

KARAKTERISTIK KOLOM AIR DI TITIK PENYEMPITAN (*CHOKE POINT*) SELAT MAKASAR

CHARACTERISTICS OF THE WATER COLUMN AT THE TITIK PENYEMPITAN OF THE MAKASSAR STRAIT

Taufiq Supriyanto¹, Agustinus², Amri Rahamatullah², Widodo S. Pranowo², & Yoyok Triono³

¹Prodi Doktor Ilmu Pertahanan, Universitas Pertahanan RI, Jakarta Pusat,

²Prodi Magister Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Jakarta Utara

³Sekolah Staf dan Komando TNI Angkatan Laut (SESKOAL), Jakarta Selatan

e-mail : achmadiiswan67@gmail.com

ABSTRAK

Titik Penyempitan (*Choke Point*) Selat Makassar adalah salah satu wilayah laut Indonesia yang memiliki potensi ancaman besar, termasuk temuan objek asing di dalam kolom air seperti ranjau dan drone bawah air. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi karakteristik kolom air, khususnya lapisan termoklin yang diindikasikan sebagai wilayah persembunyian atau *Shadow Zone*, dengan kedalaman 0 hingga 300 meter di Titik Penyempitan Selat Makassar. Data suhu dan salinitas terhadap kedalaman yang diperoleh dari *Marine Copernicus* selama 1 tahun, dari 16 Desember 2019 hingga 16 Desember 2020, digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya, perhitungan kecepatan rambat suara dilakukan berdasarkan persamaan empiris Medwin, dan lapisan termoklin ditentukan dengan ciri gradien suhu perkedalaman sebesar 0,1°C untuk setiap pertambahan kedalaman satu meter. Visualisasi data menggunakan *software* ODV 5.6.2 untuk menganalisis karakteristik kolom air terutama suhu, salinitas, dan kecepatan suara di lapisan termoklin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan termoklin, yang berada pada kedalaman 78 hingga 130 meter, memiliki suhu berkisar 20,2 °C sampai 28,2 °C, salinitas 33,75 ‰ sampai 34,25 ‰, dan kecepatan suara 1525 m/s sampai 1540 m/s, dengan ketebalan lapisan termoklin sekitar 52 meter yang diindikasikan sebagai daerah persembunyian atau *Shadow Zone*.

Kata Kunci: Titik Penyempitan , Selat Makassar, lapisan termoklin, suhu, salinitas, kecepatan suara

ABSTRACT

Choke Point Makassar Strait is one of the maritime areas in Indonesia with significant potential threats, including the discovery of foreign objects in the water column such as mines and underwater drones. This research aims to explore the characteristics of the water column, especially the thermocline layer indicated as a hiding or Shadowzone area, at depths from 0 to 300 meters in the Selat Makassar Titik Penyempitan . Temperature and salinity data against depth obtained from Marine Copernicus for one year, from December 16, 2019, to December 16, 2020, are used in this study. Furthermore, calculations of sound propagation velocity are carried out based on the empirical equation by Medwin, and the thermocline layer is determined

by a characteristic temperature gradient per depth of 0.1°C for each meter increase in depth. Data visualization is conducted using ODV 5.6.2 software to analyze the characteristics of the water column, especially temperature, salinity, and sound velocity in the thermocline layer. The research results indicate that the thermocline layer, which is located at depths of 78 to 130 meters, has temperatures ranging from 20.2°C to 28.2°C , salinity from 33.75‰ to 34.25‰, and sound velocity from 1525 m/s to 1540 m/s, with a thermocline layer thickness of approximately 52 meters indicated as a hiding area or Shadowzone.

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

PENDAHULUAN

Titik Penyempitan Selat Makassar merupakan wilayah strategis maritim yang terletak diantara pulau Kalimantan dan Sulawesi di Indonesia, (Santoso *et al.*, 2021), Titik Penyempitan Selat Makassar ini juga menghubungkan Laut Sulawesi di bagian utara dengan Laut Jawa yang ada di bagian selatan disamping itu Selat Makassar terdapat arus yang bergerak dari samudera Pasifik ke Samudera Hindia (Gordon & Fine, 1996; Ilaude & 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).

