk sedikitnya 5 lapisan massa air. Pada irisan melintang I, II, dan III salinitas permukaan berkisar 33,1–34,1 PSU, sedangkan pada irisan membujur, salinitas di lapisan permukaan (0–50 m) jauh lebih rendah, terutama di TLD akibat masukan air tawar yang berasal dari beberapa sungai yang mengalir di perairan ini, sehingga salinitas berkisar 30,1–32,8 PSU, sedangkan di Teluk Lasolo Luar (TLL, di sekitar Selat Manui) kisaran salinitasnya lebih tinggi, yaitu 34,1–34,4 PSU. Lapisan berikutnya adalah massa air dengan salinitas 34,4–34,5 PSU. Lapisan ini merupakan lapisan tipis dengan ketebalan 30–60 m yang berada di kedalaman 75–135 m. Selanjutnya, lapisan massa air dengan salinitas 34,5–34,6 PSU terdapat di kedalaman 135–210 m.



Gambar 4. Pola sebaran vertikal salinitas di irisan melintang I, II, III, dan irisan membujur di perairan Teluk Lasolo.

Figure 4. Vertical distribution of salinity at latitudinal cross section I, II, III, and longitudinal crosssection in Lasolo Bay.

Di kedalaman 200–350 m, terdapat salinitas dengan nilai lebih rendah dibandingkan dengan lapisan di atasnya (135–210 m). Lapisan ini mempunyai salinitas yang sama dengan salinitas di kedalaman 75–135 m (34,4–34,5 PSU). Selanjutnya, di kedalaman 350 m hingga dekat dasar, terdapat massa air yang bersalinitas tinggi, yakni 34,5–34,6 PSU yang sama dengan salinitas di kedalaman 135–200 m.

Stratifikasi Arus

Hasil pengukuran kecepatan dan arah arus dari permukaan hingga kedalaman 200 m menunjukkan 4 lapisan utama arus setelah dikelompokkan untuk setiap kedalaman 50 m (Gambar 5). Pengelompokan 4 lapisan arus ini didasarkan pula atas pola sebaran vertikal suhu irisan melintang dan membujur (Gambar 3), serta salinitas (Gambar 4).

Berdasarkan Gambar 5, pola arus di setiap lapisan dapat dijelaskan sebagai berikut. Arus permukaan (0–50 m) disebabkan oleh angin muson tenggara yang kuat dan membangkitkan arus yang mengalir dari arah tenggara menuju barat laut memasuki Teluk Lasolo melalui Selat Wawoni. Kekuatan angin muson tenggara tersebut menyebabkan kecepatan arus di selat ini mencapai maksimum 40,97 cm/s.

Dalam perjalanannya, arus permukaan yang mengalir ke perairan Teluk Lasolo melewati terumbu karang Pangajarang yang panjang dan mencakup Stn. 13, 15, 18, sehingga arus berbelok ke arah barat dan berbalik arah ke selatan setelah membentur kontur kedalaman yang lebih dangkal di pesisir Pulau Labengki, Pulau Bahulu, dan sekitarnya. Sebagian arus dari TLD bergerak ke arah tenggara melewati Tanjung Nipa-Nipa hingga selatan Saponda dan bergabung dengan arus yang melalui pesisir utara Wawoni bersama-sama menuju ke perairan Teluk Kendari. Selanjutnya, arus menuju ke selatan melalui Selat Wawoni. Pembalikan arus dari arah barat laut ke tenggara melalui pesisir utara Kendari mengubah kecepatan awal arus maksimum dari 40,97 cm/s menjadi lebih rendah, yaitu rata-rata 29,66 cm/s (Gambar 5 kiri atas).

Berbeda dari arus permukaan, di kedalaman 50–100 m ada dua pola arus, yaitu arus yang bergerak dari arah tenggara dan dari utara (Gambar 5 kanan atas). Arus dari arah tenggara masih sama dengan arus permukaan yang mengalir dari arah Laut Banda utara melewati Selat Manui dengan kecepatan 14,47 cm/s,

