

**ANALISIS PROPAGASI GELOMBANG AKUSTIK MENGGUNAKAN  
METODE *PARABOLIC EQUATION RAMGEO* DI *CHOKE POINT*  
SELAT LOMBOK *ACOUSTIC WAVE PROPAGATION ANALYSIS*  
*UTILIZING THE PARABOLIC EQUATION RAMGEO METHOD*  
*AT THE LOMBOK STRAIT CHOKE POINT***

**Agustinus, Mochamad Achnaf, Sunarto Eko Wahyudi dan Muhammad Zulkifli**

Sekolah Staf dan Komando TNI Angkatan Laut

E-mail: agushanan2011.at@gmail.com

**ABSTRAK**

Selat Lombok merupakan salah satu choke point strategis dengan lalu lintas pelayaran yang padat, sehingga memerlukan jaminan keamanan maritim yang efektif. Pengendalian dan pengawasan laut yang cermat diperlukan, terutama melalui penggunaan alat monitoring seperti SONAR untuk mendeteksi benda asing yang melintas. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik pola propagasi gelombang akustik bawah air, khususnya dalam pembentukan daerah senyap (shadow zone), menggunakan metode Parabolic Equation RAMGeo. Simulasi dilakukan dengan memanfaatkan data suhu dan salinitas terhadap kedalaman yang diperoleh dari Marine Copernicus periode Januari-Desember 2023. Perhitungan kecepatan rambat suara didasarkan pada persamaan empiris Medwin, dengan fokus analisis pada kedalaman sumber 10, 100, dan 300 meter pada frekuensi 200 Hz. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik pola propagasi gelombang akustik bawah air, khususnya dalam pembentukan daerah senyap (shadow zone), menggunakan metode Parabolic Equation RAMGeo. Simulasi dilakukan dengan memanfaatkan data suhu dan salinitas terhadap kedalaman yang diperoleh dari Marine Copernicus periode Januari-Desember 2023. Perhitungan kecepatan rambat suara didasarkan pada persamaan empiris Medwin, dengan fokus analisis pada kedalaman sumber 10, 100, dan 300 meter pada frekuensi 200 Hz. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model propagasi dengan frekuensi 200 Hz pada kedalaman sumber 300 meter menghasilkan shadow zone yang lebih luas dan nilai transmission loss yang lebih tinggi dibandingkan kedalaman sumber 10 meter dan 100 meter. Shadow zone terbentuk pada jarak 600 sampai 1.000 meter di kedalaman 0-200 meter serta 600-1000 meter. Temuan ini memberikan implikasi penting dalam pemahaman pola perambatan gelombang akustik di Selat Lombok untuk upaya pengendalian dan pengawasan maritim.

*Kata Kunci: Akustik bawah air, propagasi gelombang, shadow zone, transmission loss, keamanan maritim*

**ABSTRACT**

*Lombok Strait is one of the strategic choke points with heavy shipping traffic, thus requiring effective maritime security guarantees. Careful sea control and surveillance are necessary, particularly through the use of monitoring tools such as SONAR to detect foreign objects passing through. This study aims to analyze the characteristics of underwater acoustic wave propagation patterns,*

*specifically in the formation of shadow zones, using the Parabolic Equation RAMGeo method. Simulations were conducted utilizing temperature and salinity data against depth obtained from Marine Copernicus for the period January–December 2023. The calculation of sound speed was based on Medwin's empirical equation, with the analysis focused on source depths of 10, 100, and 300 meters at a frequency of 200 Hz. This study aims to analyze the characteristics of underwater acoustic wave propagation patterns, specifically in the formation of shadow zones, using the Parabolic Equation RAMGeo method. Simulations were conducted utilizing temperature and salinity data against depth obtained from Marine Copernicus for the period January–December 2023. The calculation of sound speed was based on Medwin's empirical equation, with the analysis focused on source depths of 10, 100, and 300 meters at a frequency of 200 Hz. The simulation results show that the propagation model at a frequency of 200 Hz with a source depth of 300 meters produces a wider shadow zone and higher transmission loss compared to source depths of 10 meters and 100 meters. The shadow zone is formed at distances of 600 to 1,000 meters at depths of 0–200 meters and 600–1,000 meters. These findings provide important implications for understanding acoustic wave propagation patterns in the Lombok Strait for maritime control and surveillance efforts.*

