ISBN: 978-979-792-691-5

PENENTUAN DAERAH *SHADOW ZONE* DI LAUT SECARA KOMPUTASI DENGAN SIMULASI PENJALARAN SINAR AKUSTIK

Defrianto*, Nando Pratama

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: defrianto@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Simulation of acoustic wave propagation to determine the shadow zone area using computational methods have been carried out using negative value gradients. The study was conducted by varying the angle of incidence and variations in the length of the beam used. This research was conducted by comparing analytical results with computational results. The results of this study indicate that at a depth of 500 meters with a sound speed of 1493.1 m / s, a beam length of 1 meter and a gradient pattern of -0.1, a maximum angle of 0.255 radians is obtained with the shadow zone area being at a depth of 0 to 800 meters and a distance of 5000 meters of wave source. The value of the difference or error in analytical data and computational data is 0.0817%.

Keywords: Shadow zone, Acoustics, Sound speed, Gradient

ABSTRAK

Simulasi penjalaran gelombang akustik untuk menentukan daerah shadow zone menggunakan metode komputasi telah dilakukan dengan menggunakan gradien kecepatan bernilai negarif. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan sudut datang dan variasi panjang sinar yang digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil secara analitik dengan hasil secara komputasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada kedalaman 500 meter dengan kecepatan bunyi 1493,1 m/s, panjang sinar 1 meter dan pola gradien -0,1 didapatkan sudut maksimum sebesar 0,255 radian dengan daerah shadow zone berada pada kedalaman 0 sampai 800 meter dan berjarak 5000 meter dari sumber gelombang. Nilai selisih atau error data secara analitik dan data secara komputasi adalah sebesar 0.0817%.

Kata kunci: *Shadow zone*, Akustik, Kecepatan bunyi, Gradien

PENDAHULUAN

Seiring kemajuan teknologi saat ini banyak kapal selam asing yang memanfaatkan daerah bawah air laut untuk melakukan transnasional. Salah satu daerah bawah laut yang dimanfaatkan adalah *shadow zone. Shadow zone* merupakan suatu zona yang terbentuk akibat gelombang bunyi tidak dapat masuk dalam suatu medium karena dibelokkan akibat adanya perbedaan kecepatan gelombang bunyi. Pembelokan gelombang bunyi ini terjadi karena adanya perbedaan suhu, salinitas, dan kedalaman air laut di kolom perairan [1].

Shadow Zone adalah suatu wilayah dimana gelombang bunyi tidak dapat masuk dalam suatu medium karena dibelokkan akibat adanya perbedaan kecepatan gelombang bunyi. Di kolom perairan, gelombang bunyi mengalami pembelokan gelombang bunyi (refraksi) yang terjadi karena adanya perbedaan kedalaman, salinitas, dan suhu air laut.

Pengaruh yang paling nyata terlihat yaitu jika terjadi kenaikan suhu air laut sebesar 1°C, maka akan menyebabkan peningkatan kecepatan gelombang bunyi sebesar 1 m/s, sedangkan di lapisan permukaan pertambahan kecepatan bunyi bertambah akibat pertambahan suhu sebesar 3

m/s/°C. Akibatnya jika suhu meningkat menurut kedalaman maka gelombang bunyi yang dipancarkan akan cenderung dibelokan ke arah permukaan air yang suhunya lebih tinggi. Sebaliknya jika suhu menurun karena kedalaman maka gelombang bunyi akan terus berjalan menuju dasar perairan dan mengalami pembelokkan secara perlahan ke dasar perairan [2].

Sistem pertahanan nasional menggunakan teknologi *Sound Navigation and Ranging* (Sonar) dalam patroli pendeteksian bawah air. Namun sonar yang terpasang di kapal patroli sistem pertahanan nasional masih sangat terbatas, sehingga diperlukan upaya lain dalam pembangunan pertahanan [3].

