

# Analisis Model Propagasi Bellhop di Choke Point Selat Lombok.

Agustinus<sup>1\*</sup>, Widodo Setiyo Pranowo<sup>1,2</sup>, Purry Djati Anggara<sup>3</sup>, Taufiq Supriyanto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Oseanografi/Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut. Jln. Ganesa. Kelapa Gading. Jakarta.

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional. Jln. M. H. Thamrin. Jakarta.

<sup>3</sup>Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI-AL. Jln. Pantai Kuta V. Ancol. Jakarta.

<sup>4</sup>Pascasarjana Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Jln. Salemba Raya. Senen. Jakarta.

\*e-mail korespondensi: [agushanan2011.at@gmail.com](mailto:agushanan2011.at@gmail.com)

## INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 22 April 2024  
Disetujui : 19 Mei 2024  
Terbit Online : 30 Mei 2024

### Key Words:

Lombok Strait,  
Maritime Security,  
Sonar,  
Bellhop Propagation Model,  
Shadow zone.

## ABSTRACT

*The Lombok Strait is one of the strategic choke points frequented by heavy maritime traffic, demanding effective maritime security assurance. To ensure this security, careful maritime control and surveillance are necessary, especially through the use of monitoring tools such as SONAR to detect foreign objects passing through the Lombok Strait. This research aimed to analyze the characteristics of underwater acoustic wave propagation patterns, particularly in the formation of shadow zones, using the Bellhop method. Simulations of the Bellhop propagation model were conducted using the ActUP v2.2L Toolbox. Temperature and salinity depth distribution data from January 01<sup>st</sup>, 2023, to December 31<sup>st</sup>, 2023 obtained from Marine Copernicus were used in this research. The calculation of sound propagation velocity based on the Medwin empirical equation, with a focus on source depths of 10, 100, 300, and 500 meters. The simulation results indicated that the Bellhop propagation model with a frequency of 100 Hz at a source depth of 300 meters produced more shadow zones compared to other source depths. These findings have significant implications for understanding the patterns of acoustic wave propagation in the Lombok Strait, providing valuable insights for maritime control and surveillance efforts in the region.*

## PENDAHULUAN

Indonesia sebagai wilayah yang memiliki posisi strategis dengan adanya 4 *choke point*. Choke point adalah jalur sempit dan strategis yang menghubungkan dua area besar satu sama lain, salah satunya Selat Lombok. *Choke point* Selat Lombok merupakan salah satu *choke point* yang memiliki intensitas arus pelayaran yang tinggi dan jalur sempit strategis yang menghubungkan dua area yang lebih besar satu sama lain yaitu pulau Bali dan Pulau Lombok (Wiyadi, 2012; Alamsyah et al., 2022).

*Choke Point* Selat Lombok dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai media pertahanan dan keamanan yang efektif (Ariwibowo et al., 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 Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Dalam menjaga keamanan dan kedaulatan NKRI terutama dari ancaman yang berada dilaut perlu dilakukan pembangunan pertahanan secara terpadu di lokasi *Choke point*, antara lain berupa teknologi

pemantauan anti kapal selam dan peralatan akustik bawah air asing berupa 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 menggunakan daerah yang aman dari propagasi gelombang akustik bawah air atau yang dikenal daerah *Shadow zone* (Agustinus et al., 2016). Daerah ini merupakan zona dimana 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 Sonar pihak lawan. Salah satu cara untuk mengantisipasi yang dilakukan 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 dari lautan seperti permukaan dan dasar laut memberikan pengaruh pada propagasi dari energi akustik

dibawah 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, 2010). *Shadow zone* itu sendiri adalah suatu wilayah dimana gelombang suara tidak dapat merambat atau lemah sehingga hampir tidak dapat merambat dalam suatu medium. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan kedalaman, salinitas, dan suhu air laut (Allim et al., 2020).