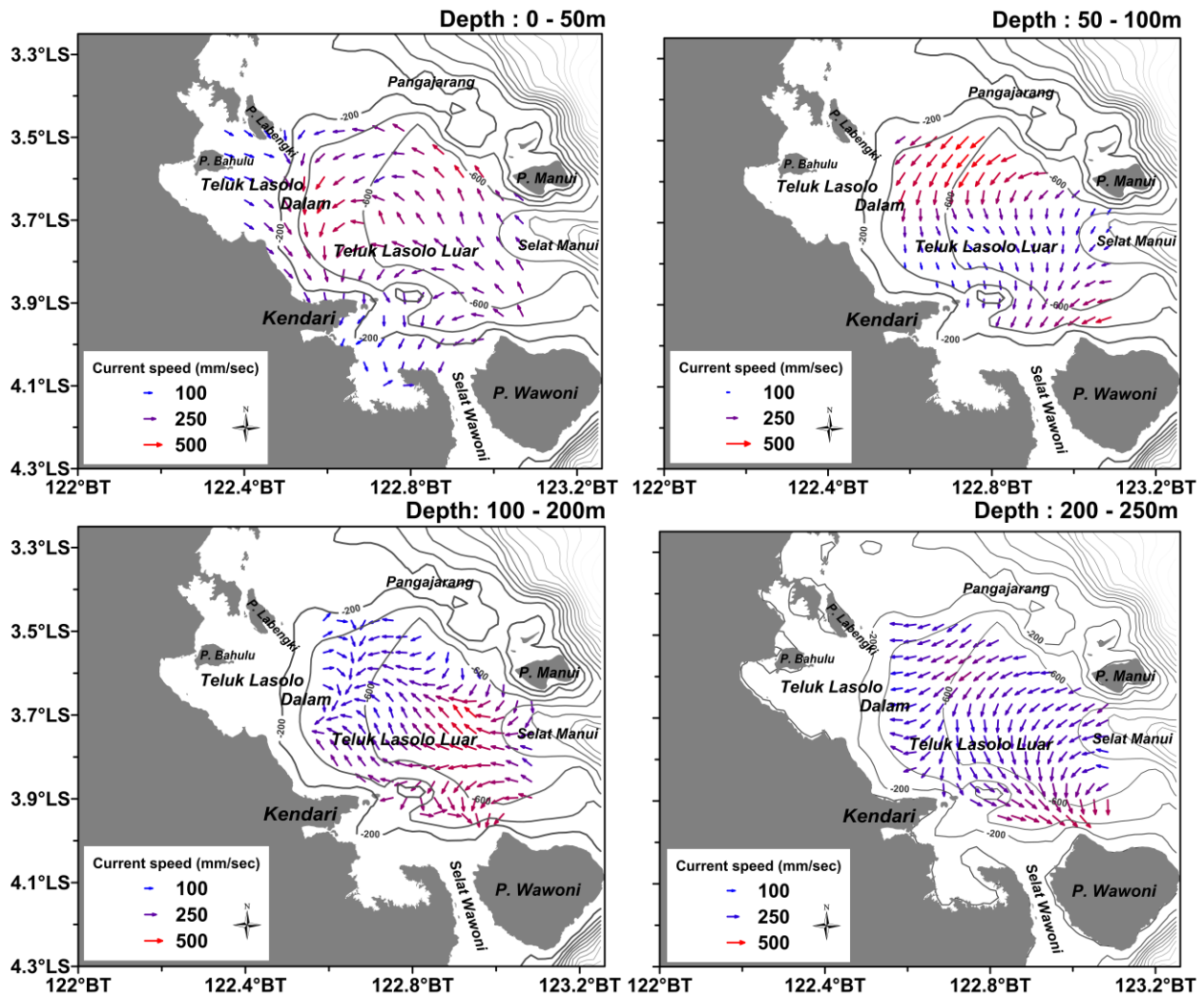
sedangkan dari arah utara arus melewati Selat Pangajarang, yaitu selat antara pulau dan terumbu karang Pangajarang dengan kecepatan 38,25 cm/s. Arus yang berasal dari tenggara masuk melalui selat Manui sampai pada bujur 123° BT, kemudian terdesak oleh arus yang berasal dari utara, sehingga mengalir ke selatan, sedangkan arus yang berasal dari utara mengalir menuju barat daya menuju ke perairan TLD. Sebagian menuju ke perairan Teluk Kendari dan sebagian lagi ke tenggara dan bergabung dengan arus yang berasal dari tenggara menuju ke selatan hingga ke Selat Wawoni.

Di kedalaman 100–200 m, arus yang mengalir memasuki teluk terbagi dua, arus di wilayah selatan teluk mengalir dari arah tenggara, sedangkan di bagian utara teluk mengalir arus dari utara (Gambar 5 kiri bawah). Arus dari arah tenggara mengalir memasuki teluk, sebagian ke barat laut, sebagian lagi menuju ke Teluk Kendari dan Selat Wawoni, dan sebagian lagi menuju ke barat laut dengan kecepatan rata-rata 40,39 cm/s. Arus yang berasal dari utara mengalir di sisi utara teluk ke arah barat laut, kemudian bergabung dengan arus yang berasal dari tenggara yang mengalir ke selatan dengan kecepatan rata-rata 16,27 cm/s. Sebagian arus mengalir ke utara mengikuti kontur kedalaman membentuk pusaran skala kecil di tubir TLD.