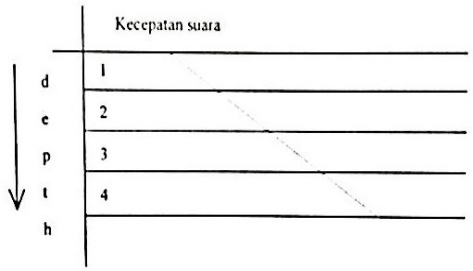
Upaya tersebut salah satunya adalah penentuan *shadow zone* dengan menggunakan metode komputasi. Pentingnya dilakukan penelitian ini karena kita tidak bisa secara langsung mendeteksi keberadaan kapal selam di bawah air. Maka peneliti melakukan pendeteksian *shadow zone* dengan metode komputasi yang secara tidak langsung akan mendeteksi keberadaan kapal selam yang bersembunyi di *shadow zone*.

TINJAUAN PUSTAKA

Akustik berarti segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi. Akustik mempunyai tujuan untuk mencapai kondisi pendengaran bunyi yang sempurna yaitu murni, merata, jelas dan tidak berdengung sehingga sama seperti aslinya, bebas dari cacat dan kebisingan [4]. Persamaan gelombang akustik:

$$\frac{\partial^2 \Delta p}{\partial t^2} = c_{0^2} . \frac{\partial^2 \Delta p}{\partial z^2} \qquad (1)$$

Kecepatan bunyi sebagai fungsi kedalaman dapat digambarkan oleh persamaan linier sederhana. Hasil ini dapat digunakan untuk menemukan fungsi untuk jari-jari sinar bunyi kuantitas lainnya.



Gambar 1. Kecepatan bunyi dalam medium berlapis [5].

Gradien kecepatan bunyi g ditampilkan sebagai garis putus-putus. Kecepatan bunyi pada lapisan ke i+1 dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$c_{i+1} = c_i + g_i \Delta z_i$$
(2)

Dimana g adalah gradien, $= \frac{\Delta c}{\Delta z}$, dari hukum Snellius dan memasukkan persamaan untuk c, maka didapat:

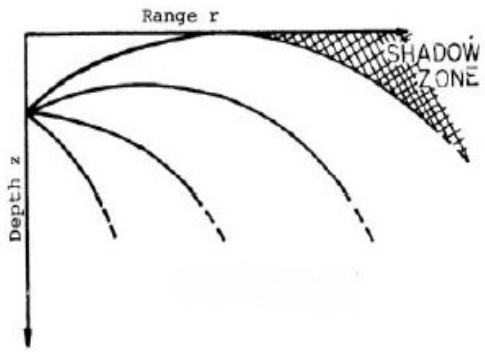
$$\frac{Cos\ (\theta 1)}{c1} = \frac{Cos\ \theta}{c}$$

$$\frac{Cos\ (\theta 1)}{c1} = \frac{Cos\ \theta}{c1+gz} \qquad (3)$$

$$gz\ Cos\ \theta 1 = c1\ (Cos\ \theta - Cos\ \theta 1)$$

$$z = R\ (Cos\ \theta - Cos\ \theta 1) \qquad (4)$$

dimana $R = \frac{c1}{g\ Cos\ \theta 1}$ adalah jari-jari kelengkungan sinar bunyi [6].



Gambar 2. Pembentukan *shadow zone* dibawah laut [7].

Shadow zone adalah suatu wilayah dimana gelombang bunyi tidak dapat merambat dalam suatu medium. Di kolom perairan, gelombang bunyi mengalami

pembelokan gelombang bunyi (refraksi) yang terjadi karena adanya perbedaan kedalaman, salinitas dan suhu ait laut.

Shadow zone merupakan suatu zona yang terbentuk akibat gelombang bunyi tidak dapat masuk dalam suatu medium karena dibelokkan akibat adanya perbedaan kecepatan gelombang bunyi. *shadow zone* ini penting dideteksi karena dapat digunakan atau dimanfaatkan oleh kapal selam asing untuk mendekati kontak permukaan tanpa terdeteksi [1].

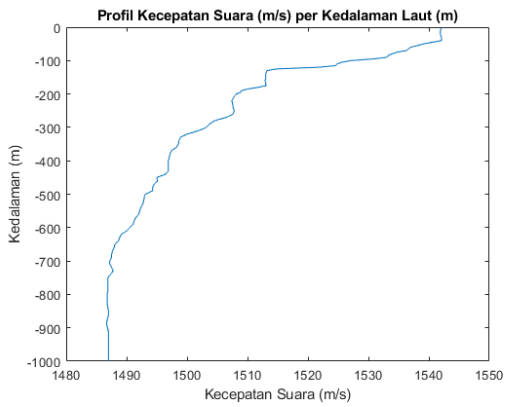
METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April 2019 – Juli 2019 di Laboratorium Fisika Komputasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Simpang Baru Kecamatan Tampan Pekanbaru.