Salah satu metode Propagasi gelombang akustik bawah air adalah Metode Bellhop. Metode Bellhop merupakan salah satu metode propagasi gelombang akustik bawah air yang berdasarkan pada model *ray theory* dan *Gaussian beam* yang digunakan untuk memodelkan secara matematis saluran yang digunakan untuk mengirim sinyal akustik sebagai media pembawa informasi dalam sistem komunikasi *wireless* di bawah laut. Persamaan *Gaussian beam* ini berguna untuk memodelkan keadaan yang *range dependent*, yaitu keadaan dimana parameter-parameter mempengaruhi propagasi sinyal akustik tersebut nilainya berubah seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber (Wijaya, 2010).

Metode Bellhop juga mampu menghasilkan berbagai keluaran yang bermanfaat, termasuk perhitungan kerugian propagasi, *eigenray* yang merupakan sinar yang menghubungkan sumber dan penerima, kedatangan, dan deret waktu yang diterima. Metode ini juga memungkinkan

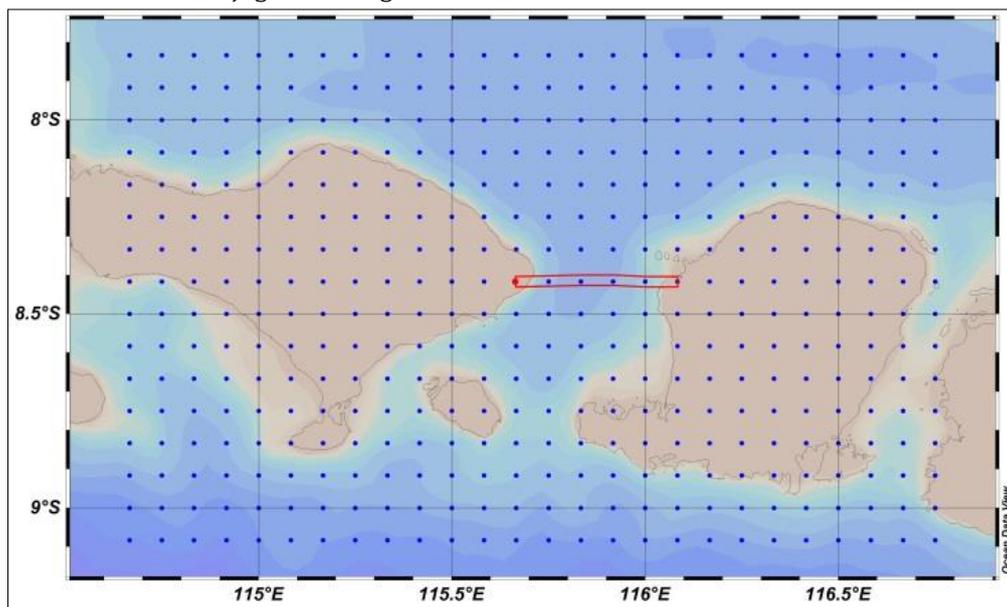
adanya variasi jarak pada batas atas dan bawah, serta dalam profil kecepatan suara. Dengan tambahan berkas input, metode ini juga dapat mempertimbangkan sumber arah dan properti geo-akustik untuk media yang melingkupinya. Selain itu, koefisien pantulan atas dan bawah juga dapat diakomodasi.

Penelitian ini merupakan bagian studi awal untuk menganalisis propagasi gelombang akustik bawah air dengan metode Bellhop berupa *Transmission loss* dan daerah *shadow zone* di *choke point* Selat Lombok di kedalaman sumber 10 meter, 100 meter, 300 meter dan 500 m, berdasarkan data suhu, salinitas dari Marine copernicus selama 1 tahun dengan kedalaman mencapai 1000 meter.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Lokasi Penelitian

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 melalui laman <https://data.marine.copernicus.eu/> 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 \(2022\)](#).

