

STUDI KARAKTERISTIK MASSA AIR UNTUK MENENTUKAN SHADOW ZONE DI SELAT MAKASSAR

Agustinus¹, Rita Tisiana Dwi², Wahyu W. Pandoe³, Nur Riyadi⁴

¹Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

²Peneliti dari Badan Riset Kelautan dan Perikanan, KKP

³Peneliti dari Balai Teknologi Survei Kelautan, BPPT

⁴Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

ABSTRAK

Perairan Laut Indonesia memiliki arus yang bergerak dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindiadisebut Arus Lintas Indonesia (ARLINDO), ARLINDO membentuk karakteristik massa air yang khas di Perairan Laut Indonesia. Besaran nilai massa air dan ARLINDO mempengaruhi nilai-nilai parameter untuk penentuan Shadow Zone di Selat Makassar. Data CTD 1991, 2005 dan 2015 digunakan untuk menentukan Shadow Zone dengan karakteristik massa air. Metode yang digunakan dengan membagi 3 zona wilayah yang berdekatan dengan memperhitungkan titik ekstrim nilai massa air dan propagasi akustik bawah air. Dari hasil pengolahan dan analisis menunjukkan bahwa pada data CTD tahun 1991, 2005, dan 2015 di titik ekstrim maksimum Selat Makassar memiliki nilai massa air salinitas yang tinggi dan ditemukan massa air Eastern South Pacific Central Water (ESPCW). Massa air ESPCW sangat berperan dalam mempengaruhi propagasi akustik bawah air. Massa air ESPCW menghasilkan daerah Shadow Zone yang luas berada di lapisan permukaan dan dibawah pancaran sonar sedangkan di titik ekstrim minimum Selat Makassar memiliki nilai massa air salinitas yang rendah dan ditemukan massa air Western South Pacific Central Water (WSPCW). Massa air WSPCW tidak begitu berperan dalam mempengaruhi propagasi akustik bawah air. Massa air WSPCW menghasilkan daerah Shadow Zone hanya berada di bawah pancaran sonar sedangkan di lapisan permukaan cenderung tertutupi oleh sonar.

Kata kunci : Arlindo, Karakteristik Massa Air dan Shadow Zone.

ABSTRACT

Indonesia Sea is known as connecting between Pacific Ocean to Indian Ocean called Indonesian Through Flow (ITF). ITF formed a spesific characteristic of water mass and ITF affected the parameters in determining Shadow Zone in Makassar Strait. CTD data in 1991, 2005 and 2015 are used to determine Shadow Zone with the characteristic of water mass. The method determine in to 3 zones, which calculate the extreme point value of the water mass and underwater acoustic propagation. The results show that Eastern South Pacific Central Water (ESPCW) water mass is found in Makassar Strait and the maximum extreme point has a high salinity. ESPCW have a role in affecting the underwater acoustic propagation. ESPCW water mass produce wide area of Shadow Zone that located in the surface layer and below the beam sonar. Western South Pacific Central Water (WSPCW) water mass is found in Makassar Strait and The Minimum extreme point has a low salinity. The WSPCW is has not a role in affecting the underwater acoustic propagation. WSPCW only produce the Shadow Zone area below the beam sonar while in the surface layer tends to be covered by the sonar.

Keywords : Arlindo, Characteristics Water Mass and Shadow Zone.

Latar Belakang

Kondisi Perairan Laut Indonesia memiliki posisi yang strategis, yaitu terletak di antara benua Asia dan Australia, Selain letaknya yang diapit oleh dua benua, Perairan Indonesia juga menghubungkan dua samudera, yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, menjadikan sebagian besar wilayah serta batas terluar Negara Indonesia adalah laut dengan fungsi utama sebagai jalur lalu lintas pelayaran yang penting bagi Negara-negara di kawasan regional maupun internasional baik untuk kepentingan ekonomi maupun militer, dengan diterimanya konsep Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) pada pertemuan *Internasional Maritim Organisation* (IMO) tahun 1998 membawa implikasi yang cukup luas bagi lalu lintas Perairan di Indonesia salah satu contoh di ALKI II yang berada di Selat Makassar. Selat Makassar merupakan selat yang terletak diantara pulau Kalimantan dan Sulawesi di Indonesia, selat ini juga menghubungkan Laut Sulawesi di bagian utara dengan Laut Jawa yang ada di bagian selatan.

Disamping itu Perairan Laut Indonesia berada dalam suatu sistem pola angin yang disebut sistem angin muson. Angin muson ini berpengaruh terhadap sirkulasi air laut di Perairan Indonesia dan juga terdapat arus yang bergerak dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Arus ini biasanya disebut Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) atau lebih dikenal sebagai *Indonesian Through Flow* (ITF).

ARLINDO membawa Massa Air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia yang cenderung lebih dingin melalui Perairan Indonesia. Massa Air asal Samudera Pasifik masuk ke Perairan Indonesia melalui dua jalur. Jalur Selat Makasar (jalur barat) yang dimulai dari Selat Mindanao, bergerak ke Laut Sulawesi terus bergerak ke Selat Makasar, Laut Flores, dan Laut Banda. Jalur lain (jalur timur) Arlindo masuk melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera. Jalur keluar Arlindo melewati Perairan yang terbuka terhadap Samudera Hindia seperti Selat Lombok, Selat Ombai, Laut Sawu dan Laut Timor (Wyrki, 1961 dan Molcard *et al.*, 1996). Adanya arus ini menyebabkan terciptanya Karakteristik Massa Air yang khas di Perairan Laut Indonesia.

Karakteristik Massa Air yang khas di Perairan Laut Indonesia terutama jalur barat yaitu di Selat Makassar akan berpengaruh terhadap pengoperasian kapal selam dalam menentukan daerah bayangan (*shadow*

*zone*¹). Daerah tersebut merupakan daerah yang aman untuk tempat persembunyian kapal selam.