Bahan penelitian yang digunakan adalah berupa *software* pengolah data berbasis program, yaitu Matlab R2018a. Sedangkan alat yang digunakan adalah berupa *Personal Computer* (PC) ataupun Laptop.

Penelitian ini menggunakan data kecepatan bunyi per kedalaman laut dengan pola gradien negatif (kecepatan bunyi menurun terhadap kedalaman). Parameter penelitian ini meliputi kedalaman (m), jarak (m), panjang sinar (m), sudut (rad), dan gradien.

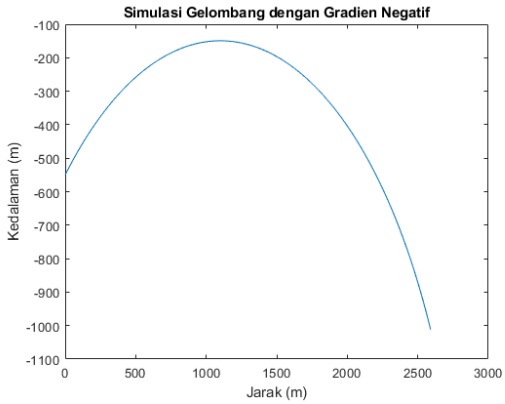
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Profil kecepatan bunyi per kedalaman laut [2].

Gambar diatas merupakan profil kecepatan bunyi pada lapisan atau kedalaman laut dari 1 m sampai dengan 1000 m. Lapisan ini berada antara permukaan dengan dasar perairan laut (antara *surface channel* dengan *deep channel*). Lapisan ini disebut juga dengan lapisan *thermocline*. Sebaran vertikal kecepatan bunyi di profil grafik terlihat pada daerah permukaan relatif seragam, namun pada saat kedalaman mendekati kedalaman 100 m - 200 m kecepatan bunyi menurun secara tajam lalu berkurang mengikuti kedalaman perairan sampai di kedalaman 700 m. Pada kedalaman kurang dari 60 m kecepatan bunyi cenderung konstan, karena pada kedalaman ini merupakan lapisan tercampur dimana masih ada penetrasi dari sinar matahari dan terjadi percampuran massa air yang disebabkan adanya pengadukan oleh angin sehingga suhu cenderung seragam akibatnya kecepatan bunyi yang di dapat akan relatif konstan.

Dibawah lapisan tercampur, kecepatan bunyi mengalami penurunan yang relatif tajam pada kedalaman yang relatif singkat karena adanya lapisan termoklin dimana pada saat bersamaan terjadi peningkatan nilai salinitas. Di bawah kedalaman 700 m kecepatan bunyi akan bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman, dimana kedalaman (tekanan) merupakan faktor yang menentukan di daerah ini karena penurunan suhu dan peningkatan salinitas berjalan dengan sangat berlahan.



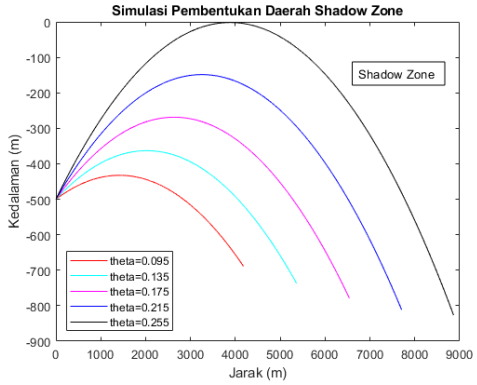
Gambar 4. Simulasi gelombang hasil gradien negatif.

Perubahan cepat rambat gelombang terhadap kedalaman akan dimanifestasikan

melalui refraksi gelombang. Ketika sinar semakin dalam, mak sinar akan mulai membias. Ketika sinar bergerak ke media yang memiliki kecepatan propagasi atau perambatan lebih lambat, maka sinar cenderung menjadi lebih vertikal. Secara keseluruhan, sinar akan membelok ke bawah dalam gradien negatif.