## Analisis Data

Data Suhu dan Salinitas digunakan untuk mendapatkan nilai profil kecepatan suara (SVP) menggunakan 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 Bellhop. Pola propagasi ini menggunakan MATLAB toolbox Actup v.2.2L. Untuk menjalankan MATLAB toolbox Actup v.2.2L toolbox simulasi, pertama dilakukan dengan pembuatan environment yang dilanjutkan dengan memasukkan nilai-nilai pada bagian *code dependent* dan *code independent*. Apabila data telah dimasukkan semua, simulasi pola dilakukan dengan menjalankan fungsi *run propagation*. Hasil dari simulasi akan

(Medwin, H., 1975). Menurut Urick (1983), persamaan empiris untuk profil kecepatan suara dibagi menjadi tiga bagian, salah satunya adalah persamaan empiris Medwin

ditampilkan dengan bantuan gambar. Dari pola propagasi gelombang akustik bawah air akan menentukan nilai *transmission loss* dan daerah *shadow zone* di lokasi *choke point* selat Lombok.

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 propagasi gelombang akustik bawah air dengan metode Bellhop di *Choke point* Selat Lombok yang memiliki kedalaman mencapai 1000 meter.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan suara akan meningkat seiring bertambahnya suhu dan kedalaman (Agustinus et al., 2022). Saat air laut di permukaan yang bersuhu relatif lebih hangat dari pada 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). Akibat adanya refraksi variasi vertikal dari kecepatan suara di dalam laut selanjutnya menghasilkan apa yang disebut dengan Shadow Zone. Shadow Zone adalah suatu wilayah 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. Menurut Urick (1983) di kolom perairan terjadi pembelokan gelombang suara (refraksi) yang terjadi karena perbedaan kedalaman, salinitas dan suhu air laut.

Nilai kecepatan suara juga menentukan pola propagasi gelombang suara di dalam air dimana 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 dimana biasa terjadi pada kedalaman yang

relatif dangkal dan berbeda hanya pada lapisan *deep layer* dimana nilai kecepatan suara meningkat seiring bertambahnya kedalaman akibat tekanan hidrostratis (Lurton 2002).

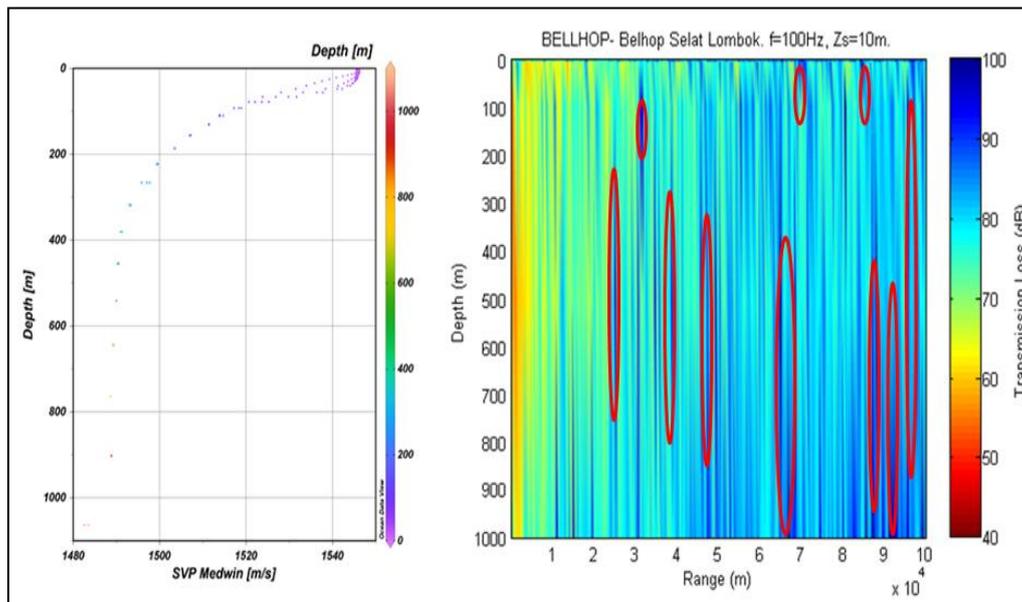
Hubungan karakteristik air laut (salinitas, suhu, kedalaman) dan profil kecepatan suara di laut yang mempengaruhi *acoustic ray path* atau pola propagasi gelombang suara di air laut (Hutabarat dan Evans 1985) perlu dianalisa untuk keperluan penelitian, eksplorasi sumber daya alam di laut maupun digunakan untuk keperluan militer. Dalam gambar 2 sampai 5 merupakan simulasi pola propagasi gelombang akustik bawah air akan ditampilkan profil menegak kecepatan suara.

