PEMODELAN SONAR PENCARI RANJAU DENGAN METODE RAY TRACING DI LAUT JAWA

Kurnia Ramadhan[1] dan Irsan Soemantri Brodjonegoro, Ph.D[2]

Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB

email:kurnia.rama20@gmail.com dan irsanb@ocean.itb.ac.id

ABSTRAK

Teknologi akustik bawah air dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai benda yang ada di laut selama energi yang dipancarkan cukup besar sehingga dapat mencapai lokasi yang diinginkan. Salah satu benda yang dijadikan objek deteksi adalah ranjau bawah laut. Untuk mendeteksi lokasi ranjau bawah laut dibutuhkan suatu pemodelan pola rambat gelombang suara dengan adanya kehilangan energi pancaran selama perambatannya.Dalam tugas akhir ini, akan dilakukan pemodelan sonar pencari ranjau dengan metode *ray tracing* dengan bantuan MATLABR2009 untuk pengolahan data dan penampilan hasil pemodelan. Lokasi tinjau yang diambil adalah Laut Jawa. Data-data yang diperlukan diantaranya adalah data temperatur, salinitas, cepat rambat suara yang diperoleh dari *World Ocean Atlas Database*, serta data kedalaman yang didapatkan dari ETOPO1. Ada beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan, yaitu: terjadi kehilangan energi sepanjang perambatan gelombang, terjadi pemantulan sempurna ketika gelombang mencapai dasar atau permukaan perairan, dan pemodelan hanya dilakukan secara 2 dimensi yaitu terhadap kedalaman dan jarak horizontal perairan. Berdasarkan hasil pemodelan dapat disimpulkan bahwa kekuatan sonar minimal yang dibutuhkan untuk dapat mendeteksi ranjau pada jarak 150 m sebesar 50 dB.

Kata kunci: *transmission loss*, ranjau, sonar

PENDAHULUAN

Perairan di Indonesia dahulu kala pernah menjadi medan perang antar armada laut. Perairan bekas perang tersebut kemungkinan masih menyisakan ranjau laut yang masih aktif di dalam laut tersebut yang dapat membahayakan kekayaan alam dan aktifitas di perairan Indonesia. Ranjau laut merupakan alat peledak yang berfungsi untuk melindungi perairan dari ancaman armada laut yang datang. Pemasangan atau penyebaran ranjau laut dapat dilakukan menggunakan kapal, kapal selam, dan juga pesawat. Meskipun umumnya ranjau laut digunakan untuk melindungi perairan secara tidak kasat mata, namun hukum internasional mengharuskan setiap negara mengumumkan kapan mereka menempatkan ranjau di suatu wilayah agar kapal sipil dapat menghindari wilayah tersebut. Terdapat tiga jenis ranjau laut yang umumnya digunakan yaitu: *moored mines, bottom mines,* dan *floating mines.* Untuk melindungi kekayaan alam dan aktifitas di perairan Indonesia dari ancaman ranjau laut maka diperlukan teknik agar mampu mendeteksi ranjau laut sehingga ranjau laut dapat dihindari maupun dibersihkan. Teknik untuk mendeteksi ini menggunakan akustik bawah air yang memanfaatkan medium berupa air dalam perambatannya. Teknik ini biasa disebut SONAR (Sound Navigation and Ranging) yaitu teknik menggunakan propagasi

[1]Mahasiswa

[2]Dosen Pembimbing

akustik bawah air untuk melakukan navigasi, komunikasi, dan mendeteksi objek.

