

# DETEKSI SHADOW ZONE DENGAN METODE PARABOLIC EQUATION DALAM MENDUKUNG PATROLI TNI ANGKATAN LAUT DI SELAT MAKASSAR

## SHADOW ZONE DETECTION WITH PARABOLIC EQUATION METHOD IN SUPPORTING INDONESIAN NAVY PATROL ON MAKASSAR STRAIT

Hilda Isnawati Nela Bada<sup>1</sup>  
Fahmi Amhar<sup>2</sup>, Amarulla Octavian<sup>3</sup>

Email: hildanelabada70@gmail.com

**Abstrak** - Perairan Selat Makassar dikenal sebagai salah satu perairan di Indonesia yang memiliki karakteristik laut dalam yang masih rawan dengan penyusupan kapal asing. Saat ini TNI AL masih berfokus pada pengamanan di permukaan laut, sementara dengan kemajuan teknologi saat ini banyak kapal selam asing yang memanfaatkan daerah bawah air untuk melakukan kejahatan transnasional. Salah satu daerah bawah laut yang dimanfaatkan adalah *shadow zone*. Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian tentang *shadow zone* yang berpotensi sebagai tempat bersembunyi kapal selam. Penelitian ini menggunakan *mixed methods*, untuk mengolah data kuantitatif (pendeteksian *shadow zone*). Peneliti melakukan simulasi/pemodelan propagasi suara dengan metode *parabolic equation* yang diolah dengan menggunakan Matlab dan toolbox AcTup v 2.2L, dan pengolahan data kualitatif yang didapat dari hasil wawancara dianalisa untuk melengkapi data kuantitatif. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa *shadow zone* terbanyak terdeteksi dengan menggunakan frekuensi 500 Hz. Simulasi dengan metode *parabolic equation* juga dapat mengetahui adanya *shadow zone* dari frekuensi yang dicoba dan kedalaman sumber suaranya. Sehingga dengan hasil deteksi ini, TNI AL dapat meminimalisir adanya *shadow zone* saat berpatroli dengan menggunakan frekuensi Sonar dan kedalaman sumber suara yang tepat. Metode tersebut juga dapat digunakan sebagai informasi navigasi yang nantinya bisa melengkapi metode yang sudah ada di TNI AL.

**Kata kunci:** *shadow zone*, *parabolic equation*, Selat Makassar, Patroli TNI AL

**Abstract** - Makassar strait waters are known as one of waters in Indonesia which has deep sea characteristics and still vulnerable with foreign ships infiltration. Nowadays, Indonesian Navy is still focusing with security on sea surface, while with this technology advancement, there are lot of foreign submarines exploit the underwater areas for doing some transnational crime. One of underwater areas exploited is *shadow zone*. Therefore, it is important to do research on the shadow

---

<sup>1</sup> Alumnus Pascasarjana Program Studi Keamanan Maritim Cohort 3, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan.

<sup>2</sup> Prof. Dr-ing Fahmi Amhar merupakan dosen Universitas Pertahanan dari Badan Informasi Geospasial. Beliau sebagai dosen pembimbing pertama dalam penelitian.

<sup>3</sup> Laksda TNI Dr. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., D.E.S.D. merupakan dekan Fakultas Manajemen Pertahanan, sekaligus sebagai dosen pembimbing kedua dalam penelitian.

zone that has potential as a place to hide submarines. This research is using mixed methods. For processing quantitative data (shadow zone detection) research did some simulation/sound propagation modeling with Parabolic Equation method processed using Matlab and AcTup v 2.2L toolbox. While processing qualitative data took from analyzing interview's result to complete the quantitative ones. Result of research is the most shadow zone was detected by 500 Hz frequency. From parabolic equation methods simulation result we can know the shadow zone from tried frequency and its source of sound, so that by this cognition Indonesian Navy can minimize the shadow zone when patrol by using sonar frequency and right source of sound. The method can also be used as a navigation information that later can complement existing methods in the Navy.

**Keywords : shadow zone, parabolic equation, Makassar Strait, Indonesian Navy Patrol**

## Pendahuluan

Perairan Indonesia merupakan persimpangan dua lautan besar dan juga merupakan salah satu jalur distribusi yang paling penting di dunia. Posisi geografis Indonesia menjadi suatu keunggulan dibandingkan dengan negara-negara lain, baik dari segi geoekonomi, geopolitik, maupun geostrategi. Indonesia memiliki tiga buah ALKI (Alur Laut Kepulauan Indonesia) yang mengatur hak lintas bagi kapal dan pesawat udara asing melalui perairan Indonesia<sup>4</sup> serta memiliki 4 *choke point* dari 9 *choke point* dunia di perairan Indonesia yaitu Selat Malaka, Selat Sunda, Selat Lombok, dan Selat Makassar<sup>5</sup>. Dalam posisi seperti ini, Indonesia sangat rentan akan ancaman keamanan maritim karena meningkatnya jumlah arus pelayaran yang melintasi perairan

Indonesia. Patroli laut merupakan suatu kegiatan yang dikirim melalui laut maupun udara untuk melakukan tugas khusus. Hingga saat ini TNI AL senantiasa melakukan tugasnya dalam menjaga perairan Indonesia terutama Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) khususnya di Selat Makassar.

