ISBN: 978-979-792-691-5

MODEL KOMPUTASI PENJALARAN SINAR AKUSTIK DI LAUTAN PADA DAERAH *DEEP SOUND CHANNEL AXIS* DENGAN MENGGUNAKAN METODE EULLER-CROMMER

Defrianto*, Ika Aprilla Putri

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau

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

ABSTRACT

Sound wave propagation model in the ocean at deep sound channel axis area has been carried out by using discrete acoustic ray propagation with varying beam lengths. The research aims to find the parameter values in the form of maximum angle of incidence and effective beam length to simulate propagation of acoustic waves around the area. The study was conducted by simulating the emission of an acoustic ray at a depth with a minimum value acoustic speed by varying the angle of incidence and the length of the applied ray. In this study, constant acoustic velocity gradients and gradients of data are used. Calculation of velocity gradients from discrete data uses Euler-Crommer formula. It found that at a depth of 854 meters, the minimum acoustic speed is 1487.53 m / s. For a boarding gradient with a value of 0.054 and variations in the length of the beam from 1 m to 4 m, a maximum angle of incidence is 0.4 radians. Analytically, curvature radius of the beam was 28107.12 m. The difference of analytic and computational results there is a very small error of 0.02%, so this model can be used to simulate propagation of acoustic waves based on real data gradients. Gradient pattern based on real data and variations in ray length from 1 m to 4 m, a maximum angle of arrival is obtained of 0.2 radians.

Keywords: Acoustics, sound speed, Gradient, Maximum angle, Euler-Cromer method

ABSTRAK

Penelitian tentang model penjalaran gelombang bunyi di lautan pada daerah deep sound channel axis telah dilakukan dengan menggunakan penjalaran sinar akustik secara diskrit dengan panjang sinar yang divariasikan. Penelitian bertujuan mencari nilai parameter berupa sudut datang maksimum dan panjang sinar efektif untuk mensimulasikan penjalaran gelombang akustik di sekitar daerah deep sound channel axis. Penelitian dilakukan dengan simulasi pemancaran sinar akusik pada kedalaman dengan kecepatan akustik bernilai minimum dengan memvariasikan sudut datang dan panjang sinar yang diaplikasikan. Pada penelitian ini digunakan gradien kecepatan akustik konstan dan gradien dari data. Penghitungan gradiean kecepatan dari data diskrit menggunakan rumusan Euler-Crommer. Dari penelitian ini terlihat pada kedalaman 854 meter, kecepatan akustik bernilai minimum yaitu 1487,53 m/s. Untuk gradien kostan dengan nilai 0,054 dan variasi panjang sinar dari 1 m sampai 4 m, didapatkan sudut datang maksimum sebesar 0,4 radian. Secara analitik didapatkan jari-jari kelengkungan sinar sebesar 28107,12 m. Perbandingan hasil analitik dan komputasi terdapat error sangat kecil sebesar 0.02%, sehingga model ini bisa digunakan untuk mensimulasikan penjalaran gelombang akustik berdasarkan gradien data real. Pola gradien berdasarkan data real dan vaiasi panjang sinar dari 1 m sampai 4 m, didapatkan sudut datang maksimum sebesar 0,2 radian.

Kata kunci: Akustik, Kecepatan bunyi, Gradien, Sudut maksimum, Metode Euler-Cromer

PENDAHULUAN

Bunyi adalah salah satu fenomena fisika yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Bunyi banyak dimanfaatkan dalam berbagai keperluan. Seiring dengan perkembangan dunia saat ini gelombang bunyi dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya pada bidang kelautan misalnya untuk mengukur kedalaman laut,

pencarian kelompok ikan, pencarian bangkai kapal, dll.