TEORI DASAR

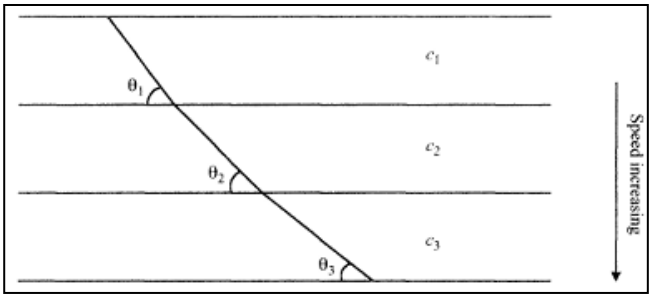
Ray Tracing

Propagasi akustik bawah air dapat diterapkan dengan berbagai metode, salah satu metode yang paling efektif adalah menggunakan prinsip *Ray Tracing*, yaitu perhitungan garis-garis sebagai pembentukan muka gelombang pada tiap titik yang berada pada suatu medium tertentu. Sesuai dengan teori *ray*, medium yang dimaksudkan disini adalah medium nonhomogen seperti di lautan. Teori *ray* ini berhubungan dengan pengaruh refraksi akustik bawah air dengan diketahui profil kecepatan akustiknya.

Metode *ray tracing* menggunakan prinsip dalam Hukum Snellius sebagai syarat batas tiap-tiap lapisan dalam air. Hukum Snellius menyatakan bahwa terdapat hubungan antara sudut gelombang yang terbentuk dengan kecepatan suaranya untuk media yang mempunyai lapisan dengan kecepatan konstan, dimana persamaan Hukum Snellius ini dapta ditulis sebagai berikut;

—— —— (1)

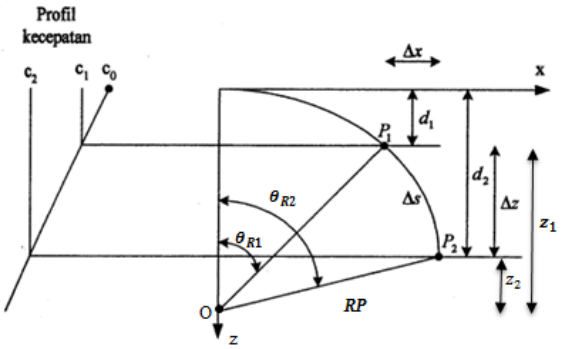
Dimana dan merupakan kecepatan akustik pada dua lapisan medium berbeda, dengan dan adalah sudut inklanasi dari *ray tracing*. Ilustrasi Hukum Snellius ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Ilustrasi hukum snellius

(Sumber: Urick, Robert J. 1983. *Principles of Underwater Sound*. 3rd edition. New York: Peninsula Publishing)

Dalam suatu medium, dimana cepat rambat suara berubah linear terhadap kedalaman, lintasan *ray* adalah lintasan lengkung dari sebuah lingkaran dengan jari-jari konstan seperti ditunjukkan **Gambar 2.**



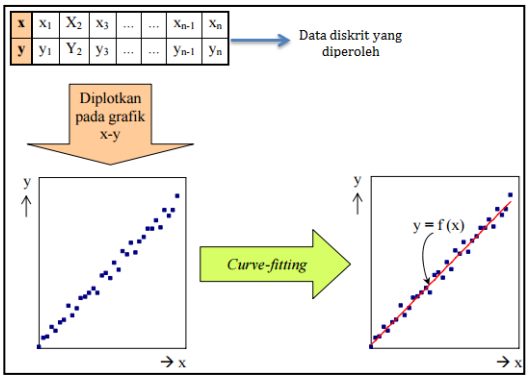
Gambar 2 Busur lingkaran pada sebuah medium dimana kecepatan perambatan suara adalah fungsi linier terhadap kedalaman

(Sumber: Urick, Robert J. 1983. *Principles of Underwater Sound*. 3rd edition. New York: Peninsula Publishing)

Lintasan ray dapat dibentuk dengan menghitung selisih kedalaman titik P_1 dan P_2 yaitu , jarak horizontal titik P_1 dan P_2 yaitu , dan panjang lintasan ray dari titik P_1 dan P_2 yaitu .

Polynomial Curve Fitting

Pengolahan data untuk menciptakan model yang dilakukan menggunakan MATLABR2009 membutuhkan data yang bersifat kontinu sehingga tidak dapat hanya mengandalkan data-data diskrit yang diperoleh. Maka dari itu diperlukan metode *polynomial curve fitting* untuk mendapatkan fungsi persamaan yang mendekati nilai data-data diskrit teresbut.Ilustrasi pembentukan fungsi persamaan dari data-data diskrit dapat dilihat pada **Gambar 3.** Proses ini dilakukan dengan cara melakukan pendekatan pada sekumpulan data diskrit untuk menciptakan sebuah fungsi polinomial.