*Keywords: Underwater acoustics, wave propagation, shadow zone, transmission loss, maritime security*

## **A. PENDAHULUAN**

Indonesia sebagai wilayah yang memiliki posisi strategis dengan adanya 4 choke point, salah satunya adalah Selat Lombok. Choke point Selat Lombok merupakan salah satu jalur yang memiliki intensitas arus pelayaran tinggi dan merupakan jalur sempit strategis yang menghubungkan dua area yang lebih besar, yaitu Pulau Bali dan Pulau Lombok (HK Alamsyah, 2022).

Choke Point Selat Lombok dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai media pertahanan dan keamanan yang efektif (A Ariwibowo., 2019). Marsetio (2014) dalam bukunya yang berjudul "Sea Power Indonesia" menjelaskan bahwa pengelolaan kelautan dan kemaritiman harus disikapi dan dilaksanakan secara komprehensif, termasuk di dalamnya keamanan dan kedaulatan NKRI. Dalam menjaga keamanan dan kedaulatan NKRI, terutama dari ancaman yang berada di laut,

perlu dilakukan pembangunan pertahanan secara terpadu di lokasi choke point, antara lain berupa teknologi pemantauan anti kapal selam dan peralatan akustik bawah air seperti SONAR, yang dapat dipergunakan untuk melacak kapal selam dan peralatan akustik bawah air asing yang menyusup ke wilayah teritorial Indonesia melalui choke point.

Penyusupan kapal selam dan peralatan akustik bawah air asing kerap memanfaatkan daerah yang aman dari propagasi gelombang akustik bawah air atau yang dikenal sebagai daerah shadow zone (Agustinus et al., 2016). Daerah ini merupakan zona di mana suhu dan salinitas air laut pada zona tersebut membelokkan gelombang suara yang datang, sehingga kapal selam dan peralatan akustik bawah air asing tersebut terhindar dari deteksi SONAR pihak lawan. Salah satu cara untuk mengantisipasi hal tersebut adalah melalui

simulasi pola propagasi gelombang akustik bawah air.

Propagasi gelombang akustik bawah air merupakan proses perambatan atau transmisi sinyal akustik melalui media air. Laut beserta materi-materi dan batas-batasnya menjadi suatu media yang kompleks untuk propagasi suara. Bentuk fisik lautan seperti permukaan dan dasar laut memberikan pengaruh pada propagasi energi akustik di bawah laut. Hal ini dikarenakan permukaan dan dasar laut dapat memantulkan, menyebarkan, dan menyerap energi dari sinyal akustik yang melaluinya, yang pada akhirnya dapat menimbulkan rugi transmisi (transmission loss) dan terbentuknya daerah shadow zone (Pravitasari, D. D., 2010). Shadow zone itu sendiri adalah suatu wilayah di mana gelombang suara tidak dapat merambat atau lemah sehingga hampir tidak dapat terdeteksi dalam suatu medium. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan kedalaman, salinitas, dan suhu air laut (TY Allim., 2020).