Perumusan Masalah

Sampai saat ini banyak terdapat daerah-daerah Perairan Indonesia yang masih perlu diketahui Karakteristik Massa Airnya terutama dalam penggunaan untuk kepentingan militer yaitu kapal selam dalam menentukan *Shadow Zone* secara spasial dan temporal khususnya di Selat Makassar.

Yang dimaksud dengan Karakteristik Massa Air dalam penulisan ini, menurut King (1963) mendefinisikan Massa Air sebagai badan air yang relatif homogen dan dapat digambarkan dengan karakteristik yang dimilikinya. Karakteristik yang terpenting untuk dapat menggambarkan karakteristik Massa Air adalah suhu, salinitas, dan densitas yang dapat diperoleh dari nilai suhu dan salinitas, Dimana suhu, salinitas dan densitas mempengaruhi cepat rambat suara atau pola penalaran gelombang akustik di laut.

Dari segi pertahanan, informasi Karakteristik Massa Air diperlukan oleh TNI Angkatan Laut sebagai informasi untuk kapal selam dalam menentukan *Shadow Zone* atau bersembunyi dari pendeteksian kapal permukaan.

Tujuan Penelitian

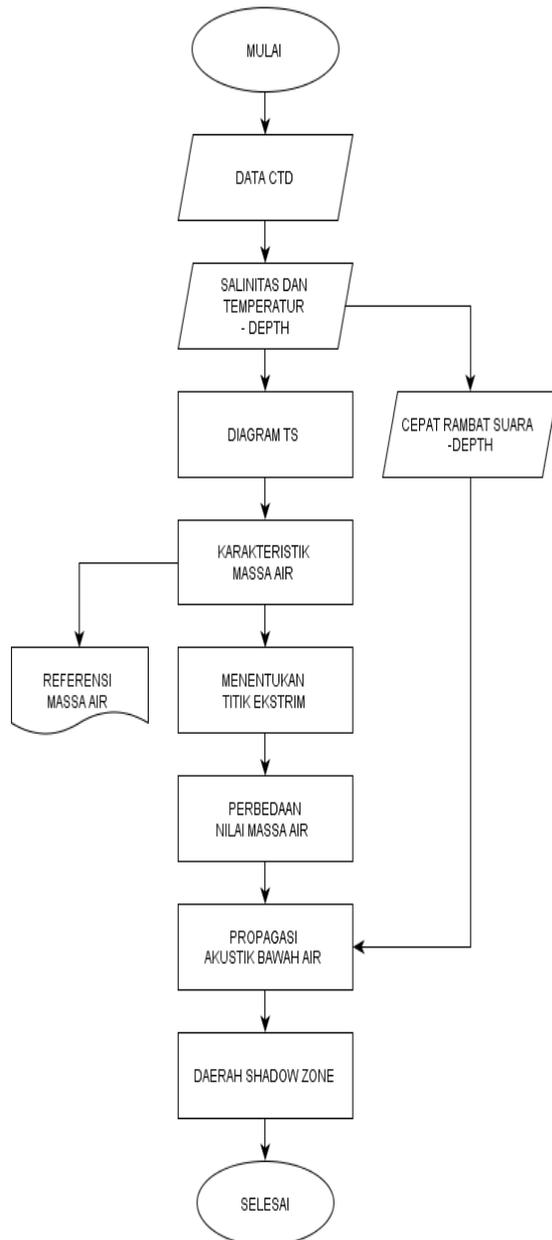
Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui Karakteristik Massa Air di Selat Makassar sebagai referensi nilai-nilai parameter Temperatur-Salinitas (T-S) yang digunakan untuk menentukan variasi *Shadow Zone* secara spasial dan temporal.

Manfaat Penelitian

Dengan mengetahui Karakteristik Massa Air di Selat Makassar, maka dapat diketahui pengaruh jenis Massa Air (besaran nilai Temperatur-Salinitas (T-S)) yang digunakan untuk menentukan variasi dan karakteristik *Shadow Zone* di Selat Makassar.

¹Daerah bayangan (*shadow zone*) adalah suatu daerah dimana gelombang suara tidak dapat merambat atau lemah sehingga hampir tidak dapat merambat dalam suatu medium, karena berbagai faktor, seperti adanya refleksi, refraksi, dan penyerapan gelombang suara oleh kolom Perairan. Daerah dari *shadow zone* ini dapat berubah-ubah tergantung darimana sumber suara (*source*) dipancarkan.

Diagram Alir Penelitian



Dari Diagram Alur Penelitian diatas yang pertama sebelum data diolah untuk pembahasan lebih lanjut meliputi data dari parameter *temperature-depth*, *salinitas-depth* dan *cepat rambat suara-depth* yang tersebar di Selat Makassar pada tahun 1991, 2005, dan 2015. Data-data CTD tersebut selanjutnya dibuat dalam satu file data base agar memudahkan dalam pengolahan maupun untuk keperluan pembahasan.