Gelombang akustik atau bunyi yang merambat dalam laut dapat membawa informasi dalam jarak yang jauh, karenanya gelombang akustik digunakan sebagai media pembawa pesan pada medium air [1]. Kondisi khusus yang muncul pada kedalaman tertentu dibawah laut yang dapat dimanfaatkan sebagai pembawa informasi atau komunikasi jarak jauh, kondisi ini disebut *Deep Sound Channel Axis* (DSC) [2]. Jarak yang jauh dapat membantu deteksi yang baik untuk mendapatkan sasaran yang berada dalam kawasan *Deep Sound Channel Axis*, hal ini dapat membantu misalnya dalam pendeteksian kapal selam.

Tujuan penelitian ini adalah memodelkan perambatan gelombang akustik pada *Deep Sound Channel Axis* dengan variasi sudut menggunakan *Matrix Laboratory* (MATLAB) dan menentukan sudut maksimum penjalaran gelombangnya. Metode yang digunakan adalah metode iterasi Euler Corner dengan penurunan dari hukum Snellius.

TINJAUAN PUSTAKA

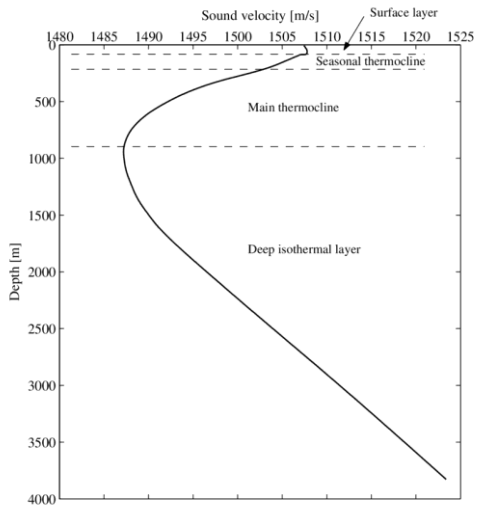
Gelom**bang Bunyi**

Gelombang bunyi adalah gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas (Sutrisno, 1988). Bunyi dalam air merupakan gelombang longitudinal, dimana laju gelombang bunyi dalam air merupakan perpindahan partikel seperti yang berlaku pada gelombang bunyi dalam medium padat [3].

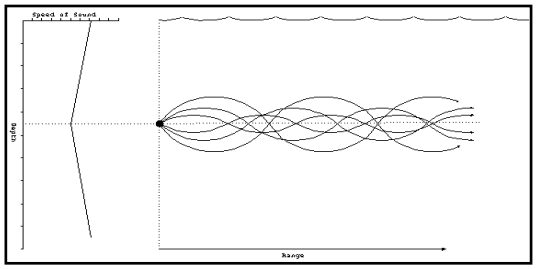
Kecepatan Bunyi

Bunyi dapat merambat dalam air laut, semakin dalam air laut semakin besar kerapatan air atau tekanan air bertambah besar. Perubahan kerapatan air akan membuat kecepatan dari gelombang bunyi berubah pula [4]. Faktor fisik air laut yang paling menentukan dalam mempengaruhi kecepatan bunyi di dalam air laut adalah suhu, salinitas, dan tekanan [5]. Di dalam air laut, kecepatan gelombang bunyi mendekati 1.500 m/ detik (umumnya berkisar 1.450 m/detik sampai dengan 1.550 m/detik, tergantung suhu, salinitas, dan tekanan) [6]. Bunyi yang merambat dalam medium homogen, seperti dalam air laut, akan merambat melengkung karena mengalami pembelokkan arah. Pembelokan arah ini disebabkan oleh bervariasinya suhu, salinitas dan kedalaman [3].

Kecepatan Bunyi Dalam Laut



Gambar 1 Profil kecepatan bunyi



Gambar 2 *Deep Sound Channel Axis* (DSCA)

Kecepatan bunyi terhadap kedalaman dinamakan *Sound Velocity Profile* (SVP) atau profil kecepatan bunyi yang dapat diperoleh dengan observasi hidrografi berupa pengukuran temperatur, salinitas dan kedalaman [7].

