
**STUDI KARAKTERISTIK MASSA AIR PADA LAPISAN TERMOKLIN
DI SELAT MAKASSAR**
**WATER MASS CHARACTERISTICS OF THE THERMOCLINE LAYER
IN THE MAKASSAR STRAIT**

**Taufiq Supriyanto^{1*}, I Nengah Putra Apriyanto¹, Bambang Irwanto¹, Agus Adriyanto¹,
Budi Purwanto², Agustinus², Widodo S. Pranowo³**

¹Prodi Doktor Ilmu Pertahanan, Universitas Pertahanan RI

Jl. Salemba Raya No.3, RT.1/RW.3, Paseban, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10440

²Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI-AL. Jln. Pantai Kuta V. Ancol. Jakarta.

³Badan Riset dan Inovasi Nasional. Jln. M. H. Thamrin. Jakarta

*Corresponding author email: topiksupri@gmail.com

Submitted: 25 April 2025 / Revised: 6 August 2025 / Accepted: 11 August 2025

<http://doi.org/10.21107/jk.v18i2.29829>

ABSTRAK

Selat Makassar merupakan jalur strategis antara Kalimantan dan Sulawesi yang menghubungkan Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Selain menjadi rute pelayaran internasional penting, wilayah ini juga rawan terhadap ancaman keamanan seperti ranjau laut dan drone bawah air, sehingga membutuhkan pengawasan ketat dan kerja sama lintas sektor. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi karakteristik kolom air, khususnya lapisan termoklin yang berpotensi menjadi wilayah persembunyian (Shadowzone), pada kedalaman 0–300 meter di choke point Selat Makassar. Data suhu dan salinitas terhadap kedalaman diperoleh dari pengukuran argo float selama periode Oktober 2017 hingga Januari 2018. Perhitungan kecepatan rambat suara dilakukan menggunakan persamaan empiris Medwin. Lapisan termoklin diidentifikasi melalui gradien suhu sebesar 0,1°C per meter. Visualisasi dan analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak ODV 5.6.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan termoklin berada pada kedalaman 86,4–158,1 meter, dengan suhu 16,79–27,98°C, salinitas 33,75–34,67‰, dan kecepatan suara 1514,19–1541,95 m/s. Ketebalan lapisan sekitar 72 meter ini diindikasikan sebagai Shadowzone yang potensial menjadi lokasi persembunyian objek bawah laut.

Kata Kunci: Selat Makassar, Lapisan termoklin, Suhu, Salinitas, Kecepatan Suara

ABSTRACT

The Makassar Strait is a strategic route between Kalimantan and Sulawesi that connects the Pacific Ocean and the Indian Ocean. In addition to being an important international shipping route, this area is also prone to security threats such as sea mines and underwater drones, requiring strict surveillance and cross-sector cooperation. This study aims to explore the characteristics of the water column, particularly the thermocline layer that has the potential to become a hiding place (Shadowzone), at a depth of 0–300 metres at the Makassar Strait choke point. Temperature and salinity data at different depths were obtained from argo float measurements during the period from October 2017 to January 2018. Sound propagation velocity calculations were performed using the Medwin empirical equation. The thermocline layer was identified through a temperature gradient of 0.1°C per metre. Data visualisation and analysis were conducted using ODV 5.6.2 software. The results of the study show that the thermocline layer is located at a depth of 86.4–158.1 metres, with a temperature of 16.79–27.98°C, salinity of 33.75–34.67‰, and sound velocity of 1514.19–1541.95 m/s. The thickness of this layer, approximately 72 metres, is indicated as a potential shadow zone for the hiding of underwater objects.

Keywords: Makassar Strait, Thermocline Layer, Temperature, Salinity, Sound Velocity

PENDAHULUAN

Selat Makassar merupakan wilayah strategis maritim yang terletak diantara pulau Kalimantan dan Sulawesi di Indonesia, (Gordon, 2005; Santoso *et al.*, 2021), Selat Makassar juga merupakan salah satu jalur Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) II yang bisa digunakan untuk kepentingan pelayaran niaga maupun militer termasuk sebagai jalur dan latihan kapal selam. Hal ini menjadikan Selat Makassar sangat penting dalam pelayaran Internasional. Selain itu Selat Makassar merupakan selat yang strategis dikarenakan letak Selat Makassar yang dekat dengan Ibukota Nusantara (IKN) dan pintu masuk ke wilayah kepulauan Indonesia.