Jenis dan Sumber Data

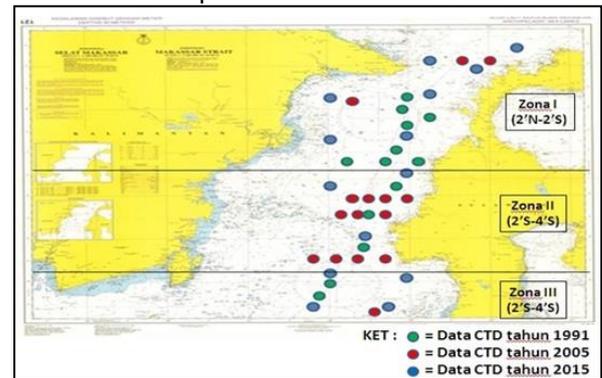
Tabel 3.2 Jenis dan Sumber Data yang digunakan

NO	NAMA CRUISE	JENIS DATA	SUMBER DATA	KEDALA MAN	JUMLAH STASIUN
1	ARLINDO THN1991	SEKUNDRER	BPPT	1000 M	13
2	ARLINDO THN 2005	SEKUNDRER	BPPT	1000 M	14
3	TIMIT THN 2015	PRIMER	BALITBA NG KKP	1000 M	14

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian di Selat Makassar dari tahun 1991, 2005 dan 2015 dengan titik koordinat $001^{\circ}20,202'84''$ LU - $004^{\circ}59'58,2''$ LS dan $117^{\circ}30,811'84''$ BT - $120^{\circ}19,811'84''$ BT yang dibagi menjadi 3 zona Wilayah :

- Zona I di wilayah bagian 2° N sampai 2° S di Selat Makassar.
- Zona II di wilayah bagian 2° S sampai 4° S di Selat Makassar.
- Zona III di wilayah bagian 4° S sampai 6° S di Selat Makassar.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (Sumber : Peta Laut Indonesia no 121 skala 1:1.000.000 edisi tahun 2005)

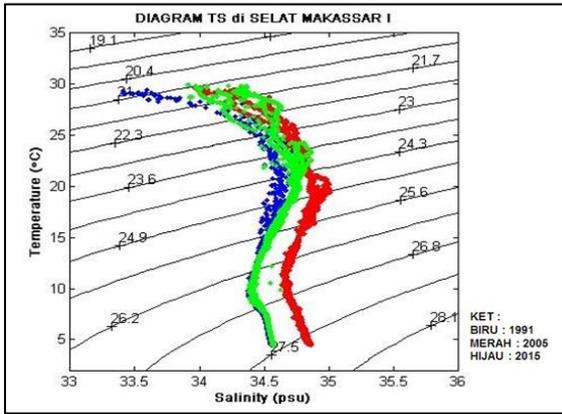
Pengolahan Data

Pengolahan data salinitas dan temperatur pada tiap-tiap stasiun diolah dengan menggunakan *software* Matlab untuk menampilkan diagram TS dan propagasi akustik bawah air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

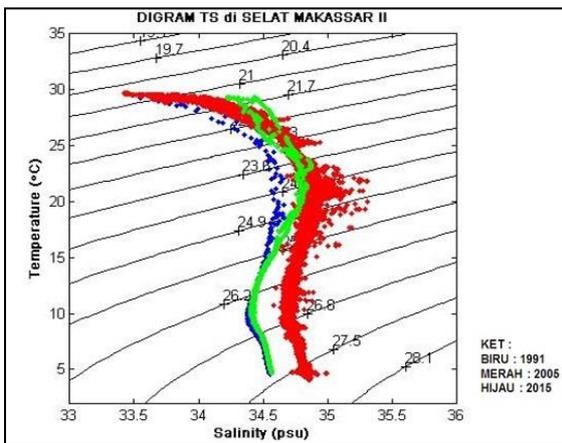
1. Analisis Karakteristik Massa Air di Selat Makassar.

Dalam Analisis Karakteristik Massa Air di Selat Makassar dilakukan pengolahan data menggunakan matlab untuk menampilkan Diagram T-S pada tiap – tiap stasiun ketiga zona wilayah Selat Makassar berdasarkan penelitian yang terdahulu yang diidentifikasi oleh Emery WJ tahun 2003.



Gambar : Karakteristik Massa Air pada zona I di Selat Makassar.

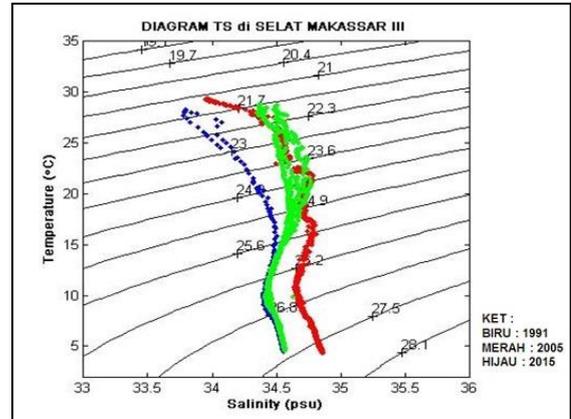
Berdasarkan gambar Diagram T-S diatas dapat disimpulkan Secara keseluruhan Karakteristik Massa Air di zona I (2'N – 2'S) Selat Makassar terdapat 3 jenis Massa Air, yaitu pertama Massa Air *Bengal Bay Water* (BBW) dengan ciri rentang temperatur 25.0°C sampai 29°C, dan rentang salinitas 28.0‰ sampai 35.0‰. Massa Air BBW terdapat dari permukaan hingga kedalaman 70 meter, Kedua, *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) dengan ciri temperatur 8.0°C sampai 24.0°C, dan salinitas 34.4‰ sampai 36.4‰. Massa air ESPCW dijumpai pada kedalaman 80 meter sampai 165 meter, Ketiga, *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) dengan ciri temperatur 6.0°C sampai 22.0°C, dan salinitas 34.5‰ sampai 35.8‰. Massa air WSPCW dijumpai pada kedalaman 175 meter sampai 500 meter.



Gambar : Karakteristik Massa Air pada zona II di Selat Makassar.