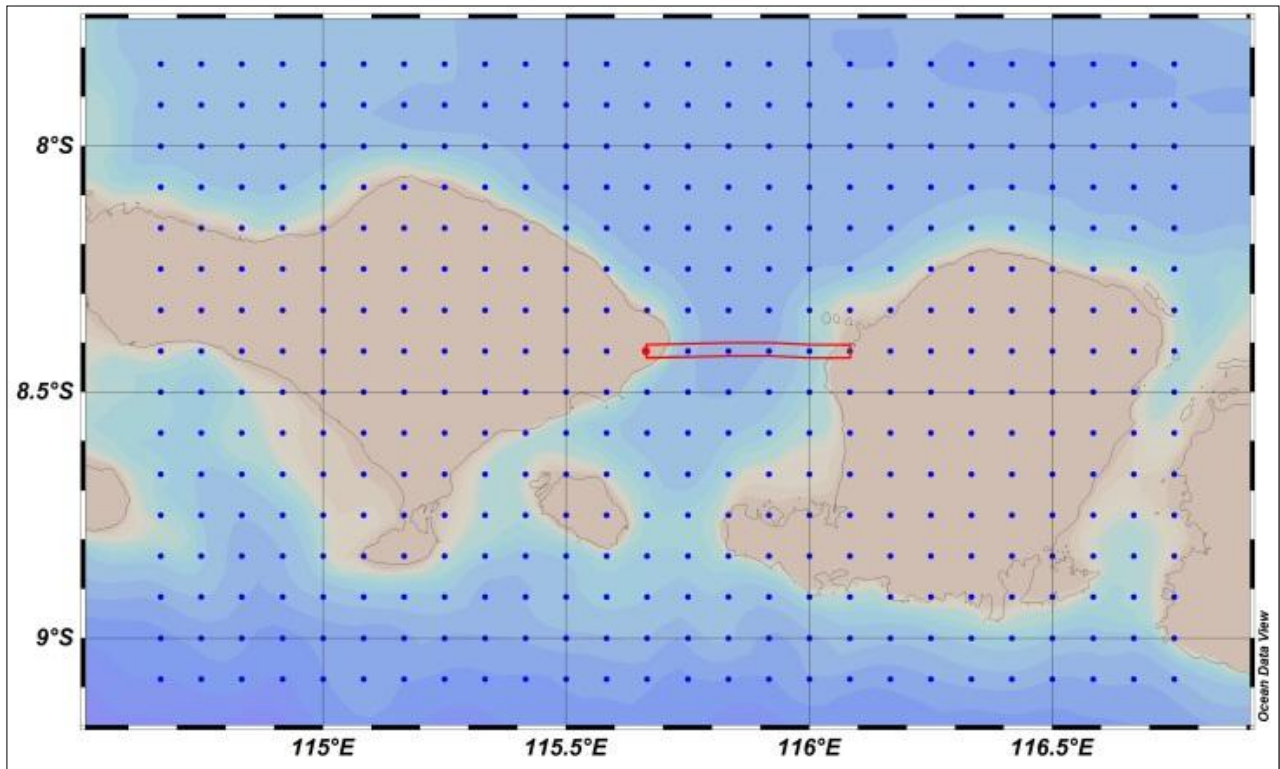
Salah satu metode propagasi gelombang akustik bawah air adalah metode Parabolic Equation (PE). Metode ini merupakan pendekatan numerik yang banyak digunakan untuk memodelkan propagasi akustik jarak jauh dalam lingkungan yang bergantung pada jarak (range-dependent). Model RAMGeo (Range-dependent Acoustic Model), yang dikembangkan oleh Collins (1993), merupakan implementasi dari metode Parabolic Equation

yang mampu menangani variasi batimetri dan profil kecepatan suara secara efisien. Keunggulan metode ini dibandingkan metode ray theory seperti Bellhop adalah kemampuannya dalam memodelkan efek difraksi dan shadow zone dengan lebih akurat, terutama pada frekuensi rendah hingga menengah serta pada lingkungan dengan variasi horizontal yang signifikan.

Penelitian ini merupakan bagian studi awal untuk menganalisis propagasi gelombang akustik bawah air dengan metode Parabolic Equation RAMGeo berupa transmission loss dan daerah shadow zone di choke point Selat Lombok pada kedalaman sumber 10 meter, 100 meter, dan 300 meter, berdasarkan data suhu dan salinitas dari Marine Copernicus selama 1 tahun dengan kedalaman mencapai 1000 meter.

## **B. BAHAN DAN METODE**

Lokasi penelitian akan difokuskan di Choke point Selat Lombok sedangkan data oseanografi meliputi Suhu dan Salinitas yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Data Sekunder Marine copernicus selama 1 tahun dari tanggal 01 Januari 2023 sampai dengan 31 Desember 2023. Data Sekunder Marine Copernicus tahun 2023 yang ditandai garis berwarna merah dengan 4 (empat) buah titik stasiun pengamatan yang melintang sepanjang choke point selat lombok. Lokasi penelitian dan pengambilan data disajikan pada Gambar 1.