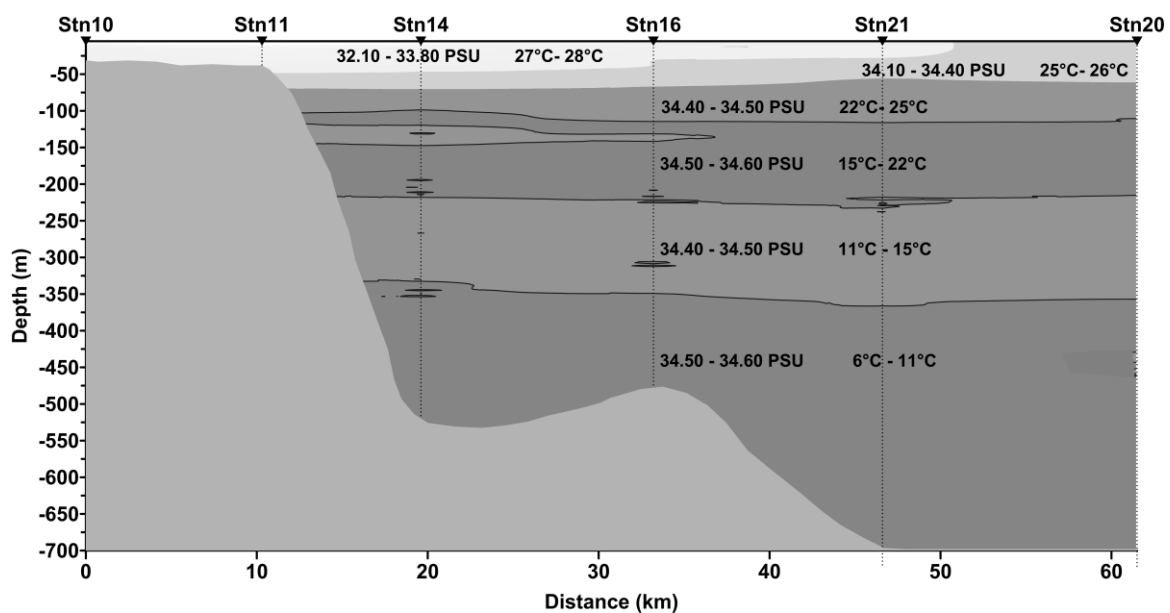
Di kedalaman 200–250 m, dominasi arus berasal dari arah timur laut melalui Selat Pangajarang, sedangkan dari arah tenggara mengalir dari pesisir utara Pulau Wawoni menuju ke Teluk Lasolo (Gambar 5 kanan bawah). Kedua arus ini mengalir ke arah barat laut, kemudian membelok ke selatan, sebagian ke tenggara menyusuri perairan utara Kendari kemudian ke Selat Wawoni, sebagian lagi ke barat kemudian ke utara membentuk pusaran skala kecil di TLD.

Stratifikasi Massa Air

Stratifikasi massa air menegak di Teluk Lasolo berdasarkan data lintasan CTD dari Selat Manui hingga TLD (Gambar 6) yang merupakan lintasan tenggara–barat laut (irisan membujur Stn. 10, 11, 14, 16, 21, 20). Lapisan permukaan hingga kedalaman 50 m ditempati oleh 2 massa air, yaitu massa air dengan salinitas rendah dengan kisaran 32,1–33,8 PSU dan suhu tinggi 27–28°C yang merupakan massa air yang berasal dari perairan pesisir di sekitar Teluk Lasolo yang mendapat pasokan air sungai.



Gambar 5. Stratifikasi arus di Teluk Lasolo kedalaman 0–50 m, 50–100 m, 100–200 m, dan 200–250 m.
Figure 5. Current stratification in Lasolo Bay at depths of 0–50 m, 50–100 m, 100–200 m, and 200–250 m.



Gambar 6. Stratifikasi massa air di lintasan membujur Teluk Lasolo berdasarkan suhu dan salinitas.
Figure 6. Water mass stratification in the longitudinal trajectory of Lasolo Bay based on temperature and salinity.

Massa air permukaan yang lain menyebar di perairan sekitar Selat Manui hingga mendekati Stasiun 21 yang memiliki salinitas lebih tinggi dengan kisaran 34,1–34,4 PSU, namun bersuhu lebih rendah, berkisar 25–26°C. Massa air ini merupakan massa air permukaan laut Banda (Ilahude & Gordon, 1996) yang dicirikan dengan nilai salinitas antara 34,1 PSU dan 34,4 PSU.

Di lapisan kedalaman 50–100 m terdapat massa air dengan suhu 22–25°C dan salinitas 34,4–34,5 PSU yang diidentifikasi sebagai massa air pertengahan Samudra Pasifik Utara (*North Pacific Intermediate Water*, NPIW) yang mengalir dari Samudra Pasifik melalui Selat Makassar menuju ke Laut Banda yang mengalami peningkatan salinitas dari 34,35 PSU menjadi 34,47 PSU (Atmadipoera et al., 2009).

Di lapisan kedalaman 100–200 m, massa air yang teridentifikasi adalah massa air dengan suhu 15–22°C dan salinitas 34,5–34,6 PSU (Gambar 6). Massa air ini kemungkinan besar adalah massa air Laut Banda berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Gordon & Fine (1996). Massa air Laut Banda teridentifikasi dengan salinitas 34,55–34,60 PSU di kedalaman 400–1.000 m. Massa air tersebut dari kedalaman 400 m naik ke kedalaman 350 m ketika memasuki Selat Manui dan naik lagi ke kedalaman 325 m ketika berada di perairan TLD.

Lapisan kedalaman berikutnya, yakni kedalaman 200–350 m memiliki massa air dengan suhu 11–15°C dan salinitas 34,4–34,5 PSU (Gambar 6). Massa air ini kemungkinan besar juga adalah massa air NPIW yang dicirikan oleh salinitas 34,47 PSU (Atmadipoera et al., 2009) yang mengalami penenggelaman akibat desakan massa air dengan salinitas yang lebih tinggi yang berasal dari Laut Banda. Lapisan kedalaman 350 m hingga dekat dasar ditempati oleh massa air dengan suhu 6–11°C dan salinitas 34,5–34,6 PSU, sama dengan massa air dari kedalaman 100–210 m, yaitu massa air yang berasal dari Laut Banda.