Berdasarkan gambar Diagram T-S diatas dapat disimpulkan Secara keseluruhan Karakteristik Massa Air di zona II (2'S – 4'S) Selat Makassar terdapat 3 jenis Massa Air, yaitu pertama Massa Air *Bengal Bay Water* (BBW) dengan ciri rentang temperatur

25.0°C sampai 29°C, dan rentang salinitas 28.0‰ sampai 35.0‰. Massa Air BBW terdapat dari permukaan hingga kedalaman 85 meter. Kedua, *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) dengan ciri temperatur 8.0°C sampai 24.0°C, dan salinitas 34.4‰ sampai 36.4‰. Massa Air ESPCW dijumpai pada kedalaman 85 meter sampai 132 meter, Ketiga, *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) dengan ciri temperatur 6.0°C sampai 22.0°C, dan salinitas 34.5‰ sampai 35.8‰. Massa air WSPCW dijumpai pada kedalaman 135 meter sampai 500 meter.

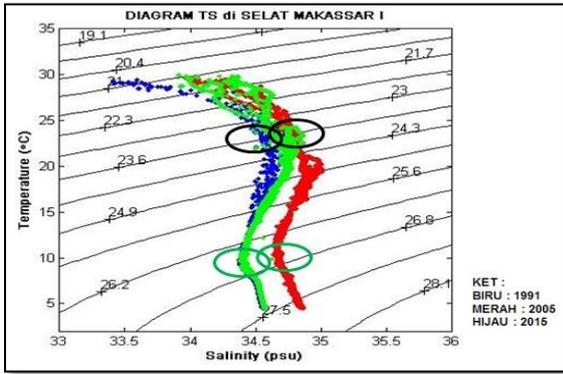


Gambar : Karakteristik Massa Air pada zona III di Selat Makassar.

Berdasarkan gambar Diagram T-S diatas dapat disimpulkan Secara keseluruhan Karakteristik Massa Air di zona III (4'S – 6'S) Selat Makassar terdapat 2 jenis Massa Air, yaitu pertama Massa Air *Bengal Bay Water* (BBW) dengan ciri rentang temperatur 25.0°C sampai 29°C, dan rentang salinitas 34.4‰ sampai 36.4‰. Massa Air BBW terdapat dari permukaan hingga kedalaman 50 meter. Kedua, *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) dengan ciri temperatur 8.0°C sampai 24.0°C, dan salinitas 34.4‰ sampai 36.4‰. Massa Air ESPCW dijumpai pada kedalaman 60 meter sampai 140 meter. Ketiga, *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) dengan ciri temperatur 6.0°C sampai 22.0°C, dan salinitas 34.5‰ sampai 35.8‰. Massa air WSPCW dijumpai pada kedalaman 140 meter sampai 500 meter.

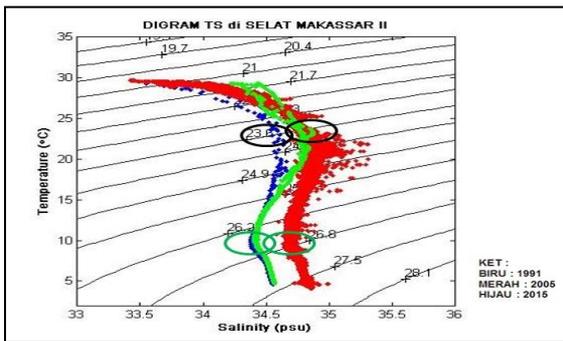
2. Penentuan Titik Ekstrim dan Besaran Nilai Massa Air di titik tersebut.

Penentuan Titik Ekstrim pada tiap stasiun di ketiga zona wilayah Selat Makassar untuk melihat besaran nilai temperatur dan salinitas pada titik – titik ekstrim tersebut.



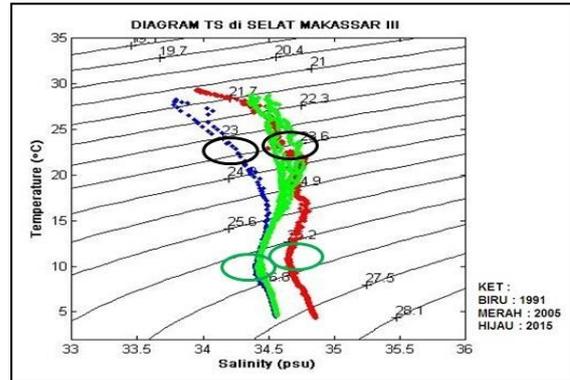
Gambar : Titik Ekstrim Massa Air zona I di Selat Makassar.

Berdasarkan gambar Titik Ekstrim Massa Air zona I (2'N – 2'S) di Selat Makassar pada data ctd tahun 1991, 2005, dan 2015 dapat diidentifikasi Lingkaran berwarna Hitam merupakan Titik Ekstrim Maksimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 memiliki besaran nilai TS yang hampir sama pada kedalaman 80 meter sampai 110 meter yang ditemukan Karakteristik Massa Air *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) yang dicirikan densitas sebesar 23,6σ, temperature 23°C sampai 23,5°C serta salinitas yang berkisar antara 34,4‰ sampai 34,8‰, sedangkan Lingkaran berwarna Hijau merupakan Titik Ekstrim Minimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, besaran nilai TS data ctd tahun 1991 dan 2015 memiliki nilai salinitas yang lebih kecil dibandingkan nilai salinitas data ctd tahun 2005 pada kedalaman 360 meter sampai 500 meter ditemukan Karakteristik Massa Air *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) yang dicirikan oleh densitas sebesar 26,5σ, temperature 7,5°C sampai 9°C serta salinitas berkisar antara 34,3‰ sampai 34,5‰ sedangkan untuk data ctd tahun 2005 mengalami peningkatan nilai densitasnya 26,8σ dengan temperature 8,5°C sampai 10°C serta salinitas berkisar antara 34,7‰ sampai 34,8‰.



Gambar : Titik Ekstrim Massa Air zona II di Selat Makassar.