Patroli yang dilakukan TNI AL masih berfokus pada pengamanan di daerah permukaan laut, sementara dengan kemajuan teknologi saat ini banyak kapal selam asing yang memanfaatkan daerah bawah air untuk melakukan kejahatan transnasional. Salah satu daerah bawah laut yang dimanfaatkan adalah *shadow zone*. *Shadow zone* merupakan suatu zona yang terbentuk akibat gelombang suara tidak dapat merambat atau lemah sehingga hampir tidak dapat merambat dalam suatu medium. Pembelokan gelombang suara ini terjadi karena adanya perbedaan suhu, salinitas, dan kedalaman air laut di kolom perairan.

---

<sup>4</sup> K. Buntoro, Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) Prospek dan Kendala, (Jakarta : Seskoal, 2012)

<sup>5</sup> Marsetio, Sea Power Indonesia, (Jakarta : Universitas Pertahanan, 2014)

*Shadow zone* ini penting dideteksi karena dapat digunakan atau dimanfaatkan oleh kapal selam asing untuk mendekati kontak permukaan tanpa terdeteksi.

TNI AL menggunakan teknologi *Sound Navigation and Ranging* (SONAR) dalam patroli pendeteksian bawah air. Namun Sonar yang terpasang di kapal patroli TNI AL masih sangat terbatas, sehingga diperlukan upaya lain dalam pembangunan pertahanan Indonesia. Upaya tersebut salah satunya adalah pendeteksian *shadow zone* dengan menggunakan metode *parabolic equation*. Pentingnya dilakukan pendeteksian ini, karena kita tidak bisa secara langsung mendeteksi keberadaan kapal selam di bawah air. Maka peneliti melakukan pendeteksi *shadow zone* yang secara tidak langsung akan mendeteksi keberadaan kapal selam yang bersembunyi di *shadow zone*.

### **Metodologi**

Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed methods*). *mixed methods* melibatkan penggabungan atau penyatuan penelitian antara data kualitatif dan kuantitatif dalam penelitian<sup>6</sup>. Metode ini dipilih karena

*mixed methods* memiliki kekuatan dalam menggambarkan penelitian kualitatif dan kuantitatif serta meminimalkan batasan kedua pendekatan tersebut. Pada level prosedural, *mixed methods* merupakan strategi yang bermanfaat untuk mendapatkan pemahaman akan rumusan masalah yang lebih lengkap. Sumber pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sumber data primer dan sekunder. Sumber data primer didapatkan melalui metode wawancara, instansi yang terlibat sebagai sumber data primer yaitu Institut Pertanian Bogor (IPB) dan Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (Pushidrosal).

Sedangkan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu data sekunder yang bersifat kuantitatif dan kualitatif. data sekunder yang bersifat kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini yaitu data suhu, salinitas, dan kedalaman tahun 2015 yang di ukur oleh instrumen CTD, diperoleh dari Balitbang-KP, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir di Jakarta. Data tersebut merupakan data hasil pengukuran CTD di Selat Makassar, data yang diambil ada 2 stasiun yaitu Stasiun-1

---

<sup>6</sup> J. W. Creswell, *Research Design : Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan campuran*. Edisi Keempat. Diterjemahkan oleh A. Fawaid

---

dan R.K. Pancasari, (Pustaka Pelajar : Yogyakarta, 2016)

dengan koordinat  $118^{\circ} 19,98' BT$  dan  $1^{\circ} 30' LS$  serta Stasiun  $-2 118^{\circ} 19,98' BT$  dan  $1^{\circ} 0,06' LS$ . Untuk peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu data kuantitatif dengan menggunakan *software* Matlab R2008b yang dilengkapi dengan *toolbox* AcTUP V 2.2L. Secara ringkas diagram alir pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 2. Setelah proses pengolahan data kemudian dilakukan analisis data. Analisis data ini diperjelas dengan data kualitatif, analisis data kualitatif dilakukan dengan cara reduksi data (mengorganisasikan data, memilah menjadi satuan data yang dapat diolah, menyusun ke dalam pola), penyajian data

dan menarik kesimpulan sehingga menghasilkan suatu interpretasi yang dapat dijadikan sebagai informasi.