Gambar 3 Ilustrasi pembentukan fungsi persamaan dari data-data diskrit

(Sumber: https://diyarkholisoh.files.wordpress.com)

Dalam pemograman yang akan dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, dibutuhkan nilai kecepatan suara (c) yang bersifat kontinu, maka dari itu data kecepatan suara (c) yang didapat dari 2009 *World Ocean Atlas Database* perlu diolah menggunakan metode *polynomial curve fitting* agar membentuk nilai kecepatan suara (c) yang bersifat kontinu. Sehingga persamaannya dapat ditulis sebagai berikut:

(2)

Harga *n* yang akan digunakan dalam tugas akhir ini didapatkan dengan mengepaskan (*fitting*) persamaan *polynomial curve fitting* orde ke-n dengan data hasil pengukuran. Harga *n* yang digunakan adalah harga *n* yang menghasilkan error terkecil.

Presentase error diperoleh melalui persamaan:

$$\sum | \qquad\qquad | \qquad (3)$$

Pengurangan Energi Transmisi

Transmission loss (TL) atau pengurangan energi transmisi adalah berkurangnya energi awal(source level) pada saat gelombang suara mengalami transmisi dalam proses propgasi di bawah air. Pengurangan energi transmisi ini diakibatkan oleh kehilangan energi akibat pelemahan (*attenuation loss*) dan penjalaran (spreading) suara.

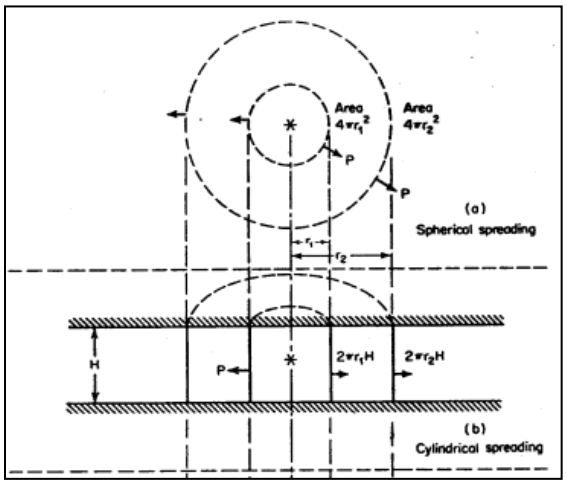
Source level

Source level adalah intensitas suara yang di radiasikan pada jarak 1 meter dari sumber, dimana intensitas tersebut merupakan nilai kekuatan awal yang di transmisikan secara menyebar pada suatu arah. Nilai dari *source level* dipengaruhi oleh nilai *Transmitting Voltage Response* (TVR) dan nilai voltase yang

bekerja pada *transducer*. *TVR* adalah nilai intensitas suara pada jarak 1 meter untuk setiap 1 voltase listrik yang dimasukkan pada

Spreading Loss

Spreading loss merupakan pelemahan suara karena penyebaran suara menjauhi sumber yang dipengaruhi oleh efek geometri. *Spreading loss* dapat berupa *spherical* maupun *cylindrical spreading loss*. Ilustrasi *spreading loss* ditampilkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Penjalaran suara dalam (a) sebuah medium yang tidak terbatas (sangat luas), (b) sebuah medium yang diapit dua batas yang paralel