Pada gambar 2, hasil simulasi Matlab Actup 2.2vL berupa pola Propagasi Akustik Bawah Air metode Bellhop dengan kedalaman sumber 10 meter, jarak 100.000 meter, kedalaman 1000 meter dan frekuensi 100 Hz. Hasil yang diperoleh di dapat nilai kehilangan energi transmisi (*Transmission Loss / TL*) mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak (menjauhi sumber suara) dan kedalaman. Berdasarkan hasil simulasi, pada kedalaman sumber 10 meter gelombang suara membentuk pola perambatan yang lebih rapat dimana setelah dipancarkan gelombang suara memancar turun lalu dipantulkan kembali ke permukaan dan seterusnya.

Gelombang suara pada kedalaman sumber 10 meter ini mengalami nilai TL 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 (Iskandarsyah., 2011). *Shadow zone* di kedalaman sumber 10 meter dan

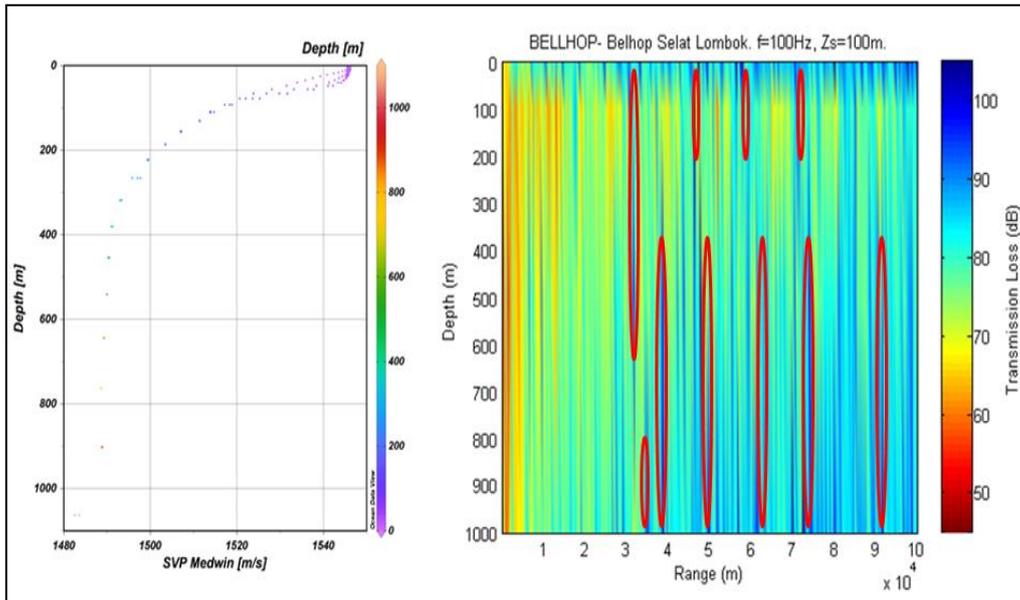
frekuensi 100 Hz yang ditandai lingkaran warna merah, Menunjukkan nilai TL yang semakin besar mendekati 80 sampai 100 dB ini terbentuk sangat sedikit terdapat diantara jarak 25.000 meter - 100.000 meter di kedalaman antara 200 meter sampai 1000 meter. Menurut OS Suharyo (2018) kehilangan nilai TL diatas 90 dB atau 40% dari Source Level (SL) ditetapkan sebagai daerah *Shadow zone*.