Arlindo membawa Massa air dengan karakteristik suhu yang lebih tinggi dan salinitas yang lebih tinggi (sekitar 34,5 psu), di mana hal tersebut dapat digunakan untuk menentukan lapisan termoklin (Tomzack, 2000). Lapisan termoklin merupakan zona di

perairan laut yang ditandai dengan penurunan suhu yang cepat terhadap kedalaman. Keberadaan lapisan termoklin ini memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan suara di dalam air. Terdapat hubungan berbanding lurus antara suhu dan kecepatan suara pada kedalaman tertentu, semakin rendah suhu, semakin rendah kecepatan suara, dan sebaliknya (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 *Sound Navigation and Ranging SONAR* untuk tempat persembunyian objek bawah air. Di Indonesia, di instansi 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 diperlengkapi dengan SONAR untuk deteksi dan komunikasi bawah air (Wahyudi, 2006).

Penelitian ini merupakan bagian studi awal untuk menganalisis karakteristik kolom air terutama Suhu, Salinitas dan Kecepatan Suara pada lapisan termoklin yang terindikasi sebagai daerah shadowzone secara menegak dan melintang di Titik Penyempitan Selat Makassar berdasarkan Data *Marine copernicus* selama 1 tahun dengan kedalaman

mencapai 300m. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan memahami pola distribusi *shadow zone* di Selat Makassar, yang dapat memberikan wawasan penting untuk aplikasi pertahanan bawah air dan studi oseanografi di masa mendatang.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian akan difokuskan di Titik Penyempitan Selat Makassar sedangkan data CTD atau oseanografi fisik yang meliputi Suhu dan Salinitas yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data sekunder Marine copernicus selama 1 tahun dari 16 Desember 2019 sampai dengan 16 Desember 2020.

Data Suhu dan Salinitas digunakan untuk mendapatkan nilai profil kecepatan suara (SVP) menggunakan persamaan empiris Medwin (Medwin, 1975). Menurut Urick (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:

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

$$0 \leq S \leq 45\text{‰}$$

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

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 $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ (Ross, 1970) (Persamaan 1).

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

dimana,

ΔT : Selisih Suhu bawah dan atas ($^{\circ}\text{C}$)

ΔZ : Selisih Kedalaman bawah dan atas (m)

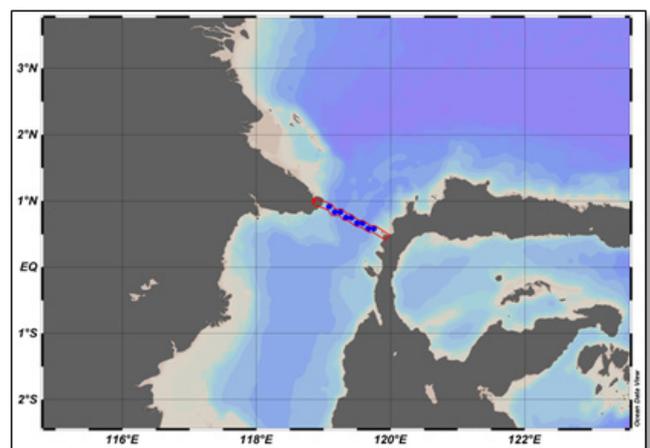
Data Sekunder *Marine Copernicus* yang ditandai garis berwarna merah dengan 9

(sembilan) buah titik stasiun pengamatan yang melintang sepanjang Titik Penyempitan selat makassar. Lokasi penelitian dan pengambilan data disajikan pada Gambar 1.

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 Titik Penyempitan Selat Makassar dengan kedalaman mencapai 300 meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kolom air terutama Suhu, Salinitas dan Kecepatan suara secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin masing-masing stasiun data *Marine Copernicus* selama 1 tahun dari 16 Desember 2019 sampai dengan 16 Desember 2020 di Titik Penyempitan Selat Makassar berkisar rata-rata antara $20,2\text{--}28,2^{\circ}\text{C}$, $33,75\text{--}34,25\text{‰}$ dan $1525\text{--}1540 \text{ m/s}$, Kisaran suhu, Salinitas dan Kecepatan Suara tersebut memiliki nilai yang hampir sama dengan penelitian



Gambar 1. Lokasi titik-titik stasiun penelitian berupa *cross section* di Titik Penyempitan Selat Makassar.