Pembahasan

Massa air yang mengalir dan bersentuhan dengan perairan Teluk Lasolo adalah massa air perairan Laut Banda yang juga dialiri oleh massa air yang berasal dari Samudra Pasifik dan mengalir ke Samudra Hindia yang dikenal sebagai arlindo. Laut Banda pada musim barat mempunyai SPL (29,6–30,3°C) yang lebih panas daripada musim timur (25,7–26,1°C) dengan selisih rata-rata 4°C (Ilahude & Gordon, 1996).

Pada musim timur, lapisan termoklin lebih dangkal, yaitu sekitar 40 m. Hal ini mengindikasikan adanya proses *upwelling* di Laut Banda (Wyrski, 1961). Salinitas permukaan pada musim barat maupun musim timur cenderung sama, yaitu berkisar 34,1 PSU–34,4 PSU, sedangkan kedalaman 100–150 m dan 300–350 m merupakan massa air dari Pasifik yang memasuki perairan Banda dari jalur barat melalui Selat Makassar dan memiliki nilai salinitas tinggi (maksimum). Massa air ini mengalami perubahan salinitas akibat proses pencampuran vertikal yang sangat kuat di perairan Indonesia (Atmadipoera et al., 2009). Massa air ini di laut Banda mempunyai salinitas 34,4–34,5 PSU dan 34,55–34,60 PSU masing-masing di kedalaman 100–150 m dan 400–1.000 m (Gordon & Fine, 1996).

Berdasarkan hasil kajian sebelumnya (Sprintall & Liu, 2005) tentang transpor massa Ekman dan transpor panas di perairan Indonesia (Gambar 7) terlihat dengan jelas bahwa pola transpor massa air pada musim timur (Juni–Agustus) sangat dipengaruhi oleh angin muson tenggara. Angin yang bertiup secara terus-menerus dari tenggara (*southeast monsoon*) yang menyebabkan massa air Laut Banda lebih dingin (Sprintall & Liu, 2005). Angin ini juga yang mendorong massa air dari Laut Banda memasuki lokasi kajian, yaitu di Teluk Lasolo (TLD dan TLL). Dorongan angin yang kuat meningkatkan transpor Ekman dan pencampuran vertikal, sehingga berdampak pada intensitas bahang yang tinggi ke atmosfer hingga akhirnya terjadi penurunan suhu (Renault et al., 2012; Atmadipoera & Widyastuti, 2014).

Massa air Laut Banda dengan salinitas 34,5–34,6 PSU yang masuk ke Teluk Lasolo berada di lapisan kedalaman 100–200 m dan lapisan kedalaman 350 m sampai dekat dasar. Massa air Laut Banda yang masuk ke perairan Teluk Lasolo kemungkinan besar terpecah menjadi dua bagian akibat penyusupan massa air dengan salinitas 34,4–34,5 PSU yang berasal dari utara (Gambar 7). Massa air dengan salinitas 34,5–34,6 PSU di Laut Banda dengan kedalaman 400 m, tercatat di perairan Teluk Lasolo di kedalaman 325–350 m. Hal ini mengindikasikan adanya pengangkatan massa air sebesar 50–75 m. Massa air dari Samudra Pasifik lebih berat daripada massa air Laut Banda, sehingga cenderung tenggelam. Oleh karena itu, massa air di Laut Banda perlahan-lahan terangkat, sehingga terjadi fenomena *upwelling* (Wyrski, 1961).

Ketebalan massa air yang berasal dari Laut Banda dengan salinitas 34,5–34,6 PSU di

kedalaman 100–200 m menipis di selatan teluk. Hal ini terlihat dari data berdasarkan lintasan utara selatan yang ditunjukkan oleh lintasan A–B maupun lintasan C–D. Massa air tersebut mempunyai ketebalan 89 m di utara dan 54 m di bagian selatan lintasan A–B dan 122 m di utara dan 81 m di selatan lintasan C–D (Gambar 8). Penipisan massa air tersebut diimbangi oleh penebalan massa air di lapisan permukaan akibat pola arus permukaan yang membawa massa air tawar dari TLD dan menekan massa air di bawahnya. Sebaliknya, massa air dengan salinitas 34,4–34,5 PSU mengalami penebalan, terutama di sekitar Pulau Saponda, yang terlihat pada lintasan C–D akibat pola arus pada kedalaman 100 m yang membawa massa air tersebut dari arah utara.

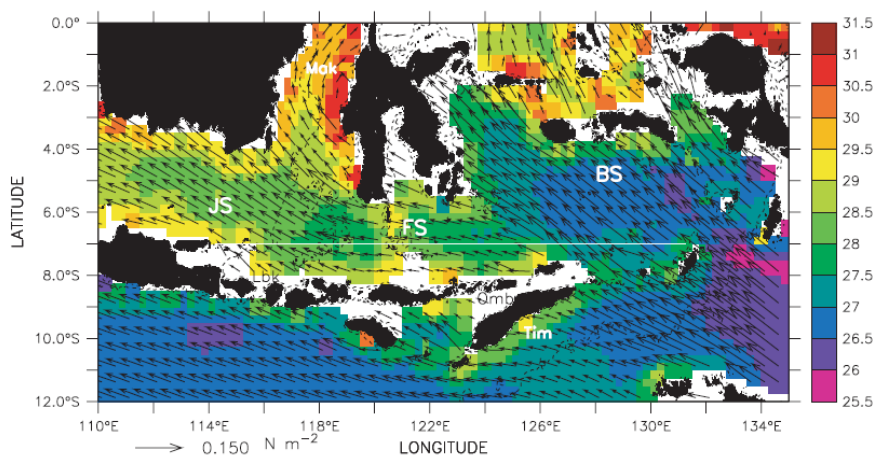
Perbedaan ketebalan massa air antara lintasan A–B dan lintasan C–D di bagian selatan menunjukkan bahwa massa air yang berasal dari Laut Banda di TLD pada kedalaman ini cenderung mengalir ke barat laut, kemudian membelok ke arah selatan. Demikian juga dengan massa air bersalinitas 34,4–34,5 PSU yang menebal di bagian selatan lintasan C–D yang lebih tebal dibandingkan dengan bagian selatan lintasan A–B (Gambar 8).