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

Pada gambar 3 merupakan pola Propagasi Akustik Bawah Air metode Bellhop dengan kedalaman sumber 100 meter, jarak 100.000 meter, kedalaman 1000 meter dan frekuensi 100 Hz. Hasil yang diperoleh nilai TL mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak dan kedalaman. Berdasarkan hasil simulasi, pada kedalaman sumber 100 meter gelombang suara membentuk pola perambatan yang sangat rapat

dibandingkan di kedalaman sumber 10 meter , 300 meter dan 500 meter. *Shadow zone* di kedalaman sumber 100 meter dan frekuensi 100 Hz yang ditandai lingkaran warna merah, Menunjukkan nilai TL yang semakin besar mendekati 80 sampai 100 dB ini terbentuk sangat sedikit terdapat diantara jarak 35.000 meter - 100.000 meter di kedalaman antara 400 meter sampai 1000 meter.

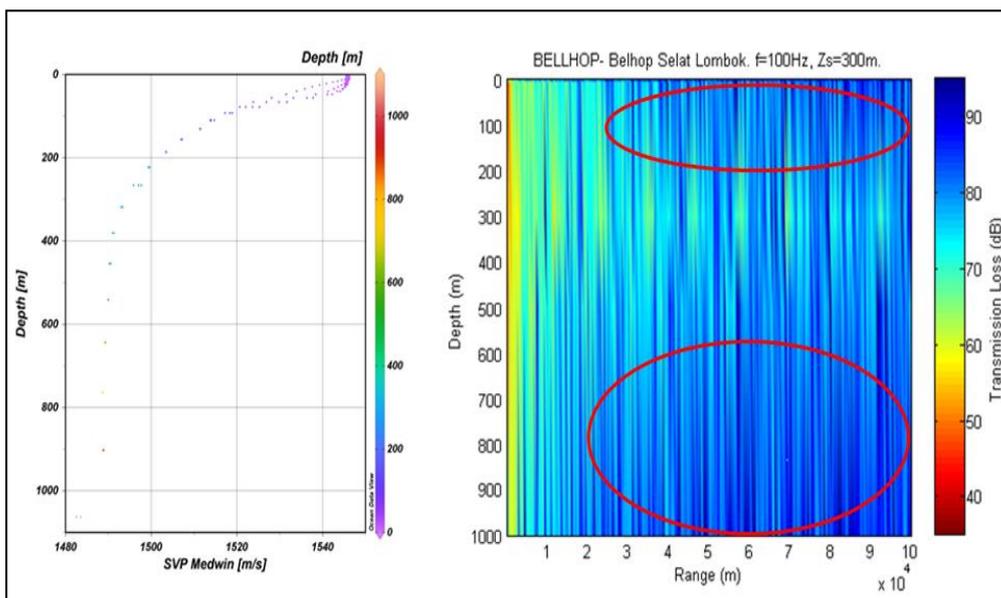


Gambar 3. Pola Propagasi Akustik Bawah Air metode Bellhop dengan kedalaman sumber 100 meter di Choke point Selat Lombok.

Pada gambar 4 merupakan pola Propagasi Akustik Bawah Air metode Bellhop dengan kedalaman sumber 300 meter, jarak 100.000 meter, kedalaman 1000 meter dan frekuensi 100 Hz. Hasil yang diperoleh di dapat nilai TL mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak dan kedalaman. Berdasarkan hasil simulasi, pada kedalaman sumber 300 meter gelombang suara membentuk pola perambatan yang sedikit renggang dibandingkan di kedalaman sumber 10 meter, 100 meter dan 500 meter. Menurut [Darmawan \(2022\)](#) di kedalaman sumber ini, gelombang suara terjadi

pembelokan akibat perbedaan suhu yang menurun dengan cukup drastis sehingga menyebabkan perambatan gelombang tidak bisa terfokus pada pola perambatan pertama.