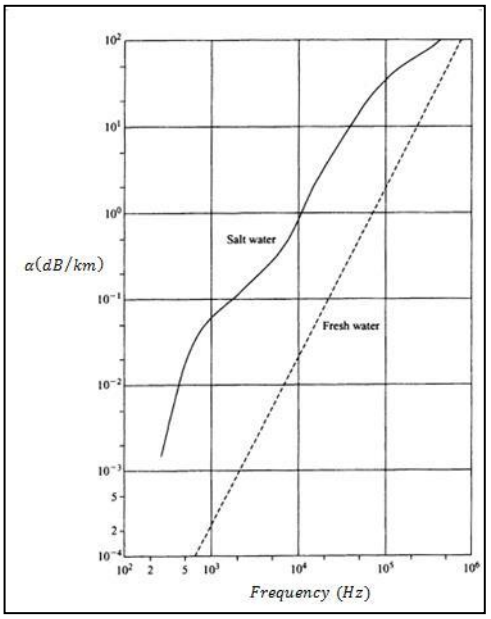
(Sumber: Urick, Robert J. 1983. *Principles of Underwater Sound*. 3rd edition. New York: Peninsula Publishing)

Absorption Loss

Absorption loss adalah bentuk kehilangan energi akibat gelombang suara yang sedang berpropagasi di laut sebagaian energi akustiknya diserap oleh molekul yang ada dilaut. *Transmission loss* akibat *absorption loss* bergantung pada koefisien *attenuation* serta jarak tinjauan (R). Sehingga pengurangan energi tranmisi pada jarak tinjauan sama dengan R (meter) dikalikan dengan :

(4)

Nilai *attenuation coefficient* dapat dilihat pada **Gambar 5**



Gambar 5 Attenuation coefficient (dB/km)

(Sumber: Waite, A.D. 2002. *SONAR for Practising Engineers*. 3rd edition. England: John Wiley & Sons Ltd.)

Reflection Loss di Permukaan Laut

Reflection loss di permukaan laut adalah sebuah fenomena pemantulan gelombang suara yang menyebabkan energi propgasi akustik akan berkurang setiap kali terjadi pemantulan di permukaan laut. Kondisi permukaan laut memberi pengaruh besar terhadap nilai *reflection loss* yang terjadi. Kondisi permukaan laut berhubungan erat dengan kecepatan angin dan hubungan

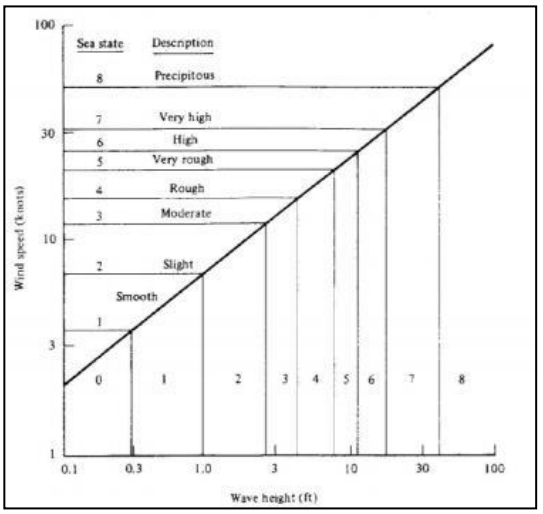
tersebut dinyatakan dengan *sea state* yang dapat dilihat pada **Gambar 6**. Pengurangan energi tranmisi tiap pemantulan dipermukaan laut atau *surface loss per bounce* ( ) dipengaruhi oleh kecepatan angin, tinggi gelombang, *sea* state serta frekuensi Nilai ditampilkan pada **Gambar 7.** *Transmission loss* akibat *reflection loss* pada permukaan air (TL_3) dapat ditulis dengan persamaan:

(5)

Dimana:

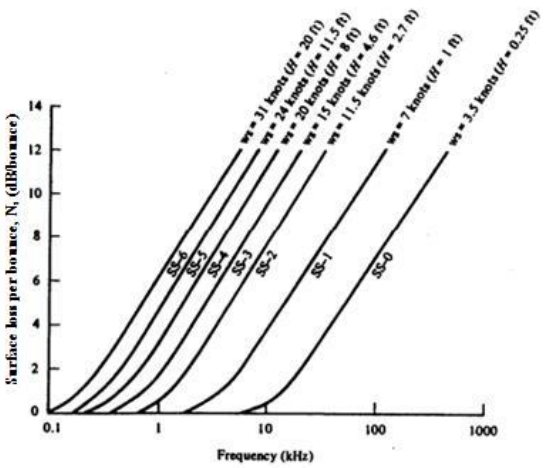
b = Jumlah pemantulan (bounce)

