



Simulasi Pengaruh Air Laut Terhadap Propagasi Pancaran Sonar Berbasis Matlab (*Simulation of the effect of seawater on Matlab-based sonar beam propagation*)

Nunik Endah Sulistiyawati¹, Arif Budijanto²

^{1,2}Magister Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arif Rahman Hakim No. 100 Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:

7 – 16

Tanggal penyerahan:

22 Mei 2023

Tanggal diterima: 16

25 September 2023

Tanggal terbit:

30 September 2023

Explosives come from natural resources, which were initially just ordinary materials or compounds where humans did not yet know the elements, functions, and effects. With time, humans conducted research when they saw the reactions arising from natural chemical reduction's effects. This research developed as a refinement of explosive products from time to time according to the functions and benefits for the benefit of the development of a region or country. International crime has become a threat to countries around the world. The development of technology and the flow of information resulted in a new order of life in various dimensions. The circulation of weapons or conventional explosives that weapons manufacturers have made is in great demand by many countries, including the Indonesian nation, as a tool used and used by the TNI to maintain security and maintain the sovereignty of the Unitary State of the Republic of Indonesia. Adopting these problems, further research can be carried out on expired/failed explosives to be reused for their functions. The extermination that has been carried out so far poses a risk to the environment and living things. The use of explosives using the sloping and molding method designed with FAST and HIRADC in mind is expected to provide a solution to minimize risks to both the environment and living creatures around it.

Keywords: sonar, viscosity, temperature, salinity

EMAIL

nunikendahsulistiyawati2229@gmail.com

ABSTRAK

Wilayah Indonesia terdiri dari pulau dan lautan upaya pengamanan wilayah Indonesia TNI Angkatan Laut sebagai tulang punggung maritim dengan melaksanakan operasi keamanan laut merupakan implementasi dari kemampuan pertahanan keamanan, dengan menggunakan peralatan elektronik sonar merupakan alat pendeteksi sasaran bawah air. Dalam perambatannya gelombang tersebut akan sangat dipengaruhi oleh temperatur, kadar garam, dan tekanan yang bergantung pada kedalaman air laut. Dengan mengetahui perbedaan waktu antara gelombang pancar dan gelombang terima maka akan diketahui jarak dan baringan dari benda tersebut sehingga mampu mendeteksi suatu benda dikedalaman laut lepas yang mungkin tidak bisa dideteksi secara kasat mata. Simulasi perambatan gelombang suara yang dipancarkan oleh sonar dalam air laut (media cair) yang dipengaruhi oleh partikel – partikel yang terkandung dalam air, plankton, kadar garam, temperatur, dan tekanan (viscosity) dapat diimplementasikan dengan menggunakan program matlab diharapkan dapat menganalisa hasil rambatannya maka diharapkan akan diketahui *Shadow Zone* yang unik dari tiap kedalaman air laut.

Kata Kunci: sonar, viscosity, temperature, salinity

PENDAHULUAN

Keadaan geografis Indonesia sebagai Negara terbesar diantara Negara – Negara asia tenggara merupakan Negara kepulauan yang terdiri dari 17.000 pulau dalam gugusan pulau – pulau besar dan kecil yang terletak pada posisi 6° LU sampai 11° LS dan 95° BT sampai 141° BT[1]. Secara yuridiksi wilayah Kedaulatan Republik Indonesia adalah daratan (pulau – pulau) dan lautan yang berada diantaranya dengan lebar laut wilayah Indonesia adalah 12 mil laut diukur dari garis – garis dasar yang menghubungkan titik – titik terluar dari pulau – pulau Indonesia, serta udara yang berada di atas wilayah laut dan daratan tersebut. Dengan keadaan tersebut diatas, maka perlu adanya upaya pengamanan wilayah Indonesia dalam bentuk intervensi dari kekuatan imperialisme dan kolonialisme dalam segala bentuk manifestasinya, serta invasi oleh kekuatan musuh melalui wilayah darat, laut dan udara [2]. Salah satu upaya untuk pengamanan wilayah Indonesia adalah dilaksanakan oleh TNI Angkatan Laut sebagai tulang punggung maritim dengan melaksanakan operasi – operasi keamanan laut yang digelar secara rutin dan terjadwal. Hal ini merupakan implementasi dari kemampuan pertahanan keamanan Negara yang berupa kemampuan pengamanan laut, kemampuan pengintaian, perondaan lepas pantai dan kemampuan pengamatan udara yang dilakukan oleh kapal perang Republik Indonesia [3].