Figure 1. Location of research station points in the form of cross sections at the Makassar Strait Narrowing Point.

Sumber : *OdV Reiner Schlitzer (2022)*

sebelumnya di perairan selat makassar yang dilakukan (agustinus *et al.*, 2023), dimana ketebalan lapisan termoklin memiliki rata rata batas atas di kedalaman 78,9 meter dan rata rata batas bawah di kedalaman 130,6 meter.

Lapisan termoklin cenderung lebih tipis pada stasiun 1 sampai stasiun 5 yang berada disisi utara, kondisi ini diduga karena pengaruh dari Mindanao Eddy yang berada pada daerah tersebut sehingga akan bersifat mengangkat lapisan termoklin ke atas, sedangkan pada posisi stasiun 6 sampai stasiun 9 yang berada disisi selatan dipengaruhi oleh Halmahera Eddy yang bersifat menekan lapisan termoklin lebih dalam (Sidabutar *et al.*, 2014).

Pada Stasiun 1 memiliki ketebalan lapisan termoklin dari kedalaman 77,8m sampai 130,6m dengan karakteristik kolom air suhu sebesar 20,1°C sampai 26,9°C, salinitas sebesar 34,4‰ sampai 34,6‰ dan Kecepatan suara sebesar 1523 m/s sampai 1539 m/s, Stasiun 2 memiliki ketebalan lapisan termoklin dari kedalaman 65,8m sampai 130,6m dengan karakteristik kolom air suhu sebesar 20,2°C sampai 28,2°C, salinitas sebesar 34,0‰ sampai 34,5‰ dan Kecepatan suara sebesar 1523,6 m/s sampai 1541m/s, Stasiun 3 memiliki ketebalan lapisan termoklin dari kedalaman 65,8m sampai 130,6m dengan karakteristik kolom air suhu sebesar 20,2°C sampai 28,2°C, salinitas sebesar 34,0‰ sampai 34,5‰ dan Kecepatan suara sebesar 1523,6 m/s sampai 1541 m/s, selanjutnya stasiun 4, stasiun 5 sampai stasiun 9 akan disajikan dalam tabel.1 Besaran nilai Kedalaman Lapisan Termoklin dan Karakteristik Kolom Air di Titik Penyempitan Selat Makassar.

Ketebalan lapisan termoklin terendah ditemukan pada stasiun 2, 3, 4 dan 5 pada kedalaman 65,8m dengan besaran nilai suhu, salinitas dan kecepatan suara sebesar 28,12°C sampai 28,20°C, 33,99‰ sampai 34,01‰ dan 1541,5 m/s sampai

1541,7 m/s hal ini sesuai penelitian (Hasse & Dobson, 1986 ; TWL Putra., 2020) bahwa variabilitas ketebalan lapisan homogen dan termoklin pada setiap stasiun dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tekanan angin, pemanasan matahari dan partikel yang membatasi penetrasi bahang di kedalaman.

Ketebalan lapisan termoklin tertinggi ditemukan pada semua stasiun pada kedalaman 130,6m dengan besaran nilai suhu, salinitas dan kecepatan suara sebesar 20,1°C sampai 20,7°C, 34,58‰ sampai 34,73‰ dan 1523,4 m/s sampai 1525,3 m/s, terjadinya variasi kedalaman lapisan termoklin di setiap stasiun pengamatan diduga karena adanya aktivitas gelombang internal. Pada saat puncak gelombang internal melewati kolom perairan, lapisan homogen akan termampatkan dan akan menjadi lebih tipis. Hal berbeda jika lembah gelombang internal melewati kolom perairan maka lapisan homogen akan menjadi lebih tebal. Hal ini dijelaskan oleh Li *et al.*, (2000)), bahwa gelombang internal merupakan salah satu penyebab perbedaan tingkat ketebalan lapisan homogen dan lapisan termoklin selain