Massa air di perairan Teluk Lasolo terutama berasal dari arah tenggara dan dari utara. Massa air dari tenggara berasal dari Laut Banda yang didorong oleh arus akibat angin muson tenggara dan mengisi sebagian besar perairan tersebut melalui Selat Manui. Di lapisan permukaan, arus muson tenggara yang kuat menyebabkan massa air Laut Banda yang mempunyai suhu 25–26°C dan salinitas 34,1–34,4 PSU mendesak massa air yang mempunyai suhu

27–28°C dan salinitas 32,1–33,8 PSU yang berasal dari Teluk Lasolo Dalam (Gambar 9). Sebagian massa air ini diteruskan ke utara melewati selat di antara terumbu karang dan Pulau Pangajarang. Sebagian lagi membelok ke barat laut, kemudian ke selatan setelah membentur kontur yang lebih dangkal di Teluk Lasolo Dalam, pesisir Pulau Labengki, Pulau Bahulu, dan sekitarnya. Selanjutnya, massa air membelok ke tenggara sambil membawa air tawar dari perairan pesisir Konawe melewati Tanjung Nipa-Nipa dan selatan Pulau Saponda hingga ke Teluk Kendari.

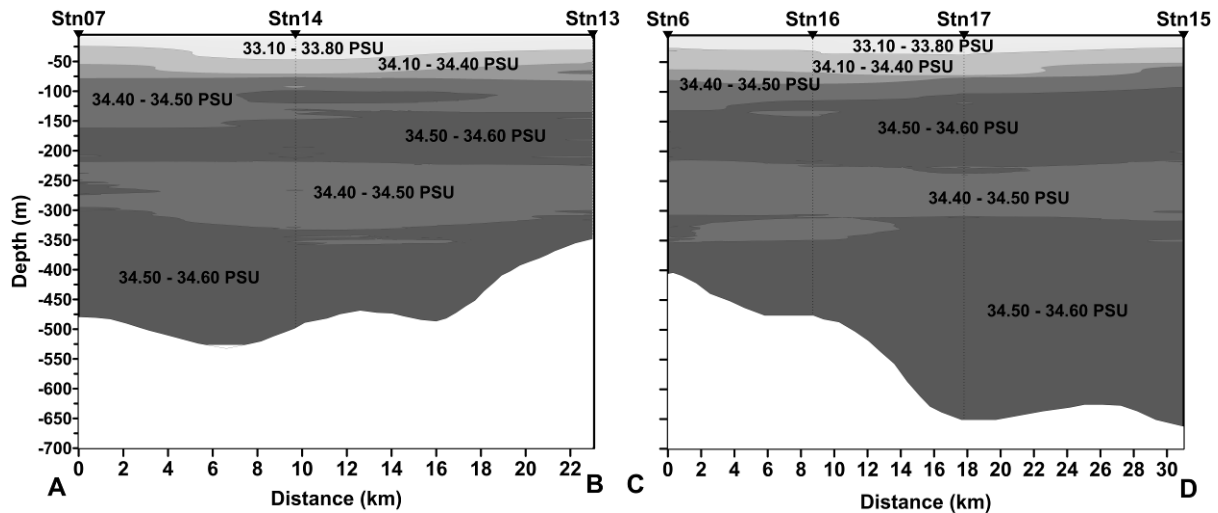
Massa air yang berada di lapisan kedalaman 50–100 m berasal dari utara memasuki teluk melalui Selat Pangajarang, terutama di perairan yang berdekatan dengan Teluk Lasolo Dalam, sedangkan massa air dari Laut Banda tetap masuk melalui Selat Manui. Disebabkan arus yang berasal dari utara tersebut, maka lapisan kedalaman 50–100 m didominasi oleh massa air dengan suhu 22–25°C dan salinitas 34,4–34,5 PSU (Gambar 9).

Pola pergerakan massa air di lapisan kedalaman 100–200 m menunjukkan dominasi arus yang berasal dari tenggara dan membawa massa air dari Laut Banda mengalir ke barat laut, hingga ke tengah Teluk Lasolo. Selain itu, massa air dari arah utara menyusup ke perairan teluk, sehingga selain massa air laut dari Laut Banda juga terdapat massa air yang bersalinitas lebih rendah yang berasal dari utara. Di kedalaman 200–250 m, dominasi massa air yang berasal dari utara sangat jelas, sehingga massa air di lapisan ini mempunyai salinitas yang lebih rendah dibandingkan dengan massa air di atas dan di bawahnya (Gambar 10).