Berdasarkan gambar Titik Ekstrim Massa Air zona II (2'S – 4'S) di Selat Makassar pada data ctd tahun 1991, 2005, dan 2015 dapat diidentifikasi Lingkaran berwarna Hitam merupakan Titik Ekstrim Maksimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, untuk data ctd tahun 2005 dan 2015 pada kedalaman 75 meter sampai 95 meter ditemukan Karakteristik Massa Air *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) yang dicirikan oleh densitas sebesar 23,6σ, temperature 22°C sampai 24°C serta salinitas yang berkisar antara 34,8‰ sampai 35‰ dan untuk data ctd tahun 1991 nilai salinitasnya 34,5‰ sampai 34,7‰, sedangkan Lingkaran berwarna Hijau merupakan Titik Ekstrim Minimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, untuk data ctd tahun 1991 dan 2015 pada kedalaman 350 meter sampai 500 meter ditemukan Karakteristik Massa Air *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) yang dicirikan oleh densitas sebesar 26,5σ, temperature 8°C sampai 10°C serta salinitas berkisar antara 34,3‰ sampai 34,6‰ sedangkan untuk data ctd tahun 2005 mengalami peningkatan nilai densitasnya 26,8σ dengan temperature 8°C sampai 10°C serta salinitas berkisar antara 34,6‰ sampai 34,8‰.



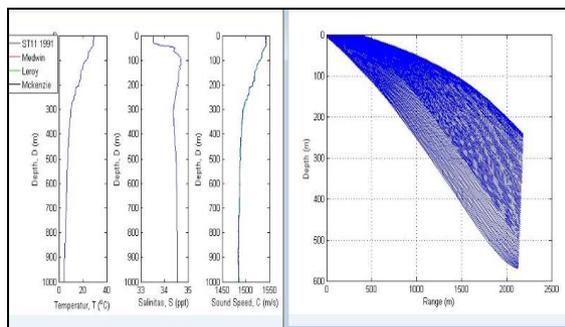
Gambar : Titik Ekstrim Massa Air zona III di Selat Makassar.

Berdasarkan gambar Titik Ekstrim Massa Air zona III (4'S – 6'S) di Selat Makassar pada data ctd tahun 1991, 2005, dan 2015 dapat diidentifikasi Lingkaran berwarna Hitam merupakan Titik Ekstrim Maksimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, untuk data ctd tahun 2005 dan 2015 pada kedalaman 75 meter sampai 110 meter ditemukan Karakteristik Massa Air *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) yang dicirikan oleh densitas sebesar 23,6σ, temperature 22°C sampai 24°C serta salinitas yang berkisar antara 34,5‰ sampai

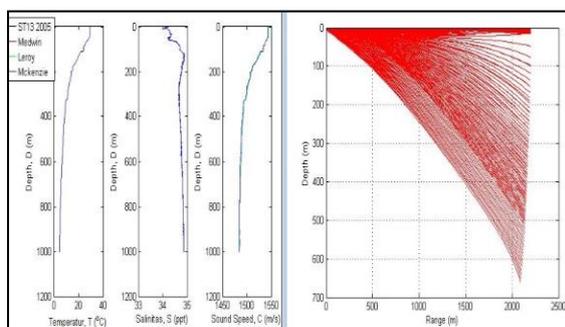
34,8‰ dan untuk data ctd tahun 1991 nilai salinitasnya 34,2‰ sampai 34,4‰, sedangkan Lingkaran berwarna Hijau merupakan Titik Ekstrim Minimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 memiliki besaran nilai TS yang berbeda, dimana untuk data ctd tahun 1991 dan 2005 dengan kedalaman 370 meter sampai 500 meter yang ditemukan karakteristik Massa Air *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) yang dicirikan oleh densitas sebesar $26,5\sigma_t$, temperature 8°C sampai 10°C serta salinitas berkisar antara 34,3‰ sampai 34,5‰ sedangkan untuk data ctd tahun 2005 mengalami peningkatan nilai densitasnya $26,6\sigma_t$ dengan temperature 9°C sampai 11°C serta salinitas berkisar antara 34,5‰ sampai 34,8‰.

3. Propagasi Akustik Bawah Air.

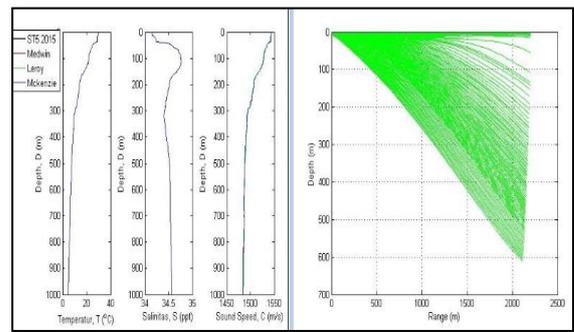
Dalam tahap ini langkah yang dilakukan dengan melihat pola perambatan cepat rambat suara yang dipancarkan oleh Sonar Kapal atas air dengan menggunakan software matlab memakai metode ray yang dipancarkan pada tiap stasiun terdekat di ketiga zona wilayah Selat Makassar, menggunakan parameter data temperatur, salinitas dan cepat rambat suara.



Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 11 thn 1991 pada Zona I Selat Makassar.

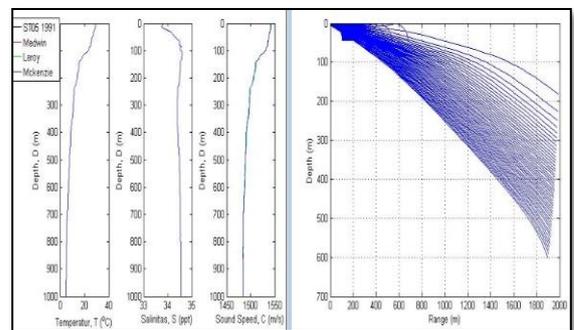


Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 13 thn 2005 pada Zona I Selat Makassar.