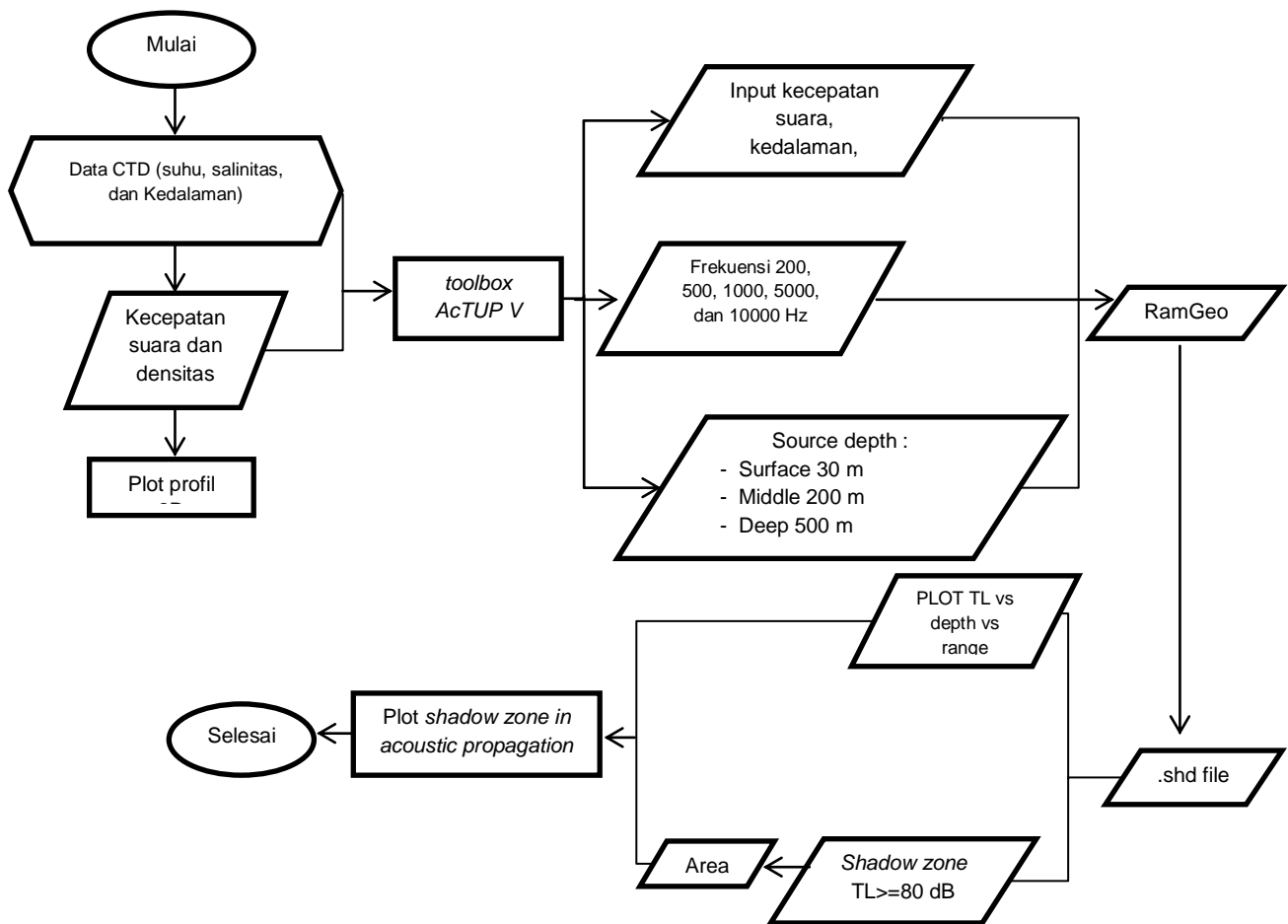
## Hasil dan Pembahasan

### Penggunaan Metode *Parabolic Equation* oleh TNI AL dalam Mendeteksi *Shadow Zone* di Selat Makassar

Dalam penggunaan metode *parabolic equation* untuk penentuan wilayah *shadow zone* terdapat proses-proses yang harus dilakukan oleh peneliti. Proses-proses tersebut dapat diaplikasikan dengan mudah oleh TNI AL, antara lain :

#### a. Persiapan

Proses persiapan yang dilakukan dalam menentukan wilayah *shadow zone* yaitu data karakteristik oseanografi perairan yang akan diteliti, karena *shadow zone* ini terbentuk berdasarkan karakteristik oseanografi perairan yaitu kecepatan suara, suhu, dan salinitas. Data oseanografi yang diambil dibagi menjadi dua musim yaitu musim barat dan timur. Berikut uraian profil suhu, salinitas, dan kecepatan suara pada setiap musim, yaitu:



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

- Musim Barat

Pada Gambar 3 menunjukkan profil oseanografi pada musim barat, sebagai berikut: profil menegak suhu pada kedalaman hingga 1000 m, sebaran suhu rata-rata di Selat Makassar yaitu pada Stasiun-1 22.06 °C dan pada Stasiun-2 22.02 °C; profil salinitas memperlihatkan bahwa nilai salinitas di permukaan relatif kecil yaitu 32.93 psu (Stasiun-1) dan 33.01 psu (Stasiun-2), nilai salinitas tertinggi berada pada kedalaman antara 100-150 m, yaitu 34.65 psu (Stasiun-1) dan 34.65 psu (Stasiun-2); serta profil kecepatan suara

pada musim barat menunjukkan gambar yang relatif seragam baik di Stasiun-1 maupun Stasiun-2; serta Nilai rata-rata kecepatan suara di Stasiun-1 yaitu 1527.24 m/s dan di Stasiun-2 1527.18 m/s.