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

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

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

$$0 \leq S \leq 45\text{‰}$$

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

Dari data kecepatan suara, digunakan untuk mendapatkan pola propagasi gelombang akustik bawah air dengan metode Parabolic Equation RAMGeo. Simulasi propagasi ini menggunakan model RAMGeo yang dijalankan

melalui software pemodelan akustik yang mendukung metode Parabolic Equation. Untuk menjalankan simulasi, pertama dilakukan pembuatan environment file yang berisi profil kecepatan suara, batimetri, frekuensi sumber, kedalaman sumber, dan parameter lainnya. Setelah semua data dimasukkan, simulasi pola propagasi dilakukan dengan menjalankan model RAMGeo. Hasil dari simulasi ditampilkan dalam bentuk gambar transmission loss sebagai fungsi jarak dan kedalaman. Dari pola propagasi gelombang akustik bawah air, akan ditentukan nilai transmission loss dan daerah shadow zone di lokasi choke point Selat Lombok.

Analisis 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 propagasi gelombang akustik bawah air dengan metode RAMGeo di Choke Point Selat Lombok yang memiliki kedalaman mencapai 1000 meter.

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Kecepatan suara akan meningkat seiring bertambahnya suhu dan kedalaman (Agustinus et al., 2022). Saat air laut di permukaan bersuhu relatif lebih hangat daripada lapisan air di bawahnya, akan muncul dua kecenderungan yang bertolak belakang, yakni kecepatan suara relatif akan berkurang saat suhu menurun dan kecepatan suara akan relatif bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman/tekanan (Waite, 2005).

Nilai kecepatan suara juga menentukan pola propagasi gelombang suara di dalam air, di mana pola propagasi gelombang suara pada lapisan mix layer memiliki nilai yang tinggi di permukaan, kemudian menurun pada lapisan tercampur dan relatif konstan (Zuhri et al., 2022). Pada lapisan termoklin, nilai kecepatan suara menurun secara drastis mengikuti perubahan suhu yang terjadi secara fluktuatif, yang biasa terjadi pada kedalaman yang relatif dangkal dan berbeda hanya pada lapisan deep layer di mana nilai kecepatan suara meningkat seiring bertambahnya kedalaman akibat tekanan hidrostatis (Lurton 2002).

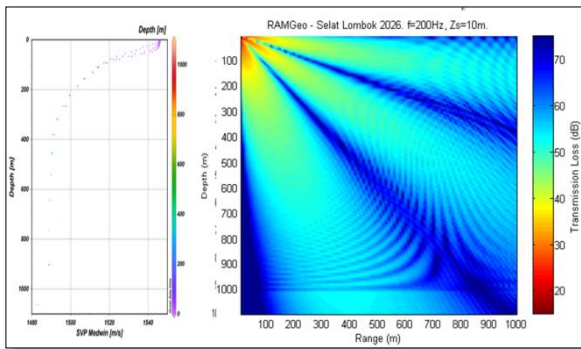
Hubungan karakteristik air laut (salinitas, suhu, kedalaman) dan profil kecepatan suara di laut yang mempengaruhi acoustic ray path atau pola propagasi gelombang suara di air laut (Hutabarat dan Evans 1985) perlu dianalisis untuk keperluan penelitian (riset), eksplorasi

sumber daya alam di laut, maupun digunakan untuk keperluan militer.

Pada Gambar 2 merupakan hasil simulasi model RAMGeo berupa pola propagasi akustik bawah air metode Parabolic Equation dengan kedalaman sumber 10 meter, jarak dan kedalaman 1000 meter dan frekuensi 200 Hz. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai transmission loss (TL) mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak (menjauhi sumber suara) dan kedalaman. Berdasarkan hasil simulasi, pada kedalaman sumber 10 meter, energi akustik terperangkap dalam saluran permukaan (surface duct). Gelombang suara yang dipancarkan cenderung terperangkap di lapisan permukaan karena adanya gradien kecepatan suara positif yang disebabkan oleh pencampuran oleh angin dan arus. Shadow zone pada kedalaman sumber 10 meter ditandai dengan warna biru pada gambar, menunjukkan nilai TL yang besar mendekati 70–80 dB. Shadow zone terbentuk secara luas di seluruh kolom perairan di bawah kedalaman 400 meter untuk hampir seluruh jarak, dengan jangkauan efektif saluran permukaan terbatas hingga sekitar 500 meter.