Selat Makassar dipengaruhi arus yang bergerak dari samudera Pasifik ke Samudera Hindia (Gordon and Fine., 1996 ; Ilahude and Gordon., 1996 ; Kashino., 1999 dan Gordon., 2005). Arus ini biasanya disebut Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) atau lebih dikenal sebagai *Indonesian Through Flow* (ITF) (Gordon *et al.*, 2010 ; Agustinus *et al.*, 2022). ARLINDO membawa Massa Air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia yang cenderung lebih dingin melalui Perairan Indonesia (Hasanudin, 1998). Menurut Wijaya *et al.* (2011) bahwa Arus Lintas Indonesia (Arlindo) mengontrol sebaran menegak massa air utama di kawasan timur Indonesia dan Massa Air memiliki karakteristik sesuai dengan daerah asalnya (Agustinus *et al.*, 2016).

Sirkulasi Arlindo bersama dengan variasi pergerakan angin muson akan berpengaruh terhadap distribusi suhu, salinitas dan densitas di lapisan homogen dan termoklin (Putra, 2020). Lapisan termoklin merupakan lapisan perairan laut yang dicirikan terjadi perubahan penurunan suhu yang cepat terhadap kedalaman, begitu juga dengan Kecepatan suara dipengaruhi oleh keberadaan lapisan termoklin yang ditandai dengan perubahan suhu ini, semakin rendah suhu pada kedalaman tertentu maka kecepatan suara semakin rendah, begitupun sebaliknya semakin tinggi suhu pada kedalaman tertentu maka kecepatan suara akan semakin tinggi (Winanta *et al.*, 2022).

Perubahan suhu, salinitas dan kecepatan suara pada lapisan termoklin akan berpengaruh terhadap pengoperasian peralatan akustik bawah air karena pada lapisan termoklin terdapat daerah persembunyian atau shadow zone (Andrianto, 2002). Daerah tersebut merupakan daerah yang aman dari SONAR untuk tempat persembunyian objek bawah air.

Di Indonesia, di tubuh TNI AL, sistem SONAR telah dikenal sebagai perlengkapan sistem deteksi objek bawah air, walaupun dengan kemampuan yang terbatas. Di dalam tubuh KRI (Kapal Perang RI) baik kapal atas air dan kapal selam telah dilengkapi dengan SONAR untuk deteksi dan komunikasi bawah air (Wahyudi, 2006). Keberadaan lapisan termoklin akan berpengaruh terhadap pola penjalaran gelombang akustik di laut. Posisi sonar yang paling baik untuk mendeteksi kapal selam adalah pada permukaan lapisan termoklin, karena pada posisi ini sonar dapat mendeteksi kapal selam pada mixed layer dan lapisan termoklin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis suhu, salinitas, dan kecepatan suara pada lapisan termoklin sebagai indikasi area *Shadowzone* di Selat Makassar, baik secara menegak maupun melintang, guna mendukung pemahaman terhadap dinamika oseanografi dan potensi ancaman bawah laut di kawasan strategis tersebut.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian akan difokuskan di Selat Makassar sedangkan Data Argo Float dengan 10 stasiun berupa Data Suhu dan Salinitas dari bulan oktober 2017 sampai januari 2018 dengan kedalaman mencapai 1000 meter. Data Suhu dan Salinitas digunakan untuk mendapatkan nilai profil kecepatan suara (SVP) menggunakan persamaan empiris Medwin (Medwin, H., 1975). Menurut Urlick (1983), persamaan empiris untuk profil kecepatan suara dibagi menjadi tiga bagian, salah satunya adalah persamaan empiris Medwin $c = 1449,2 + 4,6 \times T - 5,5 \times 10^{-2} T^2 + 2,9 \times 10^{-4} T^3 + (1,34 - 10^{-2} T) \times (S - 35) + 1,6 \times 10^{-2} z$, dengan batasan-batasan berikut:

$$0 \leq T \leq 35^{\circ}\text{C} \text{ (dalam Celsius)}$$

$$0 \leq S \leq 45\text{‰}$$

$$0 \leq z \leq 1000 \text{ meter}$$

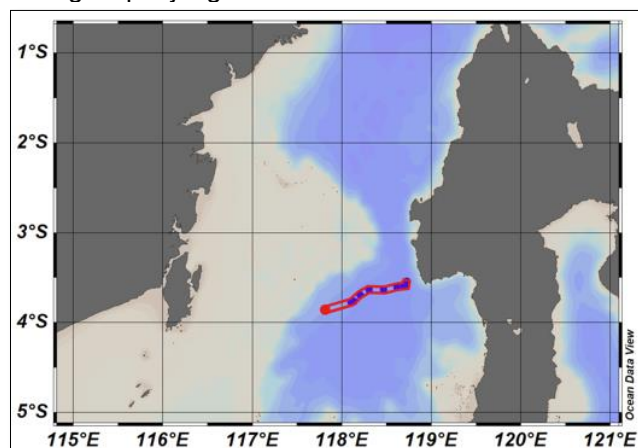
Dari data suhu juga digunakan untuk mendapatkan ketebalan lapisan termoklin menggunakan asumsi bahwa lapisan termoklin terjadi pada suatu kedalaman atau posisi dimana gradien suhu lebih besar atau sama dengan $0,1^{\circ}\text{C/m}$ (Ross, 1970), persamaannya sebagai berikut

$$\Delta T / \Delta Z \geq 0,1^{\circ}\text{C/m} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana, ΔT : Selisih Suhu bawah dan atas ($^{\circ}\text{C}$);
 ΔZ : Selisih Kedalaman bawah dan atas (m)

Data Argo Float yang ditandai garis berwarna merah dengan 10 (sepuluh) buah titik stasiun pengamatan yang melintang sepanjang Selat

Makassar. Lokasi penelitian dan pengambilan data disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi titik-titik stasiun penelitian berupa *cross section* di Selat Makassar.
Sumber : Odv Reiner Schlitzer (2022).

Analisa data Suhu, Salinitas, Kecepatan Suara dan lapisan termoklin dilakukan dengan menggunakan *software Ocean Data View* (ODV) dan Ms Excel. Data-data tersebut ditampilkan dalam pola distribusi Suhu, Salinitas dan kecepatan suara secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin di Selat Makassar dengan kedalaman mencapai 1000 meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik massa air terutama Suhu, Salinitas dan Kecepatan suara secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin masing-masing stasiun data Argo Float dari bulan oktober 2017 sampai januari 2018 dengan kedalaman mencapai 1000 meter di Selat Makassar disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Besaran nilai Ketebalan Lapisan Termoklin dan Karakteristik Massa Air di Selat Makassar.

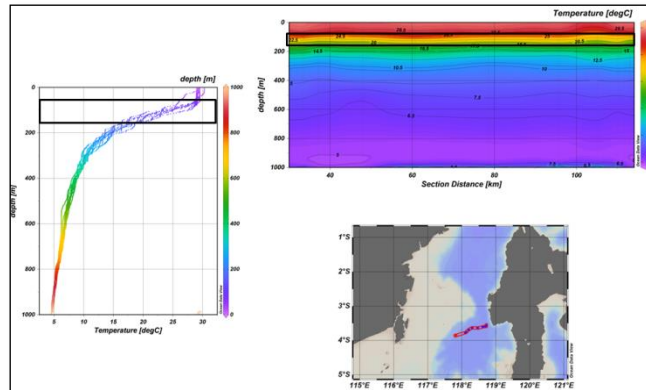
Stasiun	Kedalaman Lapisan Termoklin (m)	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	Kecepatan Suara (m/s)
1	100,3	20,06	34,25	1523,04
	117,9	24,99	34,53	1535,12
2	98	23,53	34,11	1531,85
	114	27,76	34,33	1541,34
3	94	22,11	33,72	1528,07
	110	25,56	34,25	1535,80
4	106,6	24,85	34,18	1534,81
	116	21,1	34,44	1525,72
5	98,5	27,98	34,22	1541,95
	128	21,92	34,63	1528,29
6	96	25,32	33,57	1535,10
	107,6	22,62	33,97	1529,04
7	86,4	27,18	33,65	1539,36
	104	24,53	34,37	1534,20
8	128	20,24	34,66	1523,84
	142	16,79	34,67	1514,19
9	146	21,25	34,68	1526,87
	158,1	18,12	34,7	1518,40
10	90	25,26	33,92	1535,24
	106,1	20,92	34,29	1524,91