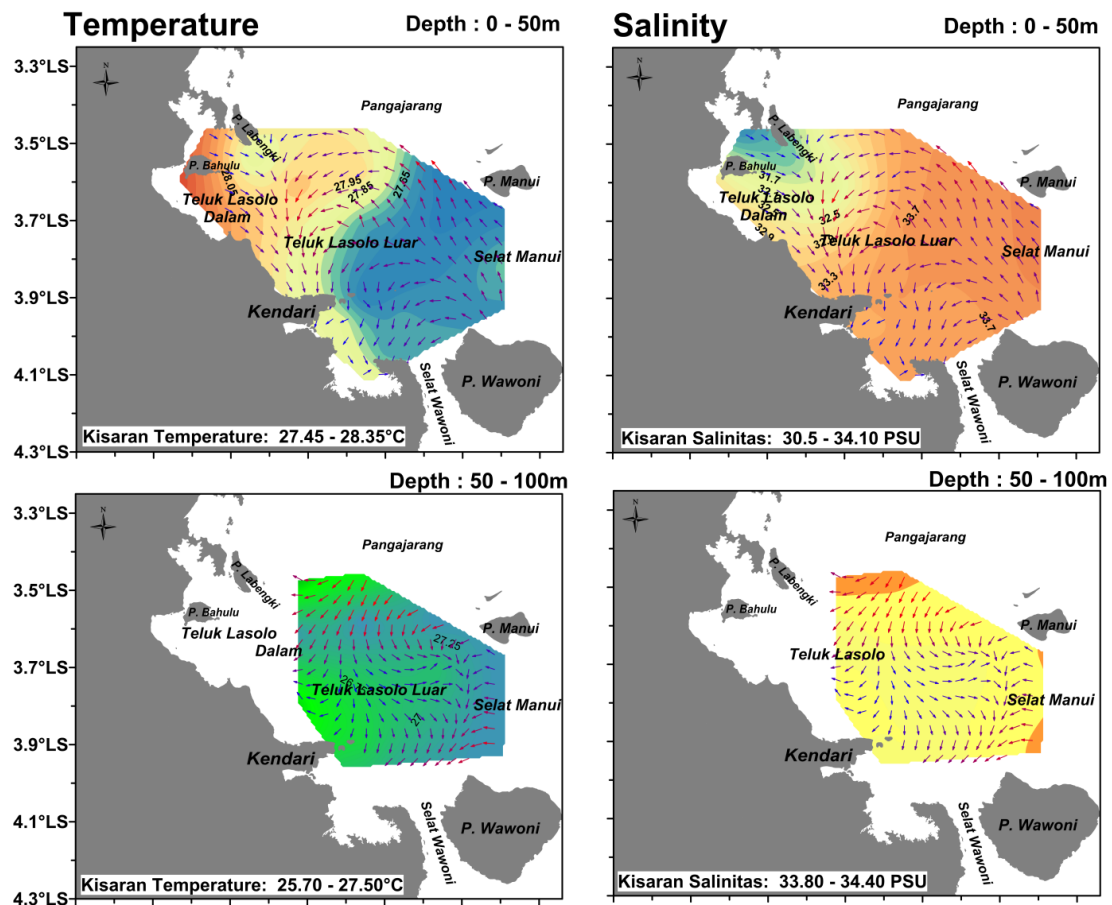


Gambar 7. Suhu permukaan laut (°C, kontur warna) dan vektor tegangan angin ($N \cdot m^{-2}$) di perairan Indonesia selama bulan Juli.

Figure 7. Sea surface temperature (°C, color scale) and wind vector ($N \cdot m^{-2}$) in Indonesian waters during July.



Gambar 8. Stratifikasi salinitas massa air di lintasan melintang perairan Teluk Lasolo, Juli 2011.
Figure 8. Stratification of water mass salinity at the cross section of Lasolo Bay, July 2011.



Gambar 9. Sebaran spasial suhu dan salinitas yang ditumpangtindihkan dengan arus di kedalaman 0–50 m dan 50–100 m.

Figure 9. Spatial distribution of the temperature and salinity overlaid with the currents at 0–50 m and 50–100 m depths.

Sebaran spasial suhu dan salinitas di lapisan 0–50 m dan 100–200 m memperlihatkan adanya perbedaan kondisi suhu yang sangat mencolok di