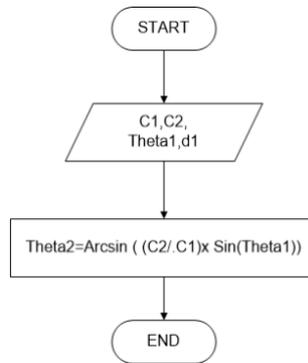
Dalam pelaksanaan operasi ini kapal perang Republik Indonesia melaksanakan pemantauan wilayah Indonesia dengan menggunakan peralatan elektronik seperti sonar untuk mendeteksi sasaran bawah air dan radar untuk mendeteksi sasaran permukaan dan udara. Sonar adalah suatu alat elektronika yang digunakan untuk mengukur jarak suatu benda dengan cara memancarkan gelombang frekuensi tinggi yang kemudian apabila mengenai suatu benda maka gelombang tersebut akan dipantulkan dan pantulannya akan diterima kembali oleh pesawat penerima pada sisi tim sonar [4]. Dalam perambatannya gelombang tersebut akan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu temperatur, kadar garam, dan tekanan yang bergantung pada kedalaman air laut. Dengan mengetahui perbedaan waktu antara gelombang pancar dan gelombang terima maka akan diketahui jarak dan baringan dari benda tersebut [6]. Sonar mempunyai peranan penting untuk mendeteksi suatu benda di kedalaman laut lepas yang mungkin tidak bisa dideteksi secara kasat mata, selain untuk mendeteksi dan menetapkan lokasi obyek di bawah laut atau untuk mengukur jarak bawah laut. Sejauh ini sonar telah luas digunakan untuk mendeteksi kapal selam dan ranjau, mendeteksi kedalaman, penangkapan ikan komersial, keselamatan penyelaman, dan komunikasi di laut banyak contoh kasus yang membutuhkan keberadaan sonar diantaranya selain penjagaan pulau terluar Indonesia yang berbatasan dengan Negara tetangga perlu adanya penjagaan musuh baik dari daratan maupun didalam laut, pencarian harta yang terpendam pada kedalaman laut akibat kapal tenggelam pada masa lampau, pesawat adam air yang beberapa waktu lalu jatuh dan tenggelam di kedalaman laut lepas dan masih banyak kasus – kasus lain yang membutuhkan kerja sonar sebagai pendeteksi keberadaan benda di dalam laut lepas yang tidak bisa dilihat secara kasat mata manusia [7].

METODE

Kecepatan Suara pada air laut dapat dihitung dengan mencari besarnya temperatur, kadar garam, dan kedalaman dari lautan. Untuk mengukur besarnya temperatur, kadar garam, dan kedalaman air laut dapat dilakukan dengan menggunakan alat Bathythermograph sedangkan secara langsung pengukuran kecepatan suara pada air laut dapat dilakukan dengan menggunakan alat Sound Velocity Profil. Data kecepatan suara didapatkan dengan melaksanakan pengukuran secara langsung di daerah selat makassar yang terletak pada garis $5^{\circ}54,0'$ sampai $5^{\circ}49,6'$ lintang selatan dan pada garis $117^{\circ}03,5'$ sampai $117^{\circ}04,0'$ bujur timur dengan menggunakan alat AML Sound Velocity Profiler S/N : 03162 dari alat ini hasil yang diperoleh berupa data kecepatan suara, temperatur, kedalaman, dan salinitas dari tiap kedalaman air laut, sehingga dari data yang telah ada dan dengan menggunakan program bahasa matlab diharapkan dapat menampilkan karakteristik pancaran, pantulan dan rambatan gelombang suara.

Pada perancangan perangkat lunak, sudut pancar yang digunakan adalah : 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° , 70° , 80° , 90° , 100° , 110° , 120° , 130° , 140° , 150° , 160° , 170° , dan 180° . Transduser yang berbentuk tabung terdiri dari 36 stave dan dalam pembuatan perangkat lunak hanya digambarkan setengah bagian saja yaitu dari stave 1 sampai dengan stave 18 atau sudut 10° sampai dengan 180°

setengah bagian dari transducer mempunyai perlakuan yang sama dalam perambatan gelombangnya dengan setengah bagian yang lain. Program utama terdiri dari program penghitungan besarnya sudut pancar dari tiap kedalaman dan program besarnya sudut kritis pada tiap sudut pancar, untuk menentukan besarnya sudut pancar dari tiap kedalaman maka diperlukan data besarnya kecepatan suara pada kedalaman pertama dan besarnya kecepatan suara pada kedalaman kedua. Pada penelitian ini simulasi pengaruh air laut terhadap propagasi pancaran sonar dapat dibuat beberapa diagram sudut pancar dan sudut kritis sonar sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir untuk mencari sudut pancar