Karakteristik Suhu

Distribusi suhu pada lapisan termoklin di Selat Makassar menunjukkan variasi yang signifikan baik secara vertikal maupun horizontal. Berdasarkan data Argo Float dari bulan Oktober 2017 sampai Januari 2018, suhu pada lapisan termoklin berkisar antara 16,79-27,98 °C dengan rata-rata 16,99 °C sampai 29,43 °C.

Gambar 2 menunjukkan pola distribusi Suhu secara menegak dan melintang pada lapisan

termoklin masing-masing stasiun data Argo float di Selat Makassar, dimana suhu perairan tertinggi ditemukan di stasiun 5 dengan nilai 27,98 °C pada kedalaman lapisan termoklin 98,5 meter, sedangkan suhu perairan terendah ditemukan pada stasiun 8 dengan nilai 16,79 °C pada kedalaman lapisan termoklin 142 meter. Kisaran suhu ini memiliki nilai yang hampir sama dengan penelitian sebelumnya di perairan Selat Makassar yang dilakukan Gunawan *et al.* (2019) dan Agustinus *et al.* (2023).

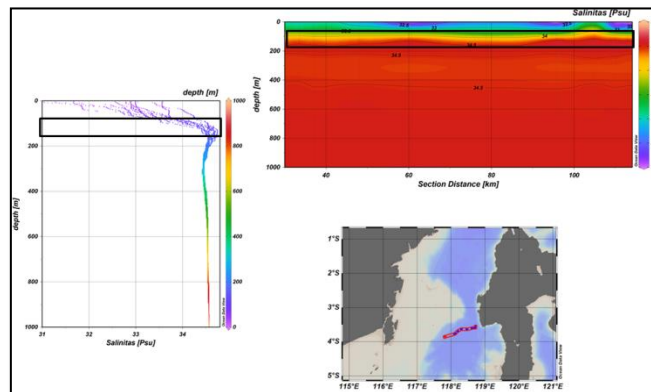


Gambar 2. Pola distribusi Suhu secara menegak dan melintang pada Lapisan termoklin di Selat Makassar.

Pola distribusi suhu menunjukkan bahwa semakin dalam perairan, suhu cenderung menurun secara drastis, yang merupakan karakteristik khas dari lapisan termoklin. Variasi suhu pada setiap stasiun dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pemanasan matahari, tekanan angin, dan penetrasi panas pada kedalaman tertentu.

Distribusi Salinitas

Salinitas pada lapisan termoklin di Selat Makassar menunjukkan variasi berkisar antara 33,57–34,67 ‰ dengan rata-rata 34,09 ‰ sampai 34,42 ‰ yang ditampilkan dalam **Gambar 3** dibawah ini.



Gambar 3. Pola distribusi salinitas secara menegak dan melintang pada Lapisan Termoklin di Selat Makassar.

Salinitas perairan tertinggi ditemukan di stasiun 8 dengan nilai 34,67 ‰ pada kedalaman lapisan termoklin 142 meter, sedangkan salinitas terendah ditemukan pada stasiun 6 dengan nilai 33,57 ‰ pada kedalaman lapisan termoklin 96 meter.

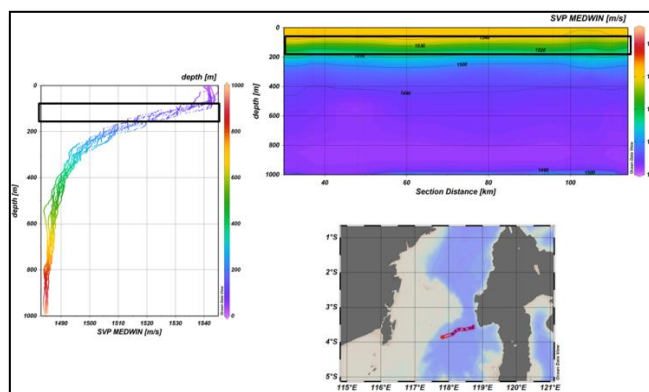
Berdasarkan profil kedalaman, semakin dalam tingkat kedalaman, nilai salinitas semakin tinggi. Lapisan kedalaman tersebut merupakan lapisan dengan perubahan salinitas yang besar yang berbanding lurus dengan semakin bertambahnya tingkat kedalaman, atau yang

biasa dinamakan sebagai lapisan termoklin/haloklin (Suhana, 2018).