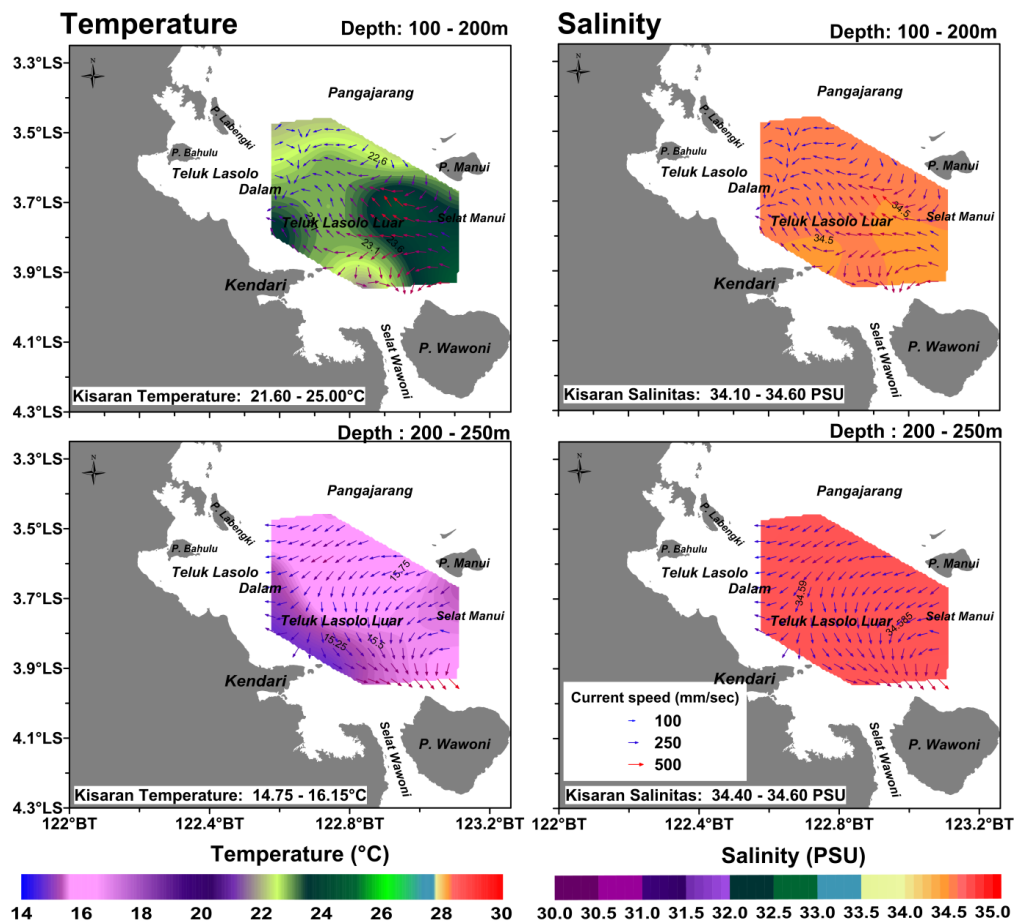
daerah TLD dan TLL. Pergerakan massa air dari wilayah yang mempunyai suhu lebih rendah ke wilayah yang mempunyai suhu lebih tinggi di

pesisir menyebabkan terbentuknya area batas pertemuan antara air hangat dan air dingin. Massa air dengan suhu rendah dan salinitas tinggi merupakan massa air yang berasal dari Laut Banda dengan kandungan nutrien yang tinggi akibat *upwelling*. Pertemuan massa air dengan suhu yang berbeda menyebabkan terjadinya pencampuran dan pengayaan zat hara, sehingga perairan menjadi lebih dingin dan kaya akan nutrisi (Hasyim et al., 2009).

Front massa air yang terbentuk di lapisan permukaan menyebabkan pemisahan aliran massa air. Air yang bersalinitas lebih rendah yang membawa padatan tersuspensi yang berasal dari daratan mengalir di sepanjang perairan pesisir. Air dengan padatan tersuspensi tersebut menyebabkan kekeruhan di lapisan permukaan sepanjang pesisir timur Sulawesi Tenggara mulai dari TLD hingga perairan Teluk Kendari dengan kisaran 5,3–6,3

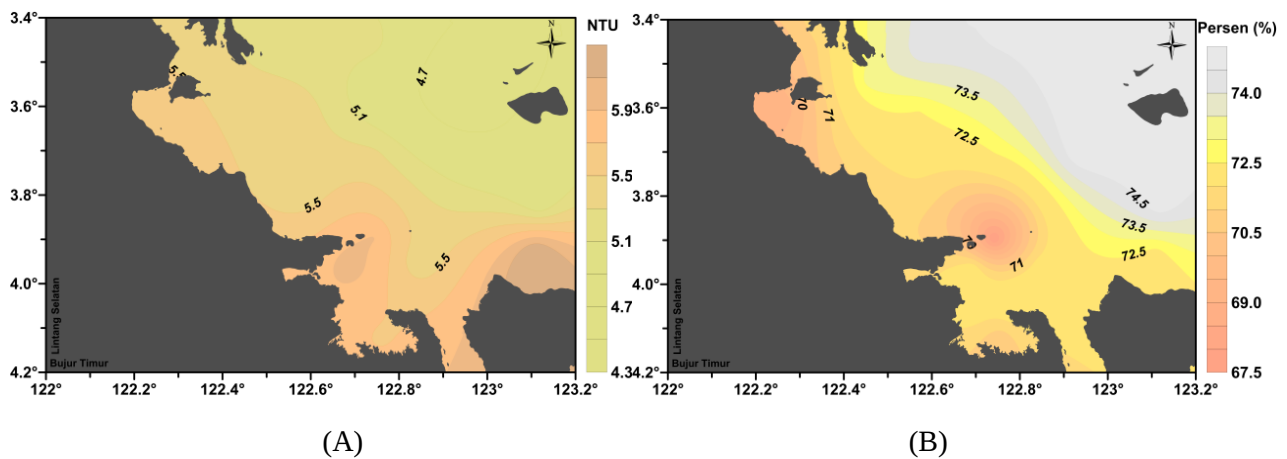
NTU (Gambar 11). Kekeruhan akan menghalangi transmisi cahaya matahari (Daphne et al., 2011). Nilai transmisi cahaya matahari berada pada kisaran yang relatif rendah, yaitu 67,5–74,5% (Gambar 11), sehingga akan menyebabkan penurunan kualitas perairan apabila berlangsung secara terus-menerus.