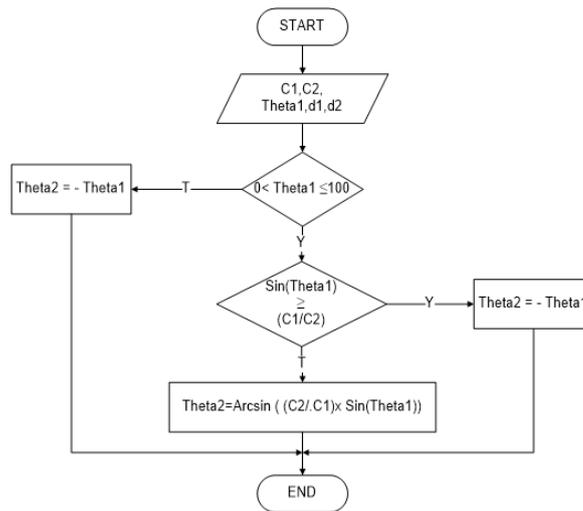
Tahap awal melakukan inisialisasi terhadap variabel kedalaman transducer yang diinginkan (d_1), sudut pancar (a_1), kecepatan kedalaman pertama (c_1), dan kecepatan kedalaman kedua (c_2) serta variabel pencacah $I = 1$ sebagai alamat awal atau counter data. Proses selanjutnya penghitungan sudut pancar pada kedalaman berikutnya (a_2) yaitu dengan membaca data kecepatan pada kedalaman kedua (c_2) dan kedalaman pertama (c_1) serta sudut pancar pada kedalaman sebelumnya. Proses pembacaan data dan penghitungan sudut pancar dilakukan secara berulang – ulang sampai dicapainya cacahan data pada proses yang terakhir. Implementasi dari diagram alir diatas dalam bahasa perakitan adalah sebagai berikut :

```

if (d2<0) && (d2>=-100)
    sinteta1=sind(teta1);
    if abs(sinteta1)>=(c1/c2)
        teta2=-teta1;
    else
        csinteta2=(c2/c1)*sind(teta1);
        tsinteta2=abs(csinteta2);
        if (tsinteta2<=1)
            teta2=asind(csinteta2);
        else
            teta2=-teta1;
        end
    end
elseif d2>0
    teta2=-teta1;
else
    teta2=-1;
end

else
    teta2=-teta1;
end
elseif d2>0
    teta2=-teta1;
else
    teta2=-1;
end
  
```

Sedangkan untuk penghitungan sudut kritis dapat diperlihatkan diagram alir untuk menentukan besarnya sudut kritis pada tiap kedalaman air laut sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir untuk mencari sudut kritis

Pada tahap awal dilakukan inisialisasi terhadap variable kedalaman transducer yang diinginkan (d_1), sudut pancar (a_1), kecepatan pada kedalaman pertama (c_1), dan kecepatan pada kedalaman ke dua (c_2), serta variable pencacah $I = 1$ yang menunjukkan alamat awal. Proses selanjutnya adalah pembacaan data pertama (data $[i]$) untuk melaksanakan penghitungan sudut kritis dan menentukan apakah sudut pantul (sudut pada kedalaman selanjutnya) lebih besar atau kurang dari sudut kritis (a_2), sama dengan sudut pancar (a_1). Apabila sudut pancar kurang dari sudut kritis maka sudut pada kedalaman selanjutnya (a_2) akan selalu memancar sampai mendapatkan nilai melebihi sudut kritis, akan didapatkan dengan melaksanakan proses penghitungan sudut $a_2 = \arcsin \frac{c_2}{c_1} \sin(a_1)$