- Musim Timur

Pada Gambar 4 menunjukkan profil oseanografi pada musim barat, sebagai berikut: sebaran suhu rata-rata pada musim ini yaitu 21.45 °C (Stasiun-1) dan 21.50 °C (Stasiun-2); nilai 33.67 psu (Stasiun-1) dan 33.63 psu (Stasiun-2), serta salinitas maksimum berada pada kedalaman 100-150 m baik di Stasiun-1

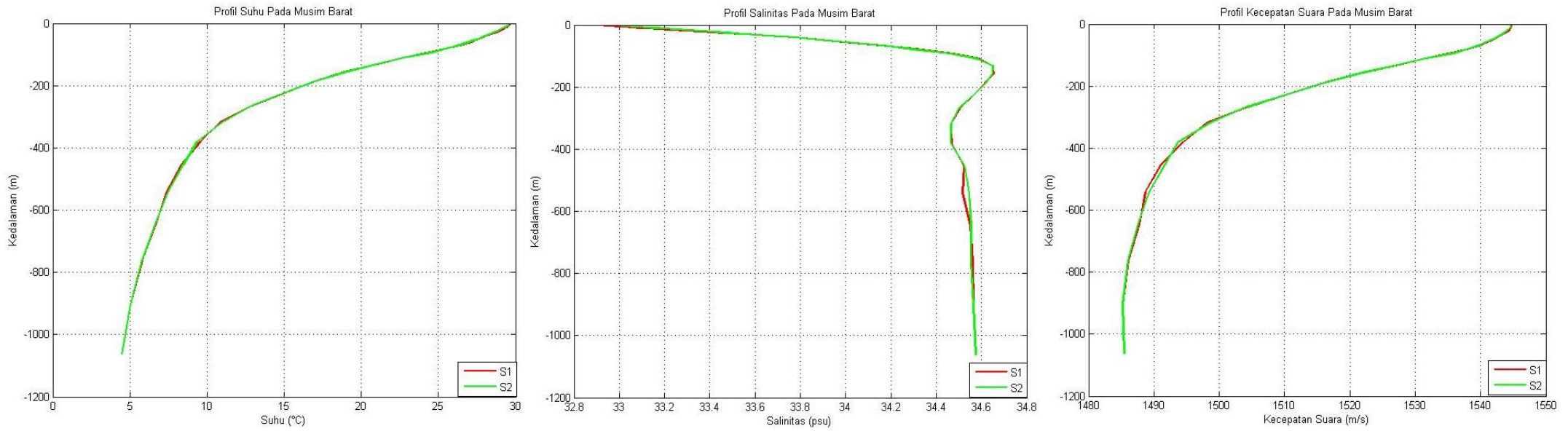
maupun Stasiun-2 dengan masing-masing nilai sebesar 34.72 dan 34.72 psu; serta kecepatan suara pada musim timur memiliki nilai rata-rata 1526.24 m/s (Stasiun-1) dan 1526.30 m/s (Stasiun-2).

Pada musim barat suhu lebih tinggi daripada musim timur. Hal ini dikarenakan pada musim timur, angin yang bertiup dari Benua Australia yang membawa massa udara yang lebih dingin ke Benua Asia<sup>7</sup>, yang mengakibatkan kelembaban rendah (massa air yang lebih dingin) sehingga hilangnya panas, adanya pencampuran vertikal, dan mengalirnya massa air ke daerah yang memiliki sedikit pengaruh radiasi yang menyebabkan penurunan suhu<sup>8</sup>.

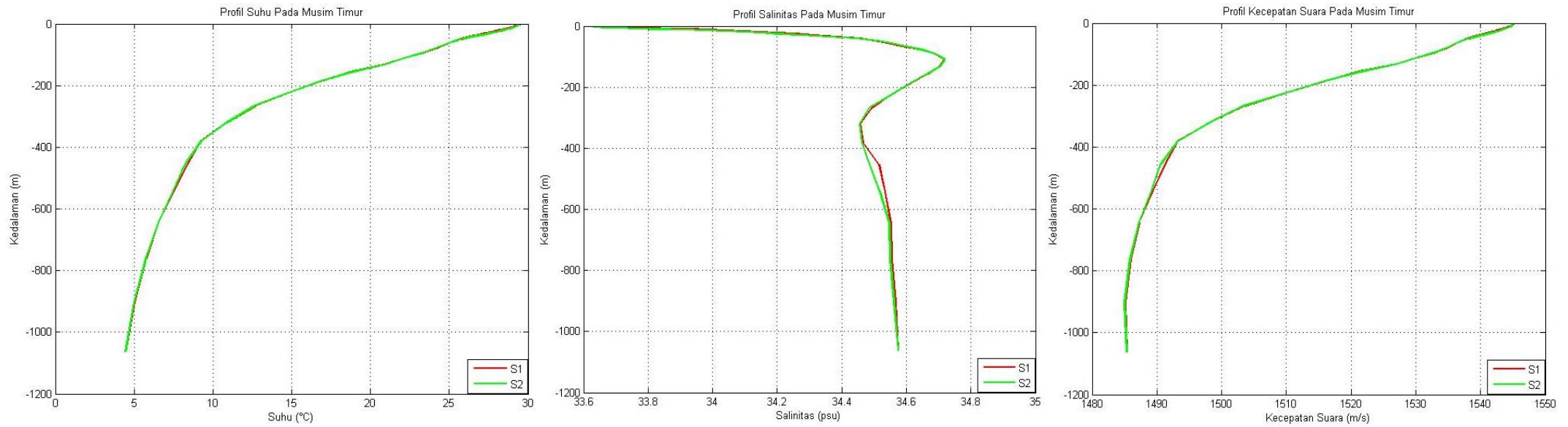
---

<sup>7</sup> K. Wyrski, Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters. Naga Report. Vol 2. Scripps Institution of Oceanography, (The University of California : California, 1961)