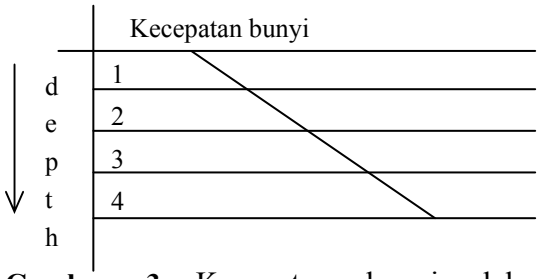
Kedalaman dimana terdapat kecepatan bunyi bernilai minimum disebut *Deep Sound*

Channel Axis (DSCA). Kedalaman ini menandai akhir dari Termoklin dan awal dari Lapisan Isotermal [8].

Kecepatan Bunyi sebagai Fungsi Kedalaman

Hukum Snellius memegang peranan yang sangat penting sebagai syarat batas bagi tiap-tiap lapisan. Hukum Snellius menyatakan bahwa terdapat hubungan antara sudut gelombang yang terbentuk dengan kecepatan bunyi untuk media yang mempunyai lapisan dengan kecepatan konstan [7].

Kecepatan bunyi sebagai fungsi kedalaman dapat digambarkan oleh persamaan linier sederhana.



Gambar 3 Kecepatan bunyi dalam medium.

Kecepatan bunyi, ditampilkan sebagai garis putus-putus, dapat dinyatakan sebagai (c_i adalah kecepatan pada lapisan ke i) :

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

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

$$\frac{\cos\theta_1}{c_1} = \frac{\cos\theta}{c_1 + gz} \quad (2)$$

$$gz\cos\theta_1 = c_1(\cos\theta - \cos\theta_1) \quad (3)$$

$$z = R(\cos\theta - \cos\theta_1) \quad (4)$$

$$R = \frac{c_1}{g\cos\theta_1} \quad (5)$$

Persamaan (5) adalah jari-jari kelengkungan sinar bunyi [8].

Metode Euler-Cromer

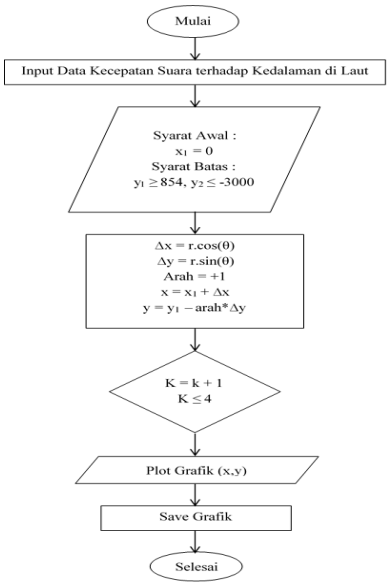
Metode Euler adalah metode untuk menyelesaikan persamaan differensial biasa dengan memanfaatkan uraian deret Taylor.

Pada penelitian ini, metode Euler Cromer diaplikasikan untuk menentukan nilai kecepatan bunyi pada kedalaman lapisan ke i+1 menjadi:

$$c_{i+1} = c_i + \frac{g_i + g_{i+1}}{2} \Delta z_i \quad (6)$$

Pada metode Euler-Cromer, untuk menentukan nilai kecepatan bunyi pada lapisan ke i+1 dihitung dengan menggunakan rata-rata harga gradien g antara lapisan i dan i+1.

METODE PENELITIAN



Gambar 4 Diagram alir program.

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dengan perangkat lunak Matlab versi R2014a dengan tahapan ditunjukan pada Gambar 4. Persamaan matematis yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan iterasi euler dari hukum Snellius. Data yang akan digunakan adalah data kecepatan bunyi terhadap kedalaman air laut. Data yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari situs National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Dari data tersebut akan ditentukan parameter-parameter yang akan digunakan yaitu kecepatan bunyi permukaan (c_0), kecepatan bunyi minimum (c), kedalaman (z) letak kecepatan bunyi minimum dan gradien (g).