Proses akan pembacaan data dan penghitungan sudut pancar dilakukan secara berulang – ulang sampai dicapai cacahan data pada proses yang terakhir. Implementasi dari diagram alir untuk Plotting tampilan karakteristik propagasi pancaran sonar dalam bahasa dalam bahasa perakit adalah sebagai berikut:

```

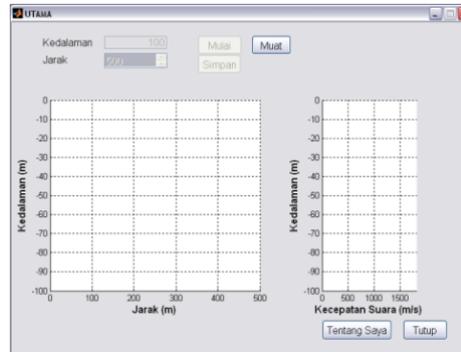
%loading data
jarak=handles.jarak;
stetal=handles.stetal;
d1=handles.kedalaman;
data=handles.datav;
ordin=[];
ordinat=[];
absis=0:jarak;
c1=0;c2=0;d2=0;
for j=1:18
    cjarak=0;run=0;
    spancar=stetal(j);
    data1=d1;
    ordin=[];

    while (run==0) && (cjarak<=jarak)
        c1=find_c1(data1,c1,data);
    
```

```
if c1~=-1
    d2=find_d2(spancar,data1);
    c2=find_c1(d2,c2,data);
    %c2=find_c2(d2,data)
    if c2~=-1
        teta2=find_critic(data1,c1,spancar,c2,d2);
    else
        run=1;
    end
else
    run=1;
end
end
else
    run=1;
end
end
%gambarkan grafikx
ordinat=[ordinat data1];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
cjarak=cjarak+1;
spancar=teta2;
if (d2<0) && (d2>-100)
    data1=d2;
end
end
end
ordinat=[ordinat ; ordin];
end
plot(absis,ordinat(1,:),...
absis,ordinat(2,:),...
absis,ordinat(3,:),...
absis,ordinat(4,:),...
absis,ordinat(5,:),...
absis,ordinat(6,:),...
absis,ordinat(7,:),...
absis,ordinat(8,:),...
absis,ordinat(9,:),...
absis,ordinat(10,:),...
absis,ordinat(11,:),...
absis,ordinat(12,:),...
absis,ordinat(13,:),...
absis,ordinat(14,:),...
absis,ordinat(15,:),...
absis,ordinat(16,:),...
absis,ordinat(17,:),...
absis,ordinat(18,:))
```

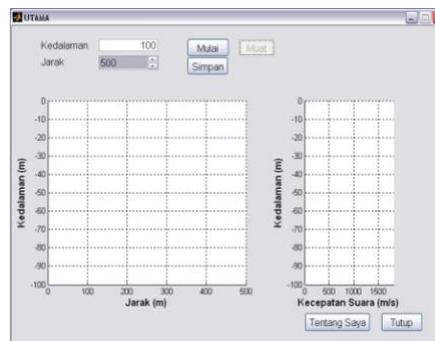
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi diagram alir pada plotting tampilan karakteristik propagasi pancaran sonar dalam bahasa perakit data langkah selanjutnya dilakukan pengujian awal program sistem perambatan gelombang suara pada air laut seperti tampilan berikut :



Gambar 3 Tampilan utama perangkat lunak

Tampilan diatas adalah merupakan menu utama yang berfungsi sebagai program antar muka antara pengguna dengan program komputer, dimana pada menu utama tersebut hanya terdiri dari sebuah tombol perintah yaitu tombol operasi ok. Jika tombol operasi ok dieksekusi maka akan ditampilkan sebuah form aktif yang terdiri dari empat tombol perintah yaitu : tombol load, start, save, dan close serta terdiri dari dua buah box dialog yaitu : box dialog jarak dan box dialog kedalaman seperti yang terlihat pada gambar 4.



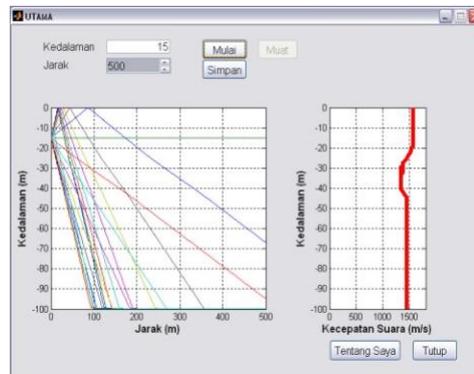
Gambar 4 Tampilan form aktif

Pertama kali masuk kedalam form aktif yang baru hanya tombol operasi load, tombol operasi close dan kotak dialog pemilihan jarak yang aktif, tetapi setelah tombol operasi load dieksekusi dengan memasukkan data kecepatan suara yang tersimpan dalam file TXT maka tombol operasi start maka tombol operasi save akan aktif. Kotak dialog kedalaman menunjukkan dimana letak transducer sonar berada dan untuk mengisinya dengan jalan meletakkan kursor kedalam kotak dialog, sedangkan kotak dialog jarak menunjukkan seberapa jauh media yang diinginkan, yang disesuaikan dengan jarak capai dari pancaran sonar. Hal ini bias dilakukan dengan menekan spin button yang ada pada kotak dialog jarak, dalam program ini dibuat jarak dengan kelipatan 500m dan jarak maksimum 10000m.