Gelombang suara pada kedalaman sumber 10 meter ini mengalami nilai kehilangan transmisi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan kedalaman sumber yang lain. Pada kedalaman sumber ini, jarak tempuh gelombang suara dalam kolom air lebih panjang dan rapat, karena gelombang suara berada pada wilayah saluran permukaan (surface duct), dimana pada wilayah saluran permukaan gelombang suara seolah-olah

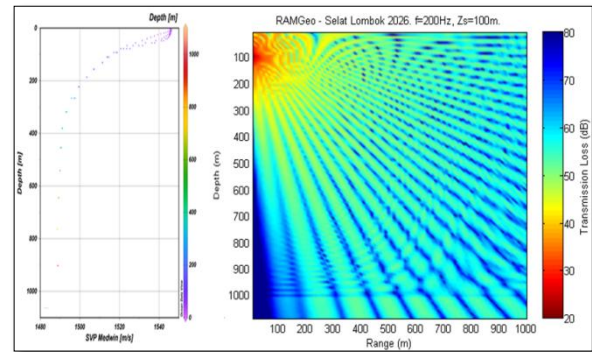
seperti terperangkap sehingga gelombang suara mampu merambat lebih jauh (M Iskandarsyah., 2011). Shadow zone di kedalaman sumber 10 meter dan frekuensi 200 Hz yang ditandai warna biru, Menunjukkan nilai Transmission Loss ( TL) yang semakin besar mendekati 80 dB ini terbentuk sangat sedikit terdapat diantara jarak 400 meter - 1000 meter di kedalaman antara 200 meter sampai 1000 meter. Menurut OS Suharyo (2018) kehilangan energi transmisi (Transmission Loss) diatas 90 dB atau 40% dari Source Level (SL) ditetapkan sebagai daerah Shadow zone.



Gambar 2. Pola Propagasi Akustik Bawah Air metode RAMGeo dengan kedalaman sumber 10 meter di Choke point Selat Lombok.

Pada Gambar 3 merupakan hasil simulasi model RAMGeo berupa pola propagasi akustik bawah air metode Parabolic Equation dengan kedalaman sumber 100 meter, jarak dan kedalaman maksimum 1000 meter, dan frekuensi 200 Hz. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai transmission loss (TL) mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak dan kedalaman. Berdasarkan hasil simulasi, pada kedalaman sumber 100 meter, pola propagasi membentuk zona konvergensi (convergence zones) yang menghasilkan cakupan vertikal lebih luas dibandingkan

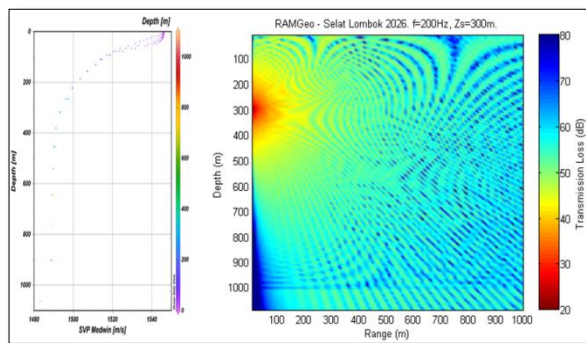
kedalaman sumber 10 meter. Shadow zone pada kedalaman sumber 100 meter terbentuk secara berselang-seling, terutama di lapisan permukaan (300–1000 meter) pada jarak menengah hingga jauh. Nilai TL di daerah shadow zone berkisar antara 65–80 dB.



Gambar 3. Pola Propagasi Akustik Bawah Air metode RAMGeo dengan kedalaman sumber 100 meter di Choke point Selat Lombok.

Pada Gambar 4 merupakan hasil simulasi model RAMGeo berupa pola propagasi akustik bawah air metode Parabolic Equation dengan kedalaman sumber 300 meter, jarak dan kedalaman maksimum 1000 meter, dan frekuensi 200 Hz. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai transmission loss (TL) mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak dan kedalaman. Berdasarkan hasil simulasi, pada kedalaman sumber 300 meter, gelombang suara terperangkap dalam saluran suara dalam (deep sound channel) pada kedalaman sekitar 0 sampai 150 meter dan 500 sampai 1000 meter, dengan nilai TL serendah 50–80 dB di wilayah tersebut. Namun, shadow zone yang sangat luas terbentuk di lapisan permukaan (500-1000 meter) untuk seluruh jarak, dengan nilai TL mencapai 60–80 dB. (2018), kehilangan energi transmisi di atas 70

dB dapat ditetapkan sebagai daerah shadow zone yang signifikan.