Analisa dilakukan dengan menarik kesimpulan dari hasil yang ditampilkan, yaitu

berupa perambatan gelombang bunyi pada daerah *Deep Sound Channel Axis* dan akan ditentukan berapa sudut maksimum dari penjalaran gelombang bunyi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

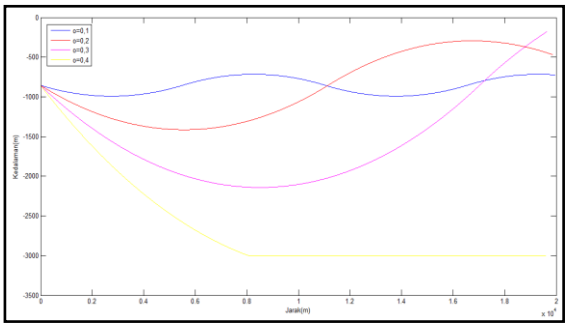
Data kecepatan bunyi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kecepatan bunyi terhadap kedalaman

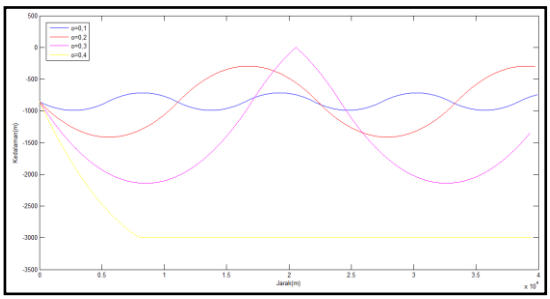
kedalaman (m)	kecepatan bunyi(m/s)
0	1533.86
50	1531.02
200	1514.71
460	1495.2
646	1489.28
854	1487.53
1000	1487.87

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa kecepatan minimum berada pada kedalaman 854 m dan dapat menentukan gradien dengan cara :

$$g = \frac{c_1 - c_0}{\Delta z} = \frac{1487{,}53\frac{m}{s} - 1533{,}86\frac{m}{s}}{854\ m} = 0{,}054\ sec^{-1}$$

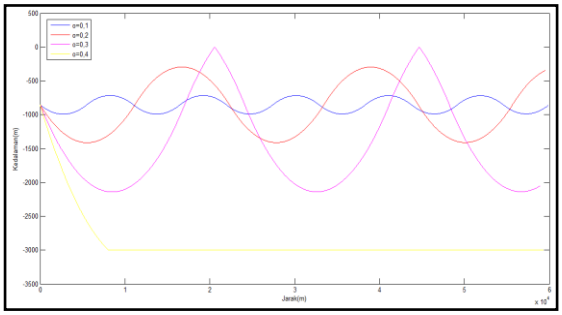


Gambar 5. Model penjalaran gelombang bunyi dengan jari-jari r = 1.

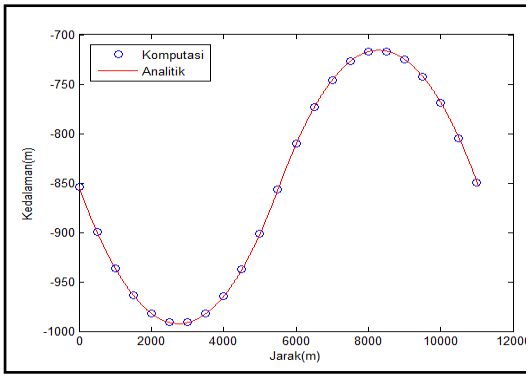


Gambar 6. Model penjalaran gelombang bunyi dengan jari-jari r = 2.

Simulasi pada gambar-gambar diatas menunjukkan bahwa penjalaran gelombang yang dipancarkan dari titik yang sama dengan sudut yang berbeda akan mengalami perluasan daerah perambatan. Semakin besar sudut maka semakin jauh jarak untuk terbentuk satu buah gelombang. Semakin besar jarak (jari-jari) maka akan semakin luas bidang permukaan yang diliput atau semakin jauh jarak yang ditempuh, yakni sebanding dengan kuadrat jari-jari (r) [11]. Pemodelan ini menunjukkan sudut maksimum penjalaran adalah θ = 0,4.