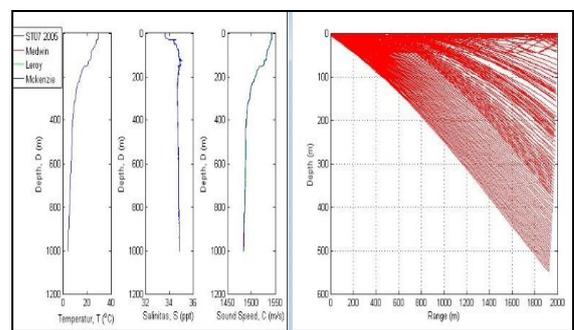


Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 5 thn 2015 pada Zona I Selat Makassar.

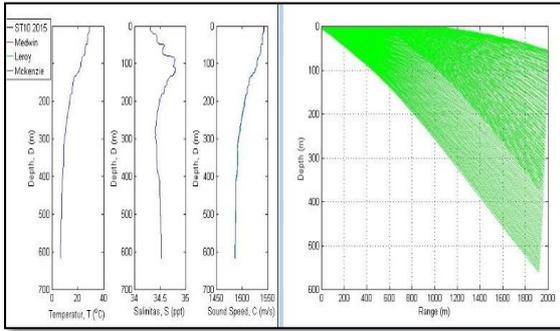
Dari ketiga gambar Propagasi Akustik Bawah Air pada Zona I ($2^\circ\text{N} - 2^\circ\text{S}$) Selat Makassar, Stasiun 11 thn 1991 memiliki daerah *Shadow Zone* lebih luas berada di lapisan permukaan dan dibawah pancaran sonar sedangkan Stasiun 13 thn 2005 dan Stasiun 5 thn 2015 hanya memiliki daerah *Shadow Zone* dibawah pancaran sonar.



Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 06 thn 1991 pada Zona II Selat Makassar.

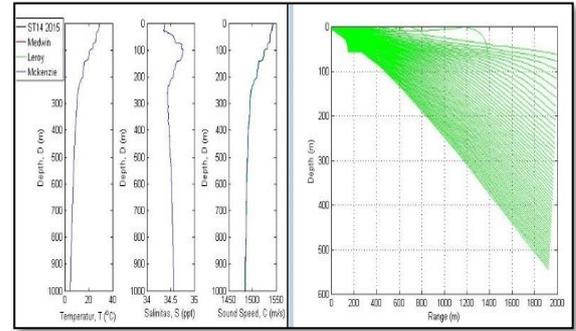


Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 07 thn 2005 pada Zona II Selat Makassar.



Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 10 thn 2015 pada Zona II Selat Makassar.

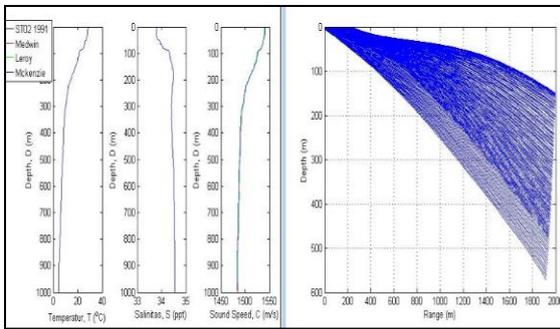
Dari ketiga gambar Propagasi Akustik Bawah Air pada Zona II (2'S – 4'S) Selat Makassar, Stasiun 06 thn 1991 dan Stasiun 10 thn 2015 memiliki daerah *Shadow Zone* lebih luas berada di lapisan permukaan dan dibawah pancaran sonar sedangkan Stasiun 07 thn 2005 hanya memiliki daerah *Shadow Zone* dibawah pancaran sonar.



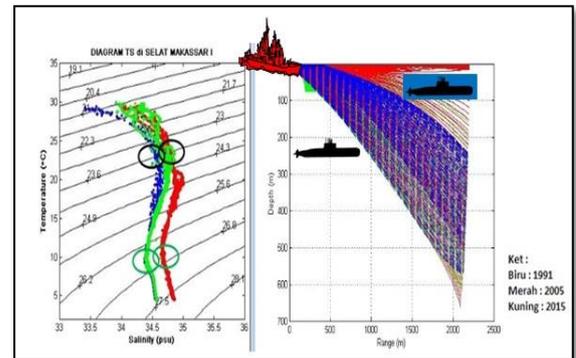
Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 14 thn 2015 pada Zona III Selat Makassar.

Dari ketiga gambar Propagasi Akustik Bawah Air pada Zona III (4'S – 6'S) Selat Makassar, Stasiun 02 thn 1991 dan Stasiun 14 thn 2015 memiliki daerah *Shadow Zone* lebih luas berada di lapisan permukaan dan dibawah pancaran sonar sedangkan Stasiun 01 thn 2005 hanya memiliki daerah *Shadow Zone* dibawah pancaran sonar.

4. Analisa Daerah *Shadow Zone* di Selat Makassar.

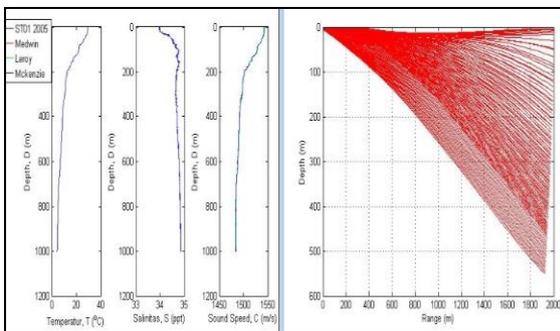


Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 02 thn 1991 pada ZonaiiSelat Makassar.



Gambar : Daerah *Shadow Zone* di Zona I (2'N – 2'S) Selat Makassar.