<sup>8</sup> A. G. Ilahude, On The Occurance of Upwelling in Southern Makassar Strait, Marine Research in Indonesia, 10 : 81-107, (1970)



**Gambar 3.** Profil Suhu, Salinitas, dan Kecepatan Suara terhadap Kedalaman pada Musim Barat



**Gambar 4.** Profil Suhu, Salinitas, dan Kecepatan Suara terhadap Kedalaman pada Musim Timur



## b. Pelaksanaan

Dari profil-profil yang telah dibahas pada subbab sebelumnya berfungsi untuk mengetahui dan mendapatkan karakteristik akustik bawah air di Selat Makassar, kecepatan suara di dalam air merupakan salah satu variabel penentu untuk transmisi suara di bawah air dalam penentuan *shadow zone*<sup>9</sup>. Pendeteksian *shadow zone* ini memodelkan propagasi sinyal suara dengan metode *parabolic equation*, kode propagasinya dinamakan model *RamGeo*. Hasil pemodelan propagasi akustik, yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6 merupakan propagasi yang menampilkan jumlah *shadow zone* paling banyak.

## c. Pengaturan

Pemodelan propagasi akustik bawah air ini dilakukan beberapa pengaturan, antara lain memasukan data *configure environment*, Mengatur frekuensi yang diamati yaitu 200 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 5000 Hz, dan 10000 Hz, serta *Transmission loss* (TL) yang digunakan yaitu  $\geq 80$  dB.

Metode *parabolic equation* ini mempermudah TNI AL dalam membuat informasi navigasi dalam mendukung patroli laut, tanpa harus menunggu data

dari Pushidrosal. Dengan adanya metode ini, TNI AL khususnya Koarmatim dapat menggunakannya secara langsung. Koarmatim dapat menggunakan data umum (suhu, salinitas, dan kedalaman) yang sudah dipublikasi di website maupun dari instansi lain seperti Balitbang-KP. Penggunaan data umum tersebut secara tidak langsung berdampak pada anggaran yang dikeluarkan TNI AL dalam pengambilan data lapang. Sehingga dengan adanya metode ini, TNI AL mendapatkan data dan informasi navigasi secara *real time* dan TNI AL juga dapat memperkecil anggaran dalam pengambilan data lapang.

### **Penggunaan Hasil Deteksi *Shadow Zone* oleh Patroli TNI AL dalam Mengantisipasi Kemungkinan Bahaya Kapal Selam**

Dari hasil modeling atau simulasi propagasi sinyal akustik bawah air yang ditampilkan pada Gambar 5 dan 6. Hasil pemodelan tersebut memperlihatkan pola perambatan gelombang suara yang hampir sama baik pada musim barat maupun musim timur (Stasiun-1 dan 2), yaitu gelombang suara yang dipancarkan dari sumber suara kemudian merambat dalam medium air. Perambatan mengalami perubahan arah karena gelombang suara melintasi dua badan

---

<sup>9</sup> Indra Jaya (*interview* langsung, 2016)

massa air yang berbeda atau disebut refraksi yang menyebabkan kecepatan suara horizontal dan vertikal akan bervariasi.

Dari hasil penelitian ini jumlah *shadow zone* yang paling banyak terdeteksi dengan menggunakan frekuensi 500 Hz dan berada pada musim timur, hal ini dimungkinkan karena adanya pergerakan massa air dan arus yang kuat pada musim tersebut sehingga terjadi kehilangan suara (*transmission loss*) yang lebih banyak. Wilayah-wilayah *shadow zone* yang terdeteksi dengan ditandai poligon berwarna putih. Jumlah yang terdeteksi pada setiap stasiun berbeda-beda tergantung dengan frekuensi, kedalaman sumber suara, serta perubahan musim. Hubungan antara kondisi oseanografi dan propagasi suara bawah air ini pada dasarnya untuk mengetahui bagaimana kecepatan suara berubah terhadap kedalaman untuk memprediksi kinerja Sonar yang menjadi perlengkapan standar pada kapal TNI AL dalam melakukan patroli. TNI AL dapat menggunakan Sonar dengan frekuensi dan *source depth* yang tepat sesuai dengan lokasi patroli khususnya Selat Makassar.