= Surface loss per bounce (dB/bounce), Nilai dapat dilihat pada **Gambar 7**



Gambar 6 Hubungan antara kecepatan angin, tinggi gelombang, dan sea state

(Sumber: Burdick, William S. 1991. *Underwater Acoustic System Analysis*, 2nd edition. New York: Peninsula Publishing)

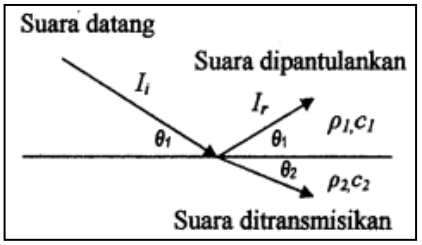


Gambar 7 Hubungan antara nilai surface loss per bounce dengan kecepatan angin, tinggi gelombang, sea state serta frekuensi

(Sumber: Burdick, William S. 1991. *Underwater Acoustic System Analysis*, 2nd edition. New York: Peninsula Publishing)

Reflection Loss di Dasar Laut

Reflection loss di dasar laut adalah sebuah fenomena pemantulan gelombang suara yang menyebabkan energi propgasi akustik akan berkurang setiap kali terjadi pemantulan di dasar laut. Komposisi lapisan dasar laut yang bermacam-macam merupakan faktor utama terhadap energi propagasi akustik yang berkuang.



Gambar 8 Pemantulan dan pentransmisian suara pada batas antar dua medium

Jika gelombang datang pada batas antar dua lapisan fluida dengan kerapatan dan dengan kecepatan c_1 dan c_2 seperti terlihat pada **Gambar 8**, maka dengan menggunakan

formula Rayleigh, hubungan intensitas dari gelombang datang dan gelombang pantul dapat dinyatakan sebagai berikut:

[ ] (6)

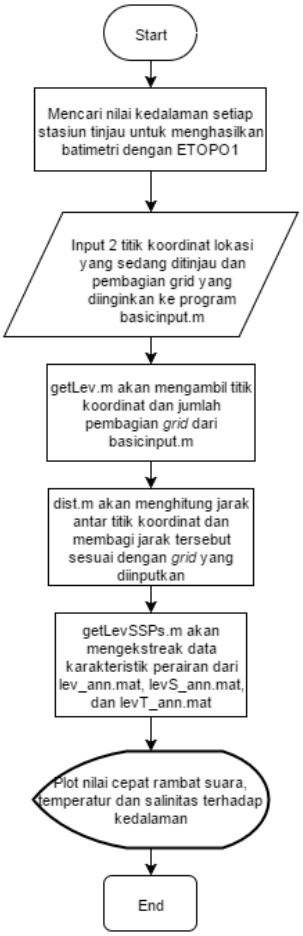
Dimana: _____

Reflection loss merupakan fungsi logaritmik sehingga dapat ditulis:

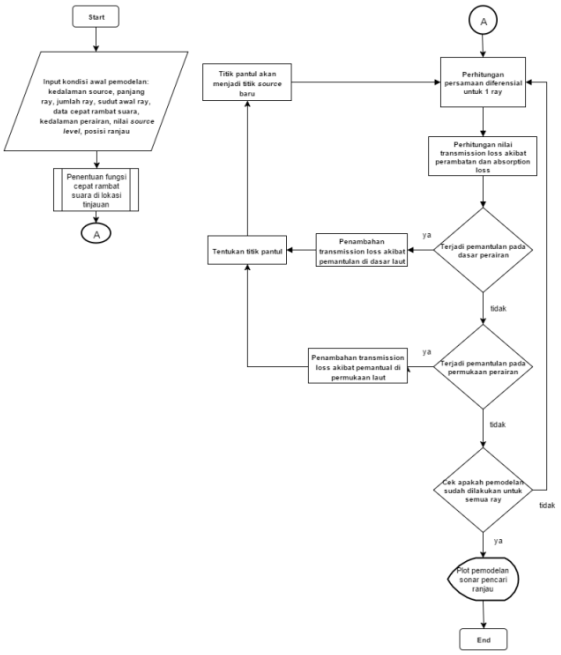
_ (7)