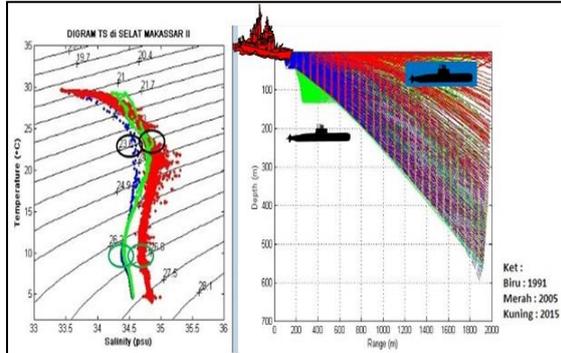
Berdasarkan hasil pengolahan data dan dari hasil penggambaran Diagram T-S dan Propagasi Akustik Bawah Air pada data ctd tahun 1991, 2005, dan 2015 di zona I (2'N – 2'S) Selat Makassar dapat diidentifikasi Daerah *Shadow Zone* sebagai berikut :



Gambar : Propagasi Akustik Bawah Air di Stasiun 01 thn 2005 pada Zona IiSelat Makassar.

1. Lingkaran berwarna Hitam merupakan Titik Ekstrim Maksimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang hampir sama pada kedalaman 80 sampai 110 meter yang ditemukan Karakteristik Massa Air *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) maka daerah *Shadow Zone* berada pada jarak 0 sampai 500 meter dari bawah pancaran sonar dan pada ray berwarna biru memiliki daerah *Shadow Zone* di lapisan permukaan dengan jarak sekitar 1200 meter dari depan pancaran sonar.

2. Lingkaran berwarna Hijau merupakan Titik Ekstrim Minimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, besaran nilai TS data ctd tahun 1991 dan 2015 memiliki nilai salinitas yang lebih kecil dibandingkan nilai salinitas data ctd tahun 2005 pada kedalaman 360 sampai 500 meter yang ditemukan Karakteristik Massa Air *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) maka daerah *Shadow Zone* berada pada jarak 0 sampai 1800 meter dari bawah pancaran sonar.

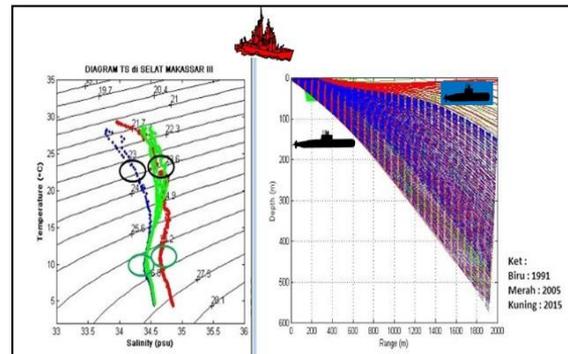


Gambar : Daerah *Shadow Zone* di Zona II (2'S – 4'S) Selat Makassar.

Berdasarkan hasil pengolahan data dan dari hasil penggambaran Diagram T-S dan Propagasi Akustik Bawah Air pada data ctd tahun 1991, 2005, dan 2015 di zona II (2'S – 4'S) Selat Makassar dapat diidentifikasi Daerah *Shadow Zone* sebagai berikut :

1. Lingkaran berwarna Hitam merupakan Titik Ekstrim Maksimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, besaran nilai TS data ctd tahun 1991 memiliki nilai salinitas yang lebih kecil dibandingkan nilai salinitas data ctd tahun 2005 dan 2015 pada kedalaman 75 meter sampai 95 meter ditemukan Karakteristik Massa Air *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) maka daerah *Shadow Zone* berada pada jarak 0 sampai 420 meter dari bawah pancaran sonar dan pada ray berwarna biru memiliki daerah *Shadow Zone* di lapisan permukaan dengan jarak sekitar 1600 meter dari depan pancaran sonar.
2. Lingkaran berwarna Hijau merupakan Titik Ekstrim Minimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, besaran nilai TS data ctd tahun 1991 dan 2015 memiliki nilai salinitas yang lebih kecil dibandingkan nilai salinitas data ctd tahun 2005 pada kedalaman 350 meter sampai 500 meter ditemukan Karakteristik Massa Air *Western South Pacific Central Water*

(WSPCW) maka daerah *Shadow Zone* berada pada jarak 0 sampai 1750 meter dari bawah pancaran sonar.



Gambar : Daerah *Shadow Zone* di Zona III (4'S – 6'S) Selat Makassar.

Berdasarkan hasil pengolahan data dan dari hasil penggambaran Diagram T-S dan Propagasi Akustik Bawah Air pada data ctd tahun 1991, 2005, dan 2015 di zona III (4'S – 6'S) Selat Makassar dapat diidentifikasi Daerah *Shadow Zone* sebagai berikut :

1. Lingkaran berwarna Hitam merupakan Titik Ekstrim Maksimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 dimana memiliki besaran nilai TS yang berbeda, untuk data ctd tahun 2005 dan 2015 pada kedalaman 75 meter sampai 110 meter ditemukan Karakteristik Massa Air *Eastern South Pacific Central Water* (ESPCW) maka daerah *Shadow Zone* berada pada jarak 0 sampai 420 meter dari bawah pancaran sonar dan pada ray berwarna biru memiliki daerah *Shadow Zone* di lapisan permukaan dengan jarak sekitar 1600 meter dari depan pancaran sonar.
2. Lingkaran berwarna Hijau merupakan Titik Ekstrim Minimum pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 memiliki besaran nilai TS yang berbeda, besaran nilai salinitas data ctd tahun 1991 dan 2015 memiliki nilai salinitas yang lebih kecil dibandingkan nilai salinitas data ctd tahun 2005 pada kedalaman 370 meter sampai 500 meter yang ditemukan Karakteristik Massa Air *Western South Pacific Central Water* (WSPCW) maka daerah *Shadow Zone* berada pada jarak 0 sampai 1750 meter dari bawah pancaran sonar.