Gambar 4. Pola Propagasi Akustik Bawah Air metode RAMGeo dengan kedalaman sumber 300 meter di Choke point Selat Lombok.

Dari hasil pola propagasi akustik bawah air, jumlah kehilangan energi transmisi atau transmission loss dan daerah shadow zone yang paling banyak terdeteksi dengan menggunakan frekuensi 200 Hz pada kedalaman sumber 300 meter dibandingkan kedalaman sumber 10 meter dan 100 meter, hal ini dimungkinkan Variasi lapisan kedalaman menyebabkan perubahan dalam kecepatan suara (bisa bertambah dan bisa berkurang).

Perubahan kecepatan suara ini menyebabkan perambatan suara bias saat bergerak di antara area beda kecepatan suara, menekuk atau membias ke arah wilayah dengan kecepatan bunyi yang lebih rendah. Jika gradien kecepatan bunyi di antara wilayah semakin besar, semakin besar pula jumlah refraksi (Defrianto dan Pratama., 2019). Menurut Urick (1983), absorpsi gelombang suara di dalam suatu kolom perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kedalaman sumber transducer yang diletakkan dan frekuensi sumber suara itu sendiri.

## D. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi propagasi gelombang akustik bawah air menggunakan metode Parabolic Equation RAMGeo di choke point Selat Lombok, dapat disimpulkan bahwa karakteristik pola propagasi akustik bervariasi secara signifikan tergantung pada kedalaman sumber suara. Analisis pada frekuensi 200 Hz dengan kedalaman sumber 10, 100, dan 300 meter menunjukkan bahwa profil kecepatan suara yang dipengaruhi oleh suhu, salinitas, dan kedalaman berperan penting dalam menentukan jalur propagasi, nilai transmission loss, serta pembentukan shadow zone.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kedalaman sumber 10 meter mengakibatkan energi akustik terperangkap dalam saluran permukaan (surface duct), menghasilkan transmission loss yang relatif kecil dan pembentukan shadow zone yang terbatas terutama di bawah kedalaman 400 meter. Pada kedalaman sumber 100 meter, terbentuk zona konvergensi (convergence zones) dengan pola shadow zone yang berselang-seling, memberikan cakupan vertikal yang lebih luas dibandingkan sumber yang lebih dangkal. Pembentukan shadow zone paling luas terjadi pada kedalaman sumber 300 meter, di mana gelombang akustik terperangkap dalam saluran suara dalam (deep sound channel), menghasilkan nilai transmission loss tertinggi dan area shadow zone terluas, khususnya di lapisan permukaan (500–1000 meter) untuk seluruh jarak.

Temuan ini mengindikasikan bahwa kedalaman sumber 300 meter pada frekuensi 200 Hz menghasilkan karakteristik shadow zone yang paling signifikan, dengan nilai transmission loss mencapai 60–80 dB pada sebagian besar kolom perairan. Kondisi ini terutama disebabkan oleh variasi gradien kecepatan suara antar lapisan kedalaman yang menyebabkan pembiasan gelombang akustik menuju wilayah dengan kecepatan suara lebih rendah. Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi upaya pengendalian dan pengawasan maritim di Selat Lombok, khususnya dalam optimalisasi penempatan sonar serta peningkatan kemampuan deteksi untuk meminimalkan titik buta dan meningkatkan efektivitas keamanan bawah air.

#### Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas variasi frekuensi dan kedalaman sumber guna mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai karakteristik propagasi akustik di Selat Lombok. Validasi hasil simulasi melalui pengukuran langsung di lapangan (in-situ) perlu dilakukan untuk meningkatkan akurasi model. Analisis berdasarkan variasi musiman juga penting mengingat kondisi oseanografi Selat Lombok yang dinamis dan berpengaruh terhadap profil kecepatan suara. Pengembangan model tiga dimensi (3D) direkomendasikan untuk merepresentasikan kondisi perairan secara lebih realistis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi instansi terkait, seperti TNI Angkatan Laut dan Bakamla, dalam optimalisasi penempatan sistem sonar serta

strategi pengawasan maritim di Selat Lombok guna meminimalkan dampak shadow zone terhadap efektivitas deteksi objek bawah air.