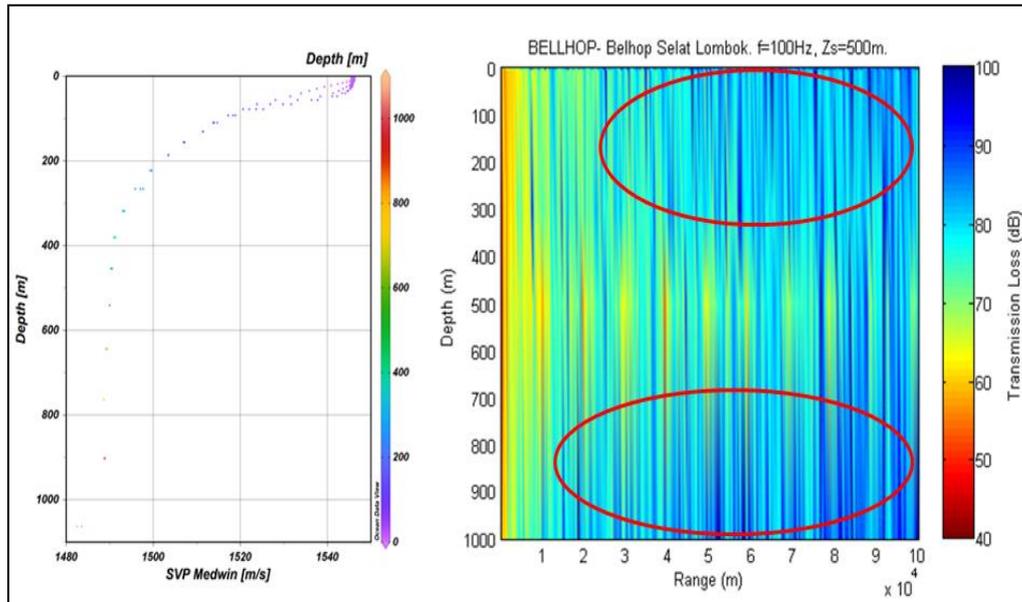
Shadow zone di kedalaman sumber 300 meter dan frekuensi 100 Hz yang ditandai lingkaran warna merah, Menunjukkan nilai Transmission Loss ( TL) yang semakin besar mendekati 80 sampai 100 dB ini terbentuk sangat banyak terdapat diantara jarak 20.000 meter - 100.000 meter di kedalaman 0 sampai 200 meter dan kedalaman 600 meter sampai 1000 meter.



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

Pada gambar 5 merupakan pola Propagasi Akustik Bawah Air metode Bellhop dengan kedalaman sumber 500 meter, jarak 100.000 meter, kedalaman 1000 meter dan frekuensi 100 Hz. Hasil yang diperoleh di dapat nilai TL mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak (menjauhi sumber suara) dan kedalaman. Berdasarkan hasil simulasi, pada kedalaman sumber 500 meter gelombang suara membentuk pola perambatan yang sedikit renggang

dibandingkan di kedalaman sumber 10 meter dan 100 meter. Shadow zone di kedalaman sumber 500 m dan frekuensi 100 Hz yang ditandai lingkaran warna merah, Menunjukkan nilai TL yang semakin besar mendekati 80 sampai 100 dB ini terbentuk sangat banyak terdapat diantara jarak 15.000 meter - 100.000 meter di kedalaman 0 sampai 300 meter dan kedalaman 700 meter sampai 1000 meter.



Gambar 5. Pola Propagasi Akustik Bawah Air metode Bellhop dengan kedalaman sumber 500 meter di Choke point Selat Lombok.