Gambar 7. Model penjalaran gelombang bunyi dengan jari-jari r = 3.



Gambar 8 Grafik Perbandingan Analitik dan Numerik

Perbandingan antara analitik dan numerik diatas menggunakan sudut 0,1 dengan gradien 0,054 sec^{-1}. Program pemodelan untuk komputasi dilakukan variasi r, tetapi tidak memengaruhi hasil yang didapatkan. Hasil akan berbeda jika memvariasikan sudut. Grafik menunjukkan perbandingan dengan error yang cukup kecil, yang dinyatakan dalam persen adalah sekitar 0,0461%.

Sudut maksimum yang dimaksud pada penjelasan diatas adalah dimana gelombang bunyi mengalami *transmission loss* atau rugi

transmisi. Dalam melakukan perambatan di dalam air, gelombang bunyi mengalami kehilangan energi transmisi yang merupakan akumulasi penurunan energi intensitas akustik ketika tekanan akustik berpropagasi. Intensitas gelombang akustik akan semakin berkurang dengan bertambahnya jarak dari sumber bunyi [12].

KESIMPULAN

Penjalaran gelombang yang dipancarkan dari titik yang sama dengan sudut yang berbeda akan mengalami perluasan daerah perambatan. Semakin besar jari-jari maka akan semakin jauh jarak yang ditempuh, yakni sebanding dengan kuadrat jari-jari (r). Sudut maksimum penjalaran gelombangnya adalah $\theta = 0{,}4$. Gelombang bunyi mengalami rugi transmisi. Dalam melakukan perambatan di dalam air, gelombang bunyi mengalami kehilangan energi transmisi yang merupakan akumulasi penurunan energi intensitas akustik ketika tekanan akustik berpropagasi.

REFERENSI

1. Yuwono, Niken P., Arifianto, Dhany dan Widjiati, Endang. 2012. Analisa Perambatan Bunyi Di Bawah Air Sebagai Fungsi Kadar Garam dan Suhu pada Akuarium Anechoic. *Jurnal Teknik Pomits*. 1(1): 1-3.
2. Wen, Tze. 2008. Aplikasi Metode Normal Mode Pada Propagasi Akustik Bawah Air Di Samudra Hindia [Skripsi]. Bandung: Intitut Teknologi Bandung.
3. Adnan, Yulinar. 2000. Laju Gelombang Bunyi Dalam Air Sebagai Fungsi Temperatur. *Jurnal Penelitian Sains*. 8: 1-6, 1410-7058.
4. Soekarso, Wiyoto. 1994. Sistem Deteksi Bawah Air. *Meditek*. Hal: 53-64.
5. Urick, Robert J. 1983. *Principles of Underwater Sound 3rd edition*. New York: Mc Grawhill.
6. Lurton, X. 2002. *An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications.* Chichester: Praxis Publishing.
7. Agung, Ami Amalia. 2007. Pemodelan Numerik Kehilangan Energi Transmisi Di Permukaan Laut pada Propagasi Akustik Bawah Air [Skripsi]. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
8. Tucholski, CDR E. J. 2006. *Underwater Acoustics and Sonar SP411 Handouts and Notes Fall*. United States Naval Academy: Annapolis.
9. Korman, M.S. 1995. *Principles of Underwater Sound and Sonar the preliminary edition*, hal: 145-147. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
10. Firdaus, A.K.S., dan D.J. Ristiani. 2011. Solusi Pendulum Menggunakan Metode Euler, Euler-Cromer, Runge-Kutta, Dan Ode45 Menggunakan Matlab.
11. Widodo, Johanes. 1992. Prinsip Dasar Hidroakustik Perikanan. *Oseana*. XVII(3): 83-95, 0216-1877.
12. Jensen, F.B., W.A. Kuperman, M. B. Porter, H. Schmidt. 1994. *Computational Ocean Acoustics.* New York: AIP Press.

Artikel ini menggunakan lisensi Creative Commons Attribution 4.0 International License