Metode ini dirancang agar TNI AL khususnya Koarmatim dapat melakukan

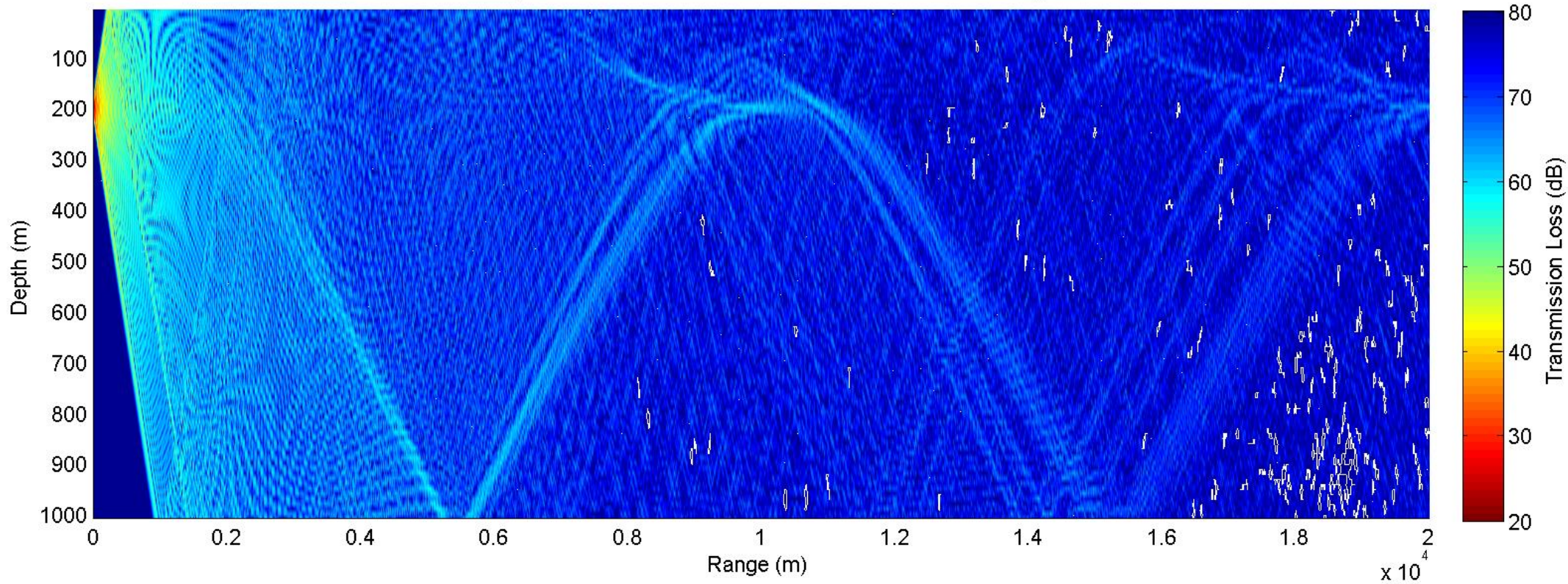
patroli laut secara berkala dengan data dan informasi perairan terbaru dan memberikan masukan untuk Lantamal Makassar agar menyiapkan kapal sesuai dengan lokasi perairan yang akan dilakukan patroli, karena kelengkapan data dan kapal patroli yang sesuai dengan kebutuhan pengguna operasi sangatlah menunjang dalam keberhasilan suatu operasi. Terbatasnya Sonar yang ada pada kapal patroli TNI AL untuk pendeteksian kapal selam, sehingga dibutuhkan alternatif lain yang efektif dan efisien dalam upaya membantu TNI AL melakukan patroli laut. Metode *parabolic equation* dapat menjadi masukan untuk TNI AL dalam mendukung patroli laut. Akan tetapi masukan untuk TNI AL yang terkait dengan metode informasi navigasi harus divalidasi dulu oleh Pushidrosal. Pushidrosal mempunyai standar tertentu untuk memutuskan memilih atau tidaknya metode baru tersebut. Validasi yang dilakukan oleh Pushidrosal yaitu harus memenuhi standar IHO *International Hydrographic Organization* (IHO) dan *Additional Military Layer* (AML)<sup>10</sup>. Metode ini salah satu upaya yang dapat memberikan informasi navigasi terkait dengan pendeteksian *shadow zone*.

---

<sup>10</sup> Trismadi (*interview* langsung, 2017)

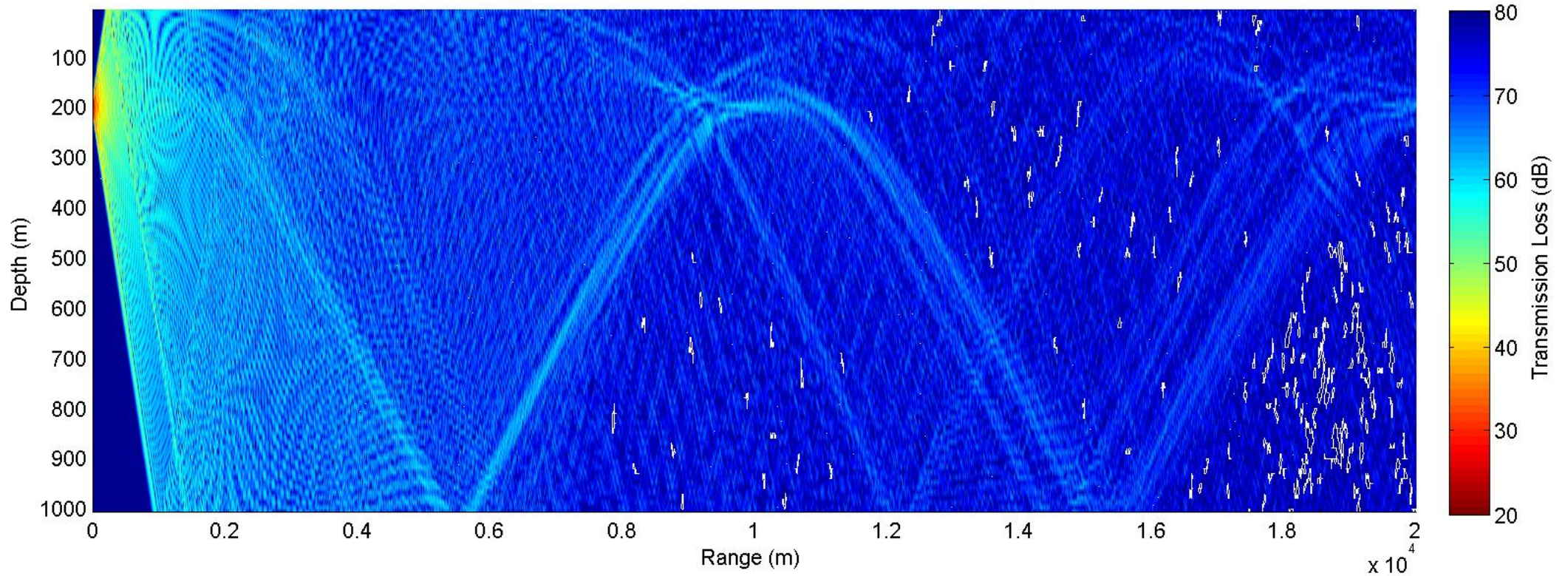
Dengan terdeteksinya *shadow zone*, sehingga TNI AL bisa mendeteksi kapal selam yang bersembunyi pada zona tersebut.