METODOLOGI

Sebelum melakukan pemodelan, diperlukan pengolahan data terlebih dahulu seperti pada **Gambar 7.** Pengolahan data yang dilakukan adalah data cepat rambat suara, salinitas, dan temperatur. Kode program diperoleh dari http://staff.washington.edu/dushaw dan diolah menggunakan MATLAB.



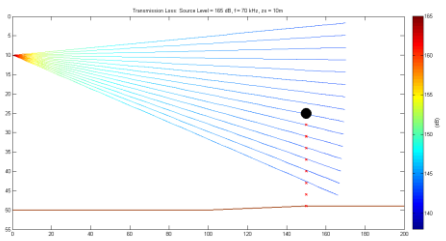
Gambar 7 Ilustrasi pembentukan fungsi persamaan dari data-data diskrit



Gambar 8 Diagram alir program utama pemodelan

HASIL DAN ANALISA

Seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 9** saat propagasi gelombang mencapai ranjau pada jarak 150 m, *source level* dari sonar SA9520 yang awalnya bernilai 165 dB berkurang sekitar 25 dB sehingga saat mencapai ranjau nilainya kurang lebih sebesar 140 dB. Maka dapat diperkirakan bahwa nilai *source level* saat diterima kembali oleh *source* akan berkurang lagi nilainya sekitar 25 dB sehingga nilai *source level* yang tersisa kurang lebih sebesar 115 dB. Jadi dapat disimpulkan bahwa sonar SA9520 dapat mendeteksi ranjau yang berada pada lokasi tinjauan di Laut Jawa.



Gambar 9 Pemodelan sonar pencari ranjau dengan adanya transmission loss

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pemodelan yang dilkaukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kedalaman perairan yang dangkal serta jarak ranjau yang pendek yang menyebabkan gelombang yang berpropagasi belum memantul pada permukaan perairan maupu dasar laut maka kehilangan energi yang terjadi selama perambatan berupa *absorption loss* dan *cylindrical spreading loss.* Melalui pemodelan pada Sub Bab 4.4 dapat dilihat bahwa nilai *transmission loss* saat mencapai ranjau sebesar ±25 dB serta dapat diperkirakan nilai *transmission loss* saat dipantulkan kembali ke sumber akan bernilai sama yaitu ±25 dB. Jadi total kehilangan energi yang terjadi sebesar ±50 dB, maka dari itu kekuatan sonar (source level) untuk mendeteksi ranjau pada jarak 150 m di Laut Jawa harus lebih besar dari 50 dB.

Saran yang diberikan penulis setelah selesainya pengerjaan laporan Tugas Akhir ini berupa:

1. Pemodelan propagasi akustik dilakukan secara 3 dimensi, yaitu untuk kedalaman perairan z, panjang lintasan ray x, dan lebar perairan y.
2. Pemodelan menggunakan jenis ranjau yang berbeda seperti *floating mines* atau *bottom mines*
3. Melakukan pemodelan terhadap pemantulan yang terjadi setelah gelombang merambat mengenai target (echo)

DAFTAR PUSTAKA

- Urick, Robert J. *Principles of Underwater Sound.* 3rd edition. New York: Peninsula Publishing
- Dushaw, Brian. 2015. Brian's Dushwah Homepage. (http://staff.washington.edu/dushaw) diakses pada 28 Desember 2015 pukul 20.20 WIB
- Burdick, William S. 1991. *Underwater Acoustic System Analysis*, 2nd edition. New York: Peninsula Publishing
- Waite, A.D. 2002. *SONAR for Practising Engineers*. 3rd edition. England: John Wiley & Sons Ltd