Simulasi diatas menggambarkan jika gradien kecepatan bunyi negatif meningkat, maka bunyi akan dibiaskan ke bawah pada sudut yang lebih besar dan akan menyebabkan berkurangnya rentang jalur langsung ke target di bawah lapisan permukaan. Perubahan kecepatan bunyi yang disebutkan di atas sering terlihat sebagai perubahan mendadak pada profil kecepatan bunyi.

Variasi lapisan kedalaman menyebabkan perubahan dalam kecepatan bunyi (bisa bertambah dan bisa berkurang). Perubahan kecepatan bunyi ini menyebabkan bunyi bias saat bergerak di antara area dengan kecepatan bunyi yang berbeda, menekuk atau membias ke arah wilayah dengan kecepatan bunyi yang lebih rendah. Semakin besar gradien kecepatan bunyi di antara wilayah, semakin besar jumlah refraksi. Pembiasan bunyi dalam air laut merupakan aspek penting dari perambatan akustik, karena pola refraksi tertentu mengarah pada jalur perambatan karakteristik.

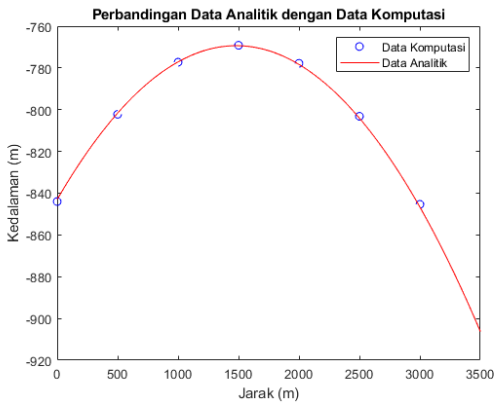


Gambar 5. Simulasi pembentukan daerah *shadow zone*.

Dalam situasi ini, ada gradien vertikal negatif dalam kecepatan bunyi, dan kedalaman lapisan berada pada kedalaman nol. Gradien kecepatan bunyi negatif biasanya disebabkan oleh penurunan suhu pada kedalaman. Gelombang akan selalu dibiaskan atau membelok ke arah daerah-daerah dengan kecepatan bunyi yang lebih lambat, sehingga dalam gradien kecepatan bunyi yang negatif membias ke bawah. Dalam hal ini, gelombang akan cenderung merambat ke bawah sampai suhu menjadi isotermal dan peningkatan tekanan akan meningkatkan kecepatan bunyi.

Gradien kecepatan bunyi negatif biasanya disebabkan oleh penurunan suhu pada kedalaman. Gelombang akan selalu dibiaskan atau membelok ke arah daerah-daerah dengan kecepatan bunyi yang lebih lambat, sehingga dalam gradien kecepatan bunyi yang negatif membias ke bawah. Dalam hal ini, gelombang akan cenderung merambat ke bawah sampai suhu menjadi isotermal dan peningkatan tekanan akan meningkatkan kecepatan bunyi.

Untuk kasus di mana gradien negatif, sinar yang sudah mencapai batas akan dibelokkan kembali ke tengah, terlepas dari apakah sinar naik atau turun. Ketika sinar menembus di bawah lapisan, maka akan dibelokkan ke bawah. Karena itu, sinar menyimpang di atas dan di bawah lapisan. Di luar rentang minimum tertentu, sinar dari sumber tidak akan pernah mencapai lokasi tepat di bawah lapisan, ini yang disebut *shadow zone*. Ini adalah kedalaman yang disukai bagi kapal selam untuk beroperasi. Kedalaman optimal untuk beroperasi pada kapal selam disebut kedalaman terbaik (Best Depth). Kedalaman ini akan sangat berbahaya apabila tidak dapat dideteksi.



Gambar 6. Simulasi perbandingan data secara analitik dengan data komputasi.