### Area Shadow Zone pada Frekuensi 500 Hz dan Source Depth 200 meter



(a)

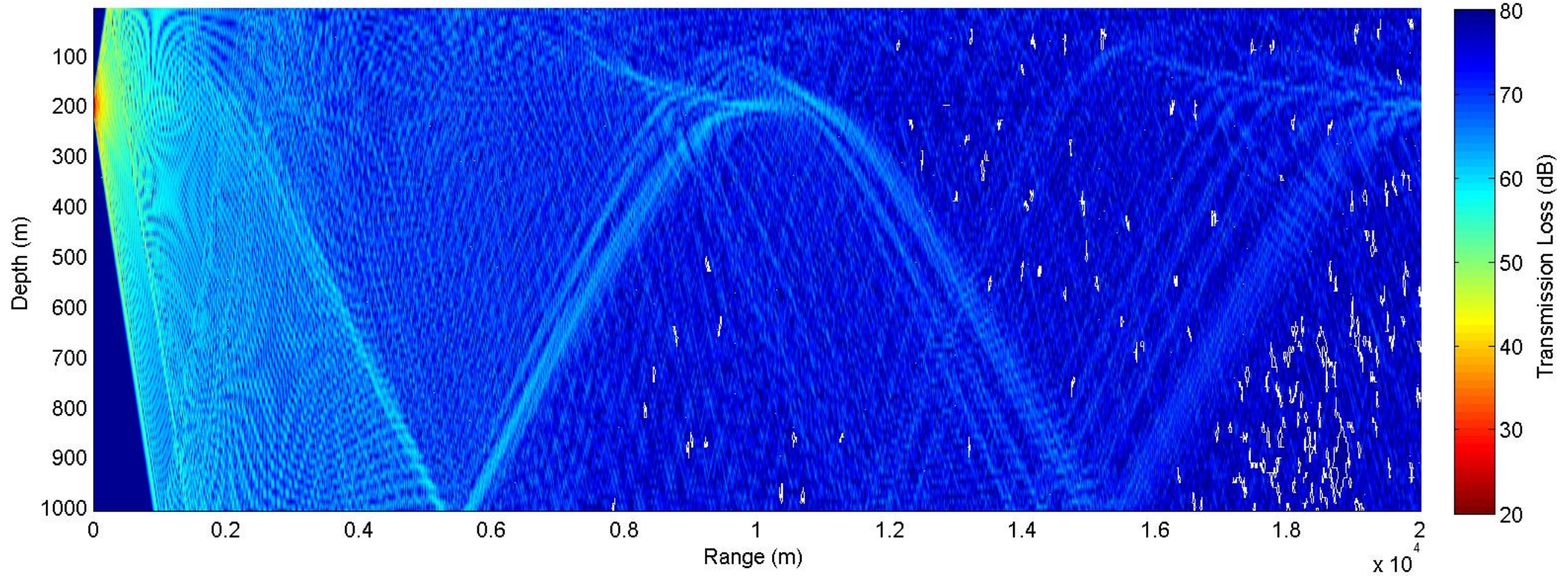
### Area Shadow Zone pada Frekuensi 500 Hz dan Source Depth 200 meter



(b)