Tabel 4. Tabel Matriks Indeks Eksperimen IOD Positif/IOD Negatif Single
Table 4. Table of Experimental Matrix Indices for Positive IOD / Negative IOD Single

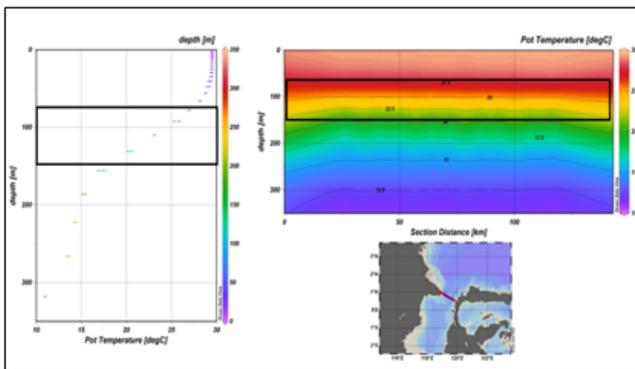
Sta-siun	Kedalaman Lapisan Termoklin (m)	Suhu °C	Salinitas ‰	Kecepatan Suara m/s
4	65,8	28,17	33,99	1541,6
	130,6	20,24	34,58	1523,8
5	65,8	28,12	34,00	1541,5
	130,6	20,24	34,60	1523,8
6	92,3	25,65	34,56	1536,9
	130,6	20,42	34,66	1524,4
7	92,3	25,78	34,56	1537,2
	130,6	20,50	34,69	1524,6
8	92,3	25,84	34,54	1537,3
	130,6	20,67	34,72	1525,1
9	92,3	26,00	34,57	1537,7
	130,6	20,74	34,73	1525,7

faktor kecepatan angin yang bertiup diatas permukaan laut.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang terlalu signifikan. Hasil analisis pola distribusi Suhu, Salinitas dan Kecepatan suara secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin data *Marine Copernicus* di Titik Penyempitan Selat Makassar dapat dilihat pada Gambar 2, 3 dan 4.

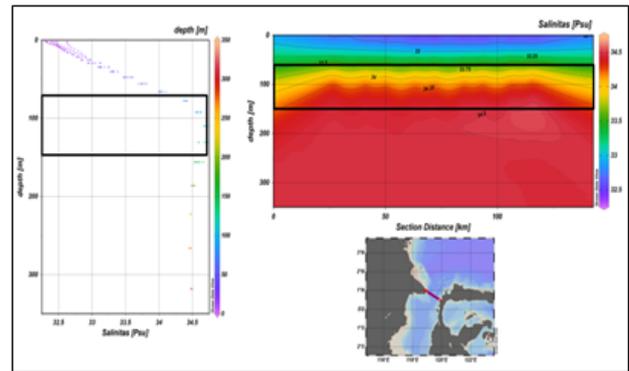
Gambar 2 menunjukkan pola distribusi Suhu secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin masing-masing stasiun data *Marine Copernicus* di Titik Penyempitan Selat Makassar rata-rata berkisar antara 20,1°C sampai 28,2°C, dimana suhu perairan tertinggi ditemukan di stasiun 3 dengan nilai suhu 28,2°C di kedalaman lapisan termoklin 65,80 meter dan suhu perairan terendah ditemukan pada stasiun 1 dengan nilai suhu berkisar 20,1°C di kedalaman lapisan termoklin 130m. Kisaran suhu memiliki nilai yang hampir sama dengan penelitian sebelumnya di perairan Selat Makassar yang dilakukan gunawan *et al.*, (2019) dan agustinus *et al.*, (2023).

Gambar 3 menunjukkan pola distribusi Salinitas secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin masing-masing stasiun



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

Figure 2. Temperature distribution pattern vertically and transversely in the thermocline layer at the Narrowing Point of the Makassar Strait.