Pola distribusi salinitas secara vertikal menunjukkan gradien yang jelas, dimana peningkatan salinitas sejalan dengan bertambahnya kedalaman, mencerminkan stratifikasi massa air yang khas di perairan tropis.

Kecepatan Suara

Kecepatan suara (Sound Velocity Profile/SVP) pada lapisan termoklin di Selat Makassar berkisar antara 1514,19-1541,95 m/s dengan rata-rata 1525,77 m/s sampai 1534,94 m/s yang disajikan dalam **Gambar 4**.



Gambar 4. Pola distribusi Kecepatan Suara secara menegak dan melintang di Selat Makassar.

Kecepatan suara tertinggi ditemukan di stasiun 5 dengan nilai 1541,95 m/s pada kedalaman lapisan termoklin 98,5 meter, sedangkan kecepatan suara terendah ditemukan pada stasiun 8 dengan nilai 1514,19 m/s pada kedalaman lapisan termoklin 142 meter.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kecepatan suara menurun drastis akibat adanya daerah termoklin, sehingga nilai kecepatan suara berbanding lurus dengan nilai suhu. Dalam penelitian Khanan (2020) menyatakan bahwa kecepatan suara dalam air berbeda-beda tergantung dengan kondisinya. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan kecepatan suara dalam air meliputi kekentalan zat cair, suhu, tekanan, dan faktor lainnya.

Pola distribusi kecepatan suara menunjukkan korelasi yang kuat dengan distribusi suhu, dimana penurunan suhu pada lapisan termoklin diikuti dengan penurunan kecepatan suara yang signifikan.

Ketebalan Termoklin

Analisis ketebalan lapisan termoklin menunjukkan variasi yang signifikan antar stasiun pengamatan. Ketebalan lapisan termoklin memiliki rata-rata batas atas di kedalaman 104,38 meter dan rata-rata batas bawah di kedalaman 120,37 meter, dengan ketebalan rata-rata sekitar 72 meter.

Lapisan termoklin cenderung lebih tipis pada stasiun yang berada di utara, kondisi ini diduga

karena pengaruh dari Mindanao Eddy yang berada pada daerah tersebut sehingga bersifat mengangkat lapisan termoklin ke atas. Sebaliknya, pada posisi stasiun di selatan dipengaruhi oleh Halmahera Eddy yang bersifat menekan lapisan termoklin lebih dalam (Sidabutar *et al.*, 2014).

Ketebalan lapisan termoklin terendah ditemukan pada stasiun 2, 4, dan 6 pada kedalaman 96 meter dengan karakteristik suhu 22,62 °C sampai 25,32 °C, salinitas 33,57 ‰ sampai 33,97 ‰, dan kecepatan suara 1529,04 m/s sampai 1535,10 m/s. Hal ini sesuai dengan penelitian Hasse dan Dobson (1986) serta Putra (2020) bahwa variabilitas ketebalan lapisan homogen dan termoklin pada setiap stasiun dipengaruhi oleh tekanan angin, pemanasan matahari, dan partikel yang membatasi penetrasi panas di kedalaman.

Ketebalan lapisan termoklin tertinggi ditemukan pada stasiun 1, 5, dan 7 pada kedalaman 86,4 meter dengan karakteristik suhu 24,53 °C sampai 27,18 °C, salinitas 33,65 ‰ sampai 34,37 ‰, dan kecepatan suara 1534,20 m/s sampai 1539,36 m/s.