Kesimpulan

Dari berbagai hasil dan pembahasan sebelumnya, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada data CTD tahun 1991, 2005, dan 2015 di Titik Ekstrim Maksimum Selat Makassar memiliki nilai massa air salinitas yang tinggi dan ditemukan Massa air *Eastern*

South Pacific Central Water(ESPCW). Massa air ESPCW sangat berperan dalam mempengaruhi propagasi Akustik Bawah Air. Massa air ESPCW menghasilkan daerah *Shadow Zone* di dua lapisan yaitu berada di lapisan permukaan pada data CTD oktober 1991 dengan daerah *Shadow Zone* sekitar 1200 sampai 1600 meter dari depan pancaran sonar sedangkan data CTD november 2005 dan oktober 2015 hampir tertutupi pancaran sonar dan dibawah pancaran sonar dengan daerah *Shadow Zone* sekitar 0 sampai 500 meter disemua pancaran sonar.

b. Pada data CTD tahun 1991, 2005, dan 2015 di Titik Ekstrim Minimum Selat Makassar memiliki nilai massa air salinitas yang rendah dan ditemukan massa air *Western South Pacific Central Water*(WSPCW). Massa air WSPCW tidak begitu berperan dalam mempengaruhi propagasi Akustik Bawah Air. Massa air WSPCW menghasilkan daerah *Shadow Zone* hanya berada di bawah pancaran sonar sekitar 0 sampai 1800 meter sedangkan di lapisan permukaan cenderung tertutupi oleh sonar.

Saran

1. Dengan adanya perbedaan Karakteristik Massa Air dan daerah *Shadow Zone* pada data ctd tahun 1991, 2005 dan 2015 di ketiga zona wilayah selat makassar, maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut oleh TNI AL untuk mengetahui Karakteristik dari tiap daerah di perairan Indonesia terutama daerah yang menjadi kawasan strategis di perairan Indonesia yaitu jalur Alki.

2. Semakin ditingkatkan penataandatabase Karakteristik Massa Air dan daerah *Shadow Zone* di seluruh perairan Indonesia dengan interval waktu tertentu. Untuk itu salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan pengambilan data CTD sesering mungkin dan terstruktur untuk memperkaya data di suatu tempat tertentubaik untuk *database* maupun untuk tujuan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Cahyaningrum, Agus D.J. 2009. *Karakteristik Massa Air Arlindo Di Pintasan Timor Pada Musim Barat Dan Musim Timur*. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor.

Sunaryo, Ardhi. 2004. *Studi Awal Penentuan Daerah Bayangan (Shadow Zone) Akustik Bawah Air Untuk Operasi Kapal Selam*. PASIS STTAL Angkatan XXIII, Jakarta.

Bintara, Arizona. 2014. *Variasi Lapisan Termoklin di Perairan Selatan Jawa dan Barat Sumatera dan Aplikasinya untuk Operasi Kapal Selam*. PASIS STTAL Angkatan XXXIII, Jakarta.

Wahyudi, Ari. 2006. *Propagasi Akustik Bawah Air Untuk Navigasi dan Komunikasi Kapal Selam TNI AL di Selat Makassar*. PASIS STTAL Angkatan XXV. Jakarta.

Brodjonegoro, Irsan. 2015. *Kuliah Semester II tentang Akuistik Bawah Air*. STTAL, Jakarta.

Clay,C.S. and Medwin, H. 1977. "*Acoustical Oceanography Principles and Applications*", John Wiley & Sons. New York.

Davis, Richard. A. 1973. "*Principles of Oceanography*". Addison-Wesley. Massachusette.

Diktat Sonar Kingklip KRI klas Sigma.

Hadikusumah. 2010. *Massa Air Subtropical di Perairan Hamahera*. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta.

Ivonne M. Radjawane dan Paundra P. Hadipoetranto, 2014. *Karakteristik Massa Air Di Percabangan Arus Lintas Indonesia Perairan Sangihe Talaud Menggunakan Data Index Satal 2010*. Program Studi Oseanografi, Fak. Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Ludfy. 2006. "*Studi Pelemahan Daya Pancaran Sonar PHS 32 di Selat Makassar*". PASIS STTAL Angkatan XXV. Jakarta.

M Albab Al Ayubi, Heron Surbakti dan La ode Nurman Mbay. 2013. *Identifikasi Massa Air di Perairan Timur Samudera Hindia*. Unsri dan Balitb KP. Jakarta.

M Hasanudin. 1998. *Arus Lintas Indonesia (ARLINDO)*. Oseanografi - LIPI. Jakarta.

Pandoe, W. W. 2016. *Kuliah Umum tentang Oseanografi Dinamik*. STTAL. Jakarta.

Pickard, G.L. dan W.J. Emery.1990. *Deskriptive Phisical Oceanography*. Pergamon Press. Newyork.

Tisiana Dwi K, A Rita. 2015. *Kuliah Umum tentang Oseanografi Dinamik*. STTAL. Jakarta.

Urlick, Robert J. 1979: *Sound propagation in the sea. Arlington, Va. : Dept. of Defense.*

WJ Emery. 2003. *Water Types and Water Masses*, University of Colorado. Boulder, Co. USA.

Wyrcki, K. 1987. *Indonesian throughflow and the associated pressure gradient. J. Geophys. Res.*, 92, 12 941–12 946

Xavier Lurton, 2004. *An Introduction to Underwater Acoustics*. IFREMER. France.

Yohannes E.R. 2008. "*Studi Pelemahan Daya Pancaran Sonar UMS 4132 Milik Sigma Class Selat Lombok*", PASIS STTAL Angkatan XXVII. Jakarta.