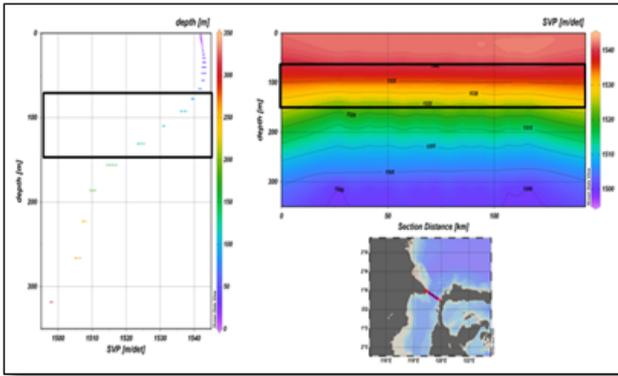
Gambar 3. Pola distribusi salinitas secara menegak dan melintang pada Lapisan Termoklin di Titik Penyempitan Selat Makassar.

Figure 3. Vertical and transverse salinity distribution patterns in the thermocline layer at the narrowing point of the Makassar Strait.

data *Marine Copernicus* di Titik Penyempitan Selat Makassar rata-rata berkisar antara 33,99‰ dan 34,73‰, dimana salinitas perairan tertinggi ditemukan di stasiun 9 dengan nilai salinitas 34,73‰ di kedalaman lapisan termoklin 130,66m dan salinitas perairan terendah ditemukan pada stasiun 4 dengan nilai salinitas 33,99‰ di kedalaman lapisan termoklin 65,80m.

Berdasarkan 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).

Gambar 4 menunjukkan pola distribusi Kecepatan suara (SVP) secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin masing-masing stasiun data *Marine Copernicus* di Titik Penyempitan Selat Makassar rata-rata berkisar antara 1523,35 m/s sampai 1541,70 m/s, dimana kecepatan suara perairan tertinggi ditemukan di stasiun 3 dengan nilai kecepatan suara sebesar 1541,70 m/s di kedalaman lapisan termoklin 65,80m dan kecepatan suara perairan terendah ditemukan



Gambar 4. Pola distribusi Suhu secara menegak dan melintang pada Data CTD Timit 2015 di Selat Makassar.

Figure 4. Temperature distribution pattern vertically and transversely in 2015 Timit CTD data in the Makassar Strait.

pada stasiun 1 dengan nilai kecepatan suara 1523,35 m/s di kedalaman lapisan termoklin 130,66 meter.

Kecepatan suara menurun drastis akibat adanya daerah termoklin sehingga hasil analisis ini menunjukkan bahwa nilai kecepatan suara berbanding lurus dengan nilai suhu. Dalam penelitian Khanan. (2020) menyatakan Kecepatan suara dalam air berbeda-beda tergantung dengan kondisinya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan kecepatan suara dalam air, seperti kekentalan zat cair, suhu, tekanan, dll.

Analisis Kolom air terutama Suhu, Salinitas dan Kecepatan suara secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin masing-masing stasiun data Marine Copernicus selama 1 tahun dari tanggal 16 Desember 2019 sampai dengan 16 Desember 2020 di Titik Penyempitan Selat Makassar berkisar rata-rata antara 20,1°C sampai 28,2°C, 33,75‰ sampai 34,25‰ dan 1525 m/s sampai 1540 m/s.

Hal ini menunjukkan diindikasikan sebagai area bayangan atau *shadow zone* yang berada di lapisan termoklin di kedalaman 78 meter sampai 130m dengan ketebalan lapisan termoklin sekitar 52m. Perbedaan

nilai ketebalan lapisan termoklin terjadi diduga dipengaruhi oleh adanya 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 dan ketebalannya menjadi tipis.

Dengan diketahuinya ketebalan lapisan termoklin sebesar 52m pada lokasi Titik Penyempitan Selat Makassar perlu untuk 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 lain sebagainya (Suharyo, 2018).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil Analisa Kolom air terutama Suhu, Salinitas dan Kecepatan suara secara menegak dan melintang pada lapisan termoklin masing-masing stasiun data *Marine Copernicus* selama 1 tahun dari 16 Desember 2019 sampai dengan 16 Desember 2020 di Titik Penyempitan Selat Makassar berkisar rata-rata antara 20,1°C sampai 28,2°C, 33,75‰ sampai 34,25‰ dan 1525 m/s sampai 1540 m/s.