Variasi kedalaman lapisan termoklin di stasiun pengamatan diduga karena adanya aktivitas gelombang internal. Pada saat puncak gelombang internal melewati kolom perairan, lapisan homogen akan termampatkan dan menjadi lebih tipis. Sebaliknya, jika lembah gelombang internal melewati kolom perairan, maka lapisan homogen akan menjadi lebih

tebal. Li *et al.* (2000) menjelaskan bahwa gelombang internal merupakan salah satu penyebab perbedaan tingkat ketebalan lapisan homogen dan lapisan termoklin selain faktor kecepatan angin yang bertiup di atas permukaan laut.

Perbedaan nilai ketebalan lapisan termoklin juga dipengaruhi oleh proses-proses dinamika yang sering dijumpai pada daerah arus dan sirkulasi massa air. Di daerah tersebut, massa air yang panas dapat melakukan intrusi ke bawah sehingga menyebabkan batas bawah lapisan homogen menjadi lebih tebal dan letak lapisan termoklin menjadi lebih dalam dengan ketebalan yang lebih tipis.

Hasil analisis menunjukkan bahwa area termoklin di Selat Makassar teridentifikasi sebagai shadow zone yang berada pada kedalaman 86 meter sampai 158 meter dengan ketebalan lapisan termoklin sekitar 72 meter. Dengan diketahuinya ketebalan lapisan termoklin sebesar 72 meter pada lokasi Selat Makassar, diperlukan pemasangan alat monitoring pada lapisan termoklin tersebut untuk pertahanan negara dan mendeteksi peralatan akustik bawah air asing yang masuk perairan Indonesia secara ilegal seperti sea glider, drone, kapal selam, dan sebagainya (Suharyo, 2018).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data Argo Float dari Oktober 2017 hingga Januari 2018, karakteristik kolom air di Selat Makassar pada kedalaman hingga 1000 meter menunjukkan variasi suhu antara 16,99°C hingga 29,43°C, salinitas 34,09‰ hingga 34,42‰, dan kecepatan suara 1525,77 m/s hingga 1534,94 m/s. Nilai-nilai ini mencerminkan kondisi termoklin yang cukup stabil di wilayah tersebut. Lapisan termoklin teridentifikasi berada pada kedalaman 86,4 hingga 146 meter dengan ketebalan rata-rata sekitar 72 meter. Ketebalan dan kedalaman lapisan ini menunjukkan keberadaan *Shadowzone*, yang secara teoritis dapat berfungsi sebagai area persembunyian alami bagi objek bawah laut seperti kapal selam, sea glider, atau peralatan akustik asing lainnya. Hal ini menjadikan Selat Makassar sebagai salah satu wilayah strategis dari sisi pertahanan laut, sehingga pemahaman terhadap dinamika suhu, salinitas, dan kecepatan suara sangat penting untuk aplikasi pemantauan dan pengawasan wilayah maritim Indonesia.

Berdasarkan temuan karakteristik lapisan termoklin di Selat Makassar, disarankan

dilakukan kajian lanjutan melalui observasi in-situ dan integrasi dengan model akustik untuk menentukan lokasi optimal penempatan sensor pertahanan bawah laut. Mengingat wilayah ini berpotensi sebagai *Shadowzone*, perlu pengawasan intensif terhadap aktivitas bawah laut ilegal melalui sistem deteksi dini yang didukung kolaborasi antara lembaga riset dan pertahanan maritim.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Argoflood, Komandan Pushidrosal atas ijin penggunaan data serta kontribusi seluruh tim penulis..

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus. (2016). Studi karakteristik massa air untuk menentukan shadow zone di Selat Makassar. *Jurnal Chart Datum*, 2(2), 69–78.
<https://doi.org/10.37875/chartdatum.v2i2.43>
- Agustinus, Pranowo, W. S., Nurhidayat, N., Asmoro, N. W., & Hendra. (2022). Karakteristik suhu dan salinitas di Selat Makassar berdasarkan data CTD cruise Arlindo 2005 dan Timit 2015. *Jurnal Chart Datum*, 8(2), 107–116.
<https://doi.org/10.37875/chartdatum.v8i2.144>
- Agustinus, Pranowo, W. S., Manik, H. M., Rahmatullah, A., & Aji, T. (2023). Relationship between water mass characteristics to sound velocity profiler (SVP) from South China Sea and Indonesian Throughflow Currents in Sulawesi Sea. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 12(3), 346–353.
<https://doi.org/10.13170/depik.12.3.27560>
- Andrianto, A. (2002). *Propagasi akustik di bawah laut dengan menggunakan metode ray tracing* [Tugas akhir, Institut Teknologi Bandung]. Repositori ITB.
- Boston, N. J. E. (1966). *Objective definition of the thermocline* (Technical Report). Department of Oceanography, Texas A&M University.
- Gordon, A. L. (2005). Oceanography of the Indonesian seas and their throughflow. *Oceanography*, 18(4), 14–27.
<https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.01>
- Gordon, A. L., & Fine, R. A. (1996). Pathways of water between the Pacific and Indian oceans in the Indonesian seas. *Nature*, 379(6561), 146–149.
<https://doi.org/10.1038/379146a0>