Dari hasil pola propagasi akustik bawah air diatas, jumlah kehilangan energi transmisi atau transmission loss dan daerah shadow zone yang paling banyak terdeteksi dengan menggunakan frekuensi 100 Hz terdapat pada kedalaman sumber 300 meter dibandingkan kedalaman sumber 10 meter, 100 meter dan 500 meter, hal ini dimungkinkan Variasi lapisan kedalaman menyebabkan perubahan dalam kecepatan suara (karena adanya perbedaan kedalaman, salinitas, dan suhu air laut. Kedalaman sumber 300 meter juga merupakan kedalaman dibawah lapisan tercampur dengan kecepatan suara mengalami penurunan yang relatif tajam pada kedalaman yang relatif singkat karena adanya lapisan termoklin yang saat bersamaan terjadi peningkatan nilai salinitas. Hal ini sesuai dengan penelitian [Defrianto dan Pratama \(2019\)](#) bahwa Perubahan kecepatan suara menyebabkan perambatan suara bias saat bergerak di antara area beda kecepatan suara, menekuk atau membias ke arah wilayah dengan kecepatan suara yang lebih rendah. Jika gradien kecepatan suara di antara wilayah semakin besar, semakin besar pula

jumlah refraksi sedangkan Menurut [Urlick \(1983\)](#), 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.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa pola propagasi akustik bawah air dengan metode Bellhop dari data Marine Copernicus selama 1 tahun dari tanggal 01 Januari 2023 sampai dengan 31 Desember 2023 di *Choke Point Selat Lombok*, menunjukkan bahwa kedalaman sumber 300 meter lebih banyak kehilangan energi transmisi (*Transmission loss*) dan daerah *Shadow zone* dibandingkan kedalaman sumber 10 meter, 100 meter dan 500 meter. Menunjukkan nilai *Transmission Loss* yang semakin besar mendekati 80 dB sampai 100 dB ini terbentuk sangat banyak terdapat diantara jarak 20.000 meter - 100.000 meter di kedalaman 0 sampai 200 meter dan kedalaman 600 meter sampai 1000 meter.

Kedalaman sumber 100 meter merupakan kehilangan energi transmisi (*Transmission Loss*) dan daerah *Shadow zone* lebih sedikit dibandingkan kedalaman sumber 10 meter, 300 meter dan 500 meter. Menunjukkan nilai *Transmission Loss* ( TL) yang semakin besar mendekati 80 dB sampai 100 dB ini terbentuk sangat sedikit terdapat diantara jarak 35.000 meter - 100.000 meter di kedalaman antara 400 meter sampai 1000 meter.

### UCAPAN TERIMA KASIH

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

### 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. setiyo, Nurhidayat, N., Asmoro, N. W., & hendra, 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>.
- 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 (Marine Environmental Management Strategies On The Activities Of Indonesia Archipelagic Sea Lane (IASL) In The Lombok Strait Waters). *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). <https://doi.org/10.33172/tp.v1i2.485>.
- 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.
- Copernicus Marine Service. 2023. Copernicus.Retrieved from [Marine.copernicus.eu: https://data.marine.copernicus.eu/](https://data.marine.copernicus.eu/)
- 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. dan S.M, Evans. 1985. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia Press Jakarta.
- Iskandarsyah, Mochamad. 2011. Pemetaan Shadow Zone Akustik Dengan Metode Parabolic Equation Di Wilayah Perairan Selat Lombok.
- Lurton X. 2002. An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications. Chichester (UK): Praxis Publishing
- Marsetio. 2014. Sea Power Indonesia. Jakarta: Universitas Pertahanan.
- 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.
- Suharyo, O.S., Adrianto, D., Hidayah, Z. 2018. Pengaruh Pergerakan Massa Air dan Distribusi Parameter Temperatur, Salinitas dan Kecepatan Suara Pada Komunikasi Kapal Selam. *Jurnal Kelautan*, 11(2): 104-112.
- Pravitasari, D. D. 2010. Analisis Model Propagasi Kraken pada Pengiriman Sinyal Akustik Bawah Air. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Schlitzer, R., Schlitzer, Reiner. 2022. Ocean Data View. Software.
- Wijaya, T. H. 2010. Analisis Model Propagasi Bellhop pada Pengiriman Sinyal Akustik Bawah Air. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Urick, R.J. 1983. Principles of Underwater Sound. 3rd edition. New York: Peninsula Publishing.
- Waite, H.D. 2005. Sonar for Practising Engineers: Third Edition. John Willey & Sons Ltd. West Sussex.
- Wiyadi, SH. 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