Pada kedalaman lapisan termoklin berkisar antara 78m sampai 130m dengan ketebalan lapisan termoklin sekitar 52m yang diindikasikan sebagai daerah persembunyian atau *Shadowzone*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis adalah kontributor utama pada artikel ilmiah ini. Artikel ini merupakan bagian dari Riset Pemutakhiran Basis Data Fungsi-Oseanografi untuk kepentingan Oseanografi Taktis yang dikelola oleh Laboratorium Hidro-Oseanografi Sekolah Tinggi Teknologi Kelautan (STTAL).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus., Kuswardani, A. R. T. D., Pandoe, W. W., & Riyadi, N. (2022). Studi Karakteristik Massa Air untuk Menentukan Shadow Zone di Selat Makassar. *Jurnal Chart Datum*, 2(2), 177–186. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v2i2.103>.
- 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, W. S., Pranowo, H. M., Manik, A., Rahmatullah, T., & 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.
- Andrianto, A. (2002). *Propagasi akustik di bawah laut dengan menggunakan metode ray tracing*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.
- Boston, N. J. E. (1966). Objective definition of the thermocline (38 p.). Department of Oceanography, Texas A&M University, Texas.
- Gordon, A. L., & Fine, R. A. (1996). Pathways of water between the Pacific and Indian oceans in the Indonesian seas. *Nature*, 379, 146-149.
- Gordon, A. L. (2005). Oceanography of the Indonesian seas and their through-flow. *Oceanography*, 18, 14-27.
- Gordon, A. L., Sprintall, J., Van Aken, H. M., Susanto, D., Wijffels, S., Molcard, R., Ffield, A., Pranowo, W., & Wirasantoso, S. (2010). The Indonesian throughflow during 2004-2006 as observed by the INSTANT program. *Dyn Atmosph Oceanogr*, 50, 115-128.
- Hasanudin, M. (1998). Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). *Jurnal Oseana*, 23(2), 1-9.
- Ilahude, A. G., & Gordon, A. L. (1996). Thermocline stratification within the Indonesia seas. *J. Geophys. Res.*, 101(C5), 12401-12409.
- 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.
- Li, X., Colon, P. C., & Friedman, K. S. (2000). Estimating oceanic mixed layer depth from internal wave evolution observed from RADARSAT-1 SAR. *John Hopkins APL Technical Digest*, 21(1), 130-135.
- Medwin, H. (1975). Speed of sound in water: A simple equation for realistic parameters. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58, 1318-1319.
- Ross, D. A. (1970). *Introduction to oceanography*. Zappleton Century–Croft.
- Santoso, S. P., IP, S., Sidjabat, C. A., IR, B., & Han, M. (2021). *Power Negara*. Deepublish.
- Schlitzer, R. (2022). Ocean data view [Software]. Retrieved from <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.

Suharyo, O. S., Adrianto, D., & Hidayah, Z. (2018). Pengaruh pergerakan massa air dan distribusi parameter temperatur, salinitas dan kecepatan suara. *Jurnal Kelautan*, 11(2), 104-112.

Tomczak, M., & Godfrey, J. S. (2001). Regional oceanography: An introduction. Butler & Tanner Ltd, London.

Putra, T. W. L., Kunarso., & Kuswardani, A. R. T. D. (2020). Distribusi suhu, salinitas dan densitas di lapisan homogen dan termoklin perairan Selat Makassar. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2), 188-198. DOI:10.14710/ijoce.v2i2.8078

Urlick, R. J. (1983). Principles of underwater sound (3rd ed.). New York: 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.

Wijaya, R., Setiawan, F., & Fitriani, S. D. (2011). Kajian fenomena ARLINDO di Laut Seram dan kaitannya dengan perubahan iklim global. *In Seminar Internasional Kelautan*. Denpasar - Bali, Indonesia: Balai Riset Observasi Kelautan.

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>