Selain aktivitas manusia, padatan tersuspensi yang tinggi di perairan pesisir berkaitan dengan banjir yang mungkin terjadi akibat energi kinetik yang cukup (Quesada et al., 2014) untuk mengangkat sedimen dari dasar sungai ataupun dari permukaan tanah yang gersang. Material yang sangat halus yang tersuspensi dalam kolom air, selain mengurangi penetrasi cahaya matahari juga bertanggung jawab atas penyumbatan pada membran biologis seperti insang ikan dan invertebrata (Dunlop et al., 2005).



Gambar 10. Sebaran spasial suhu dan salinitas yang ditumpangtindihkan dengan arus di kedalaman 100–200 m dan 200–250 m.

Figure 10. Spatial distribution of the temperature and salinity overlaid with the currents at 100–200 m and 200–250 m depths.



Gambar 11. Distribusi spasial (A) kekeruhan dan (B) transmisi cahaya di lapisan permukaan.
Figure 11. Spatial distribution of (A) turbidity and (B) light transmission at water surface.

Kesimpulan

Stratifikasi massa air di perairan Teluk Lasolo diakibatkan oleh adanya perbedaan kecepatan dan arah arus pada kolom air. Massa air Laut Banda dengan salinitas maksimum (34,55–34,60 PSU) yang teridentifikasi sebagai massa air NPSW mengisi Teluk Lasolo di dua lapisan kedalaman, yaitu kedalaman 100–200 m bersuhu 15–22°C dan kedalaman 350 m sampai dekat dasar bersuhu 6–11°C. Massa air dengan salinitas lebih rendah yang teridentifikasi sebagai massa air NPIW (34,4–34,5 PSU) yang mengalir dari Selat Makassar menuju ke Laut Banda—terbagi menjadi dua lapisan kedalaman, yaitu kedalaman 50–100 m bersuhu 22–25°C dan kedalaman 200–350 m bersuhu 11–15°C.

Persantunan

Tulisan ini merupakan hasil riset bersama antara LIPI dan DIKTI. Penulis mengucapkan terima kasih kepada LIPI dan DIKTI atas kerja sama dalam melaksanakan penelitian dan kepada kru KR. Baruna Jaya VIII atas bantuannya selama pengambilan data.

Daftar Pustaka

- Atmadipoera A & P Widyastuti. 2014. A Numerical Modelling Study on Upwelling Mechanism in Southern Makassar Strait. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan*, 6(2): 355–371.
- 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.
- Capotondi A, MA Alexander, NA Bond, EN Curchitser & JD Scott. 2012. Enhanced upper ocean stratification with climate change in the CMIP3 models. *J. Geophys. Res.*, 117(C4): 1–23.
- Daphne LHX, HD Utomo & LZH Kenneth. 2011. Correlation between Turbidity and Total Suspended Solids in Singapore Rivers. *Journal of Water Sustainability*, 1(3): 313–322.
- Dunlop J, G McGregor & N Horrigan. 2005. *Potential impacts of salinity and turbidity in riverine ecosystems*. Queensland Department of Natural Resources and Mines. The State of Queensland. 72 pp.
- Elken J, A Lehmann & K Myrberg. 2015. Ch. 7. Recent Change-Marine Circulation and Stratification. In: HJ Bolle, M Menenti, S Sebastiano & SI Rasool. (Eds). *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Regional Climate Studies. p. 131–144.
- Gordon AL & RA Fine. 1996. Pathways of water between the Pacific and Indian Oceans in the Indonesian Seas. *Nature*, 379: 146–149.
- Gordon AL & RD Susanto. 2001. Banda Sea surface-layer divergence. *Ocean Dynamics*, 52: 2–10.
- Hasyim B, M Hartuti & S Sulma. 2009. Identification of Fishery Resources in Madura Strait Based on the Implementation of Potential Fishing Zone Information from Remote Sensing. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 16: 1–13.

- Ilahude AG & AL Gordon. 1996. Thermocline Stratification within the Indonesian Seas. *J. Geophys. Res.*, 101(C5): 12.401–12.420.
- Quesada S, A Tena, D Guillén, A Ginebreda, D Vericat, E Martínez, A Navarro-Ortega, RJ Batalla & D Barceló. 2014. Dynamics of suspended sediment borne persistent organic pollutants in a large regulated Mediterranean river (Ebro, NE Spain). *Journal of Science of the Total Environment*, 473–474 (44): 381–390.
- Renault L, B Dewitte, P Marchesiello, S Illig, V Echevin, G Cambon, M Ramos, O Astudillo, P Minnis & JK Ayers. 2012. Upwelling response to atmospheric coastal jets off central Chile: a modeling study of the October 2000 event. *J. Geophys. Res.*, 117(2): 1–21.
- Sprintall J & WT Liu. 2005. Ekman Mass and Heat Transport in the Indonesian Seas. *Oceanography*, 18(4): 88–97.
- Tubalawony S, E Kusmanto & Muhadjirin. 2012. Suhu dan Salinitas Permukaan Merupakan Indikator Upwelling sebagai Respon terhadap Angin Muson Tenggara di Perairan Bagian Utara Laut Sawu. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 17(4): 226–239.
- Wyrski K. 1961. *The Physical Oceanography of Southeast Asian Waters, Naga Report. 2*. Scripps Inst. of Oceanography La Jolla, Calif. 195 pp.