#### E. UCAPAN TERIMA KASIH.

Seluruh penulis adalah kontributor utama pada artikel ilmiah ini. Artikel ini merupakan bagian dari Taskap Pasis Seskoal angkatan 65 tahun 2026 dan Ucapan terimakasih ditujukan juga kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian artikel ini, terutama atas diberikan kesempatan untuk menulis kepada Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.

#### F. DAFTAR PUSTAKA:

- Agustinus. 2016. Studi Karakteristik Massa Air untuk menentukan Shadow Zone di Selat Makassar. *J. Chart Datum*, 2(2): 69-78.
- Agustinus, Agustinus, Pranowo, W. S., Nurhidayat, N., Asmoro, N. W., & Hendra, H. 2022. Karakteristik Suhu dan Salinitas di Selat Makassar Berdasarkan Data CTD Cruise Arlindo 2005 dan Timit 2015. *Jurnal Chart Datum*, 8(2), 107–116.
- Alamsyah, H. K., Ariadno, M. K., Arsegianto, & Simanjuntak, S. W. 2022. Strategi Pengelolaan Lingkungan Laut terhadap aktivitas Hak Lintas Alur Kepulauan (Alki) di Perairan Selat Lombok. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 12(1), 45–54.
- Allim, T. Y., Supartono, S., & Gultom, R. A. 2020. Desain Konseptual Sistem Pengawasan Kapal Selam Asing Berbasis Teknologi Akustik Tomografi untuk mendukung Sistem Pertahanan Negara. *Jurnal Teknologi Penginderaan*, 1(2).

- Ariwibowo, A., Eko, N., & Wibowo, K. 2019. Kehadiran Kapal Patroli Pangkalan TNI AL Terhadap Pengendalian Laut di Selat Lombok. *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik*, 06(03), 239–246.
- Collins, M. D. 1993. A split-step Pade solution for the parabolic equation method. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93(4), 1736–1742.
- Darmawan, R., Pujiyati, S., & Harsono, G. 2023. Shadow zone mapping using parabolic equation method in the Bali Strait Waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1251, 12057.
- Defrianto, & Pratama, N. 2019. Determination of the shadow zone area in the ocean computationally by simulating the propagation of acoustic rays. *Proceedings of SNFUR-4*, 1(1), 1-5.
- Hutabarat, S. & Evans, S.M. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Iskandarsyah, M. 2011. *Pemetaan Shadow Zone Akustik Dengan Metode Parabolic Equation Di Wilayah Perairan Selat Lombok*. [Skripsi].
- Lurton, X. 2002. *An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications*. Praxis Publishing, Chichester.
- Marsetio. 2014. *Sea Power Indonesia*. Universitas Pertahanan, Jakarta.
- Medwin, H. 1975. Speed of sound in water: a simple equation for realistic parameter. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58: 1318-19.
- Pravitasari, D. D. 2010. *Analisis Model Propagasi Kraken pada Pengiriman Sinyal Akustik Bawah Air*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Schlitzer, R. 2022. *Ocean Data View*. Software.
- 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.
- Urick, R.J. 1983. *Principles of Underwater Sound*. 3rd edition. Peninsula Publishing, New York.
- Waite, H.D. 2005. *Sonar for Practising Engineers: Third Edition*. John Willey & Sons Ltd, West Sussex.
- Wijaya, T. H. 2010. *Analisis Model Propagasi Bellhop pada Pengiriman Sinyal Akustik Bawah Air*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Wiyadi, S.H. 2012. *Variabilitas Kesuburan Perairan dan Hubungannya dengan kondisi oseanografi di Selat Lombok*. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Zuhri, A. A. M. R. 2022. *Ray Path Gelombang Akustik Pada Musim Barat dan Musim Timur di Perairan Laut Natuna Utara*. [Skripsi].