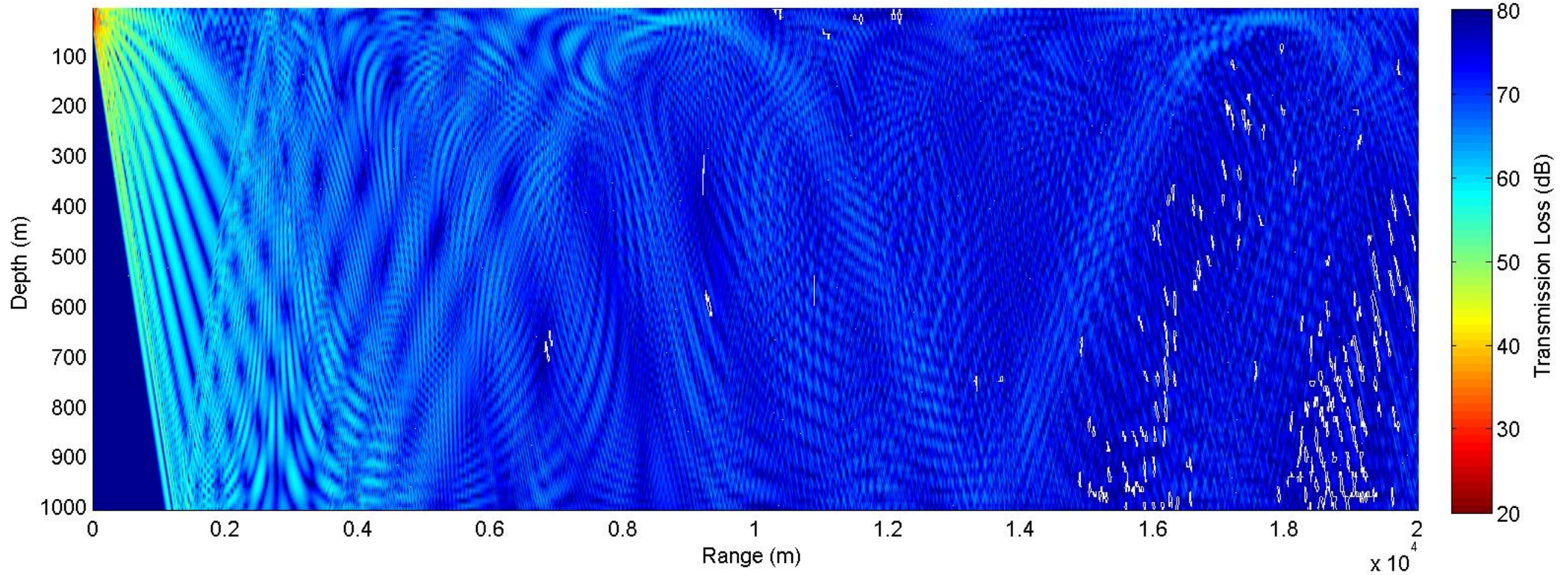
Gambar 5. Model Propagasi Pada Stasiun-1 dengan Kedalaman Sumber Suara 200 m ((a) Musim Barat, (b) Musim Timur)

### Area Shadow Zone pada Frekuensi 500 Hz dan Source Depth 200 meter



(a)

### Area Shadow Zone pada Frekuensi 500 Hz dan Source Depth 30 meter



(b)

Gambar 6. Model Propagasi Pada Stasiun-2 dengan Kedalaman Sumber Suara 200 dan 30 m

((a) Musim Barat, (b) Musim Timur)

## Kesimpulan

*Shadow zone* merupakan kondisi lingkungan yang ditimbulkan oleh faktor suhu, salinitas, dan kedalaman. Penentuan *shadow zone* dilakukan dengan metode *parabolic equation*. Hasil modeling/simulasi propagasi akustik bawah air dengan metode *parabolic equation* menunjukkan bahwa *shadow zone* terbanyak terdeteksi dengan menggunakan frekuensi 500 Hz baik pada musim barat maupun musim timur. Hal ini dimungkinkan karena adanya pergerakan massa air dan arus yang kuat pada musim tersebut sehingga terjadi kehilangan suara (*transmission loss*) yang lebih banyak. Hasil simulasi tersebut juga memberikan informasi mengenai luasan dan posisi (kedalaman, dan jarak) *shadow zone*.

Metode *parabolic equation* ini dapat digunakan sebagai informasi navigasi yang nantinya dapat melengkapi metode yang sudah ada. Selain itu, dengan terbatasnya Sonar yang ada pada kapal patroli TNI AL untuk pendeteksian kapal selam, metode ini menjadi alternatif lain yang efektif dan efisien dalam upaya membantu TNI AL melakukan patroli laut. Dengan terdeteksinya *shadow zone*, TNI AL bisa mendeteksi kapal selam yang bersembunyi pada zona tersebut. Metode

ini dirancang agar TNI AL khususnya Koarmatim dapat melakukan patroli laut secara berkala dengan data dan informasi perairan terbaru, serta masukan untuk Lantamal Makassar agar menyiapkan kapal sesuai dengan lokasi perairan yang akan dilakukan patroli, karena kelengkapan data dan kapal patroli yang sesuai dengan kebutuhan pengguna operasi sangatlah menunjang dalam keberhasilan suatu operasi.

## Daftar Pustaka

- Buntoro, K. 2012. Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) Prospek dan Kendala. Jakarta : SESKOAL.
- Creswell, J. W. 2016. *Research Design : Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan campuran*. Edisi Keempat. Diterjemahkan oleh A. Fawaid dan R.K. Pancasari. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Illahude A. G. 1970. On The Occurance of Upwelling in Southern Makassar Strait. *Marine Research in Indonesia*. 10 : 81-107.
- Marsetio. 2014. *Sea Power Indonesia*. Jakarta : Universitas Pertahanan.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oseanography of The Southeast Asian Waters*. Naga Report. Vol 2. Scripps Institution of Oceanography. The University of California. La Jolla. California.