- Gordon, A. L., Sprintall, J., Van Aken, H. M., Susanto, D., Wijffels, S., Molcard, R., Field, A., 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>
- Hasse, L., & Dobson, F. (1986). *Introductory physics of the atmosphere and ocean*. D. Reidel Publishing Company.
<https://doi.org/10.1007/978-94-009-4450-1>
- Hasanudin, M. (1998). Arus lintas Indonesia (ARLINDO). *Jurnal Oseana*, 23(2), 1–9.
- 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>
- Khanan, M., & Ashari, A. (2020). Pengukuran kecepatan suara dalam media air menggunakan sensor ultrasonik. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*, 10(1), 75–86.
<https://doi.org/10.22146/ijeis.51739>
- Li, X., Colon, P. C., & Friedman, K. S. (2000). Estimating oceanic mixed layer depth from internal wave evolution observed from RADARSAT-1 SAR. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 21(1), 130–135.
- Medwin, H. (1975). Speed of sound in water: A simple equation for realistic parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 58(6), 1318–1319.
<https://doi.org/10.1121/1.380790>
- Putra, T. W. L., Kunarso, K., & Kusumaningtyas, A. R. T. D. (2020). Distribusi suhu, salinitas dan densitas di lapisan homogen dan termoklin perairan Selat Makassar. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2), 123–132.
<https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i2.7890>
- Ross, D. A. (1970). *Introduction to oceanography*. Appleton-Century-Crofts.
- Santoso, S. P., IP, S., Sidjabat, C. A., IR, B., & Han, M. (2021). *Power negara*. Deepublish.
- Schlitzer, R. (2022). *Ocean Data View* (Version 5.6.5) [Computer software]. Alfred Wegener Institute. <https://odv.awi.de/>
- Sidabutar, H. C., Rifai, A., & Indrayanti, E. (2014). Kajian lapisan termoklin di perairan utara Jayapura. *Journal of Oceanography*, 3(2), 135–141.
<https://doi.org/10.14710/joc.v3i2.4746>
- Suhana, M. P. (2018). Karakteristik massa air dan struktur termohalin di perairan timur Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu Kelautan Tropis*, 10(1), 123–135.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i1.19581>
- Suharyo, O. S., Adrianto, D., & Hidayah, Z. (2018). Pengaruh pergerakan massa air dan distribusi parameter temperatur, salinitas dan kecepatan suara. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(2), 104–112.
<https://doi.org/10.21107/jk.v11i2.4521>
- Tomczak, M., & Godfrey, J. S. (2001). *Regional oceanography: An introduction* (2nd ed.). Pergamon Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-041021-0.50003-4>
- Urick, R. J. (1983). *Principles of underwater sound* (3rd ed.). Peninsula Publishing.
- Wahyudi, A. (2006). *Propagasi akustik bawah air untuk navigasi dan komunikasi kapal selam TNI AL di perairan Selat Makassar* [Tugas akhir, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut]. Repositori STTAL.
- Wijaya, R., Setiawan, F., & Fitriani, S. D. (2011, November). Kajian fenomena Arlindo di Laut Seram dan kaitannya dengan perubahan iklim global. In *Seminar Internasional Kelautan*, Denpasar, Bali.
- Winanta, J., Kuswardani, A. R. T. D., Setiadi, H., & Riyadi, N. (2022). Studi lapisan termoklin untuk menentukan pola perambatan gelombang suara. *Jurnal Chart Datum*, 1(2), 143–150.
<https://doi.org/10.37875/chartdatum.v1i2.112>