Data analitik dan data komputasi sama-sama diambil pada kedalaman tertentu, tujuannya agar terlihat perbedaan pada saat dilakukan simulasi, dimana gelombang akustik sama-sama ditembakkan dari kedalaman 844 m dibawah permukaan laut dengan kecepatan bunyi 1486,9 ms^{-1}, gradien 0,1, panjang sinar 2 m, dan dengan sudut 0,1 rad. Kedua gelombang sama-sama merambat sejauh ±3500 m dan kedalaman melebihi 900 m dengan puncak gelombang berada pada kedalaman ±770 m. Hasil yang didapatkan bisa dikatakan sama tanpa adanya perbedaan, namun setelah dihitung persentase kesalahannya masih didadaptkan sepersekian persen error pada data analitik, tetapi di grafik simulasi pembentukan tidak akan tampak perbedaannya sama sekali. Berdasarkan perhitungan perbandingan analitik dengan komputasi yang diambil pada tujuh buah titik data atau pada jarak sekian meter maka didapatkan persentase error pada titik pertama atau jarak 0 m sebesar 0%, pada titik kedua atau jarak 500 m sebesar 0.0708%, pada titik ketiga atau jarak 1000 m sebesar 0.0200%, pada titik keempat atau jarak 1500 m sebesar 0.0268%, pada titik kelima atau jarak 2000 m sebesar 0.0684%, pada titik keenam atau jarak 2500 m sebesar 0.1124%, dan pada titik ketujuh atau jarak 3000 m sebesar 0.1546%. Sehingga didapatkanlah rata-rata persentase errornya sebesar 0.0817%.

Kecepatan bunyi menurun drastis akibat adanya daerah termoklin. Di laut terbuka, lapisan ini berkarakter sebagai gradien kecepatan bunyi negatif dimana dapat membiaskan gelombang bunyi. Secara teknik lapisan ini membendung dari impendansi akustik yang terputus-putus (diskontinu) yang tercipta dari perubahan densitas secara mendadak. Karateristik yang unik inilah yang membuat pentingnya lapisan termoklin untuk diketahui, terutama dibidang pertahanan dan keamanan (kapal selam). Lapisan termoklin mempunyai karateristik mampu memantulkan dan membelokan gelombang bunyi yang datang.

Akibat menurunnya kecepatan bunyi maka terjadi pembelokan gelombang bunyi ke permukaan dan ke dasar perairan, maka terdapat wilayah yang tidak terjadi perambatan gelombang bunyi yang disebut *shadow zone*, dan karena adanya refraksi variasi vertikal dari kecepatan bunyi di dalam laut selanjutnya menghasilkan apa yang disebut dengan *shadow zone*. *Shadow zone* adalah suatu wilayah dimana gelombang bunyi tidak dapat merambat atau dibelokkan sehingga hampir tidak dapat merambat dalam suatu medium, karena berbagai faktor, seperti adanya refleksi, refraksi, dan penyerapan gelombang bunyi oleh kolom perairan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rata-rata daerah *shadow zone* didapatkan pada kedalaman 0 sampai 800 m dengan jarak antara 4000 sampai 9000 m dan membentuk daerah segitiga, dan diperoleh persentase error relatif antara data analitik dan data komputasi adalah sebesar 0.0817%.

REFERENSI

1. Bada, H.I.N., F. Amhar, dan A. Octavian. (2017). *Deteksi Shadow Zone dengan Metode Parabolic Equation dalam Mendukung Patroli TNI Angkatan Laut di Selat Makassar*. Jurnal Prodi Keamanan Maritim, 3 (1).
2. Iskandarsyah, M. (2011). *Pemetaan Shadow Zone Akustik dengan Metode Parabolic Equation di Wilayah Perairan Selat Lombok*. Skripsi, Teknologi Kelautan FPIK IPB.
3. Marsetio. (2014). *Sea Power Indonesia*. Jakarta: Universitas Pertahanan.
4. Kencanawati, C.I.P.K. (2016). *Akustik dan Material Penyerap Bunyi*. Teknik Mesin FT Universitas Udayana.
5. Korman, M.S. (1995). *Principles of Underwater Sound and Sonar the*

Preliminary Edition. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
6. Tucholski, CDR E.J. (2006). *Underwater Acoustics and Sonar SP411 Handouts and Notes Fall*. United State Naval Academy: Physics Department.
7. *Urick*, R. J. (*1983*). *Principles of Underwater Acoustic*. New York: McGraw Hill.

Artikel ini menggunakan lisensi Creative Commons Attribution 4.0 International License