Setelah dilaksanakan loading dan kotak dialog kedalaman diisi maka jika tombol operasi start dieksekusi pada layar akan terlihat bentuk perambatan gelombang suara dari transducer, dengan mengeksekusi tombol operasi save maka tampilan pada layar akan tersimpan pada file dan dengan mengeksekusi close maka segera operasi akan tertutup dan program akan kembali pada program awal.

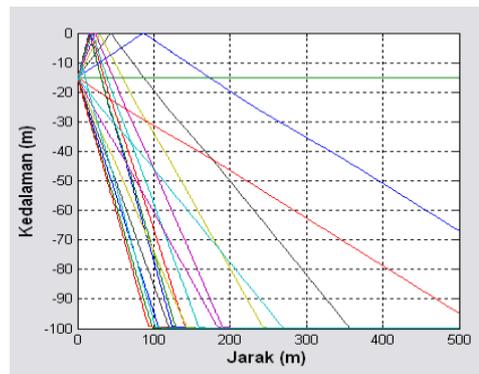
Analisa Hasil

Data yang digunakan sebagai masukan kecepatan gelombang suara pada simulasi program yang merupakan data asli dari pengukuran secara langsung di selat Makassar dan letak kedalaman tranducer disesuaikan dengan kedalaman tranducer yang sebenarnya yaitu sedalam 15 m dari permukaan air laut, hasil simulasi terlihat.



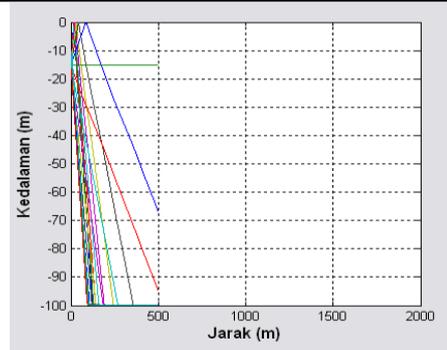
Gambar 5 Tampilan perambatan gelombang suara

Pada gambar 5 terlihat adanya pembelokan gelombang suara pada kedalaman antara 30 m sampai dengan 45 m dan pada bentuk kecepatan suara juga terlihat adanya perbedaan kecepatan suara yang relatif besar, dari perbedaan kecepatan suara yang relatif besar pada kedalaman tersebut akan mengakibatkan perambatan gelombang suara juga mengalami pembelokan dan pantulan yang ada pada gambar diatas adalah disebabkan oleh adanya perbedaan media udara dengan air laut. Perbedaan kecepatan suara pada kedalaman tersebut adalah diakibatkan oleh kekentalan (viscosity) air laut, Apabila hasil simulasi tersebut disimpan dengan mengeksekusi tombol operasi save maka hasil simulasi akan tersimpan dalam file yang telah disimpan. Tampilan dari gambar hasil dari eksekusi tombol operasi save diperlihatkan seperti gambar dibawah ini.



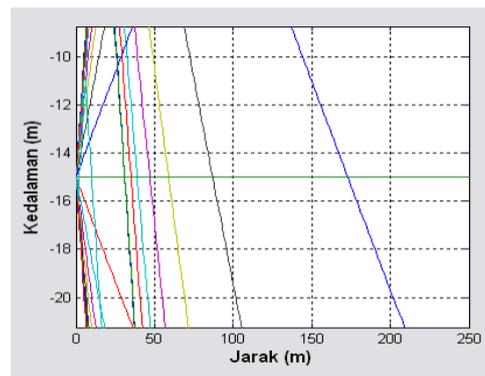
Gambar 6. Tampilan data yang disimpan melalui operasi file

Untuk mengetahui seberapa jauh perambatan gelombang suara tersebut maka dapat dilakukan dengan mengubah jarak yang ada pada kotak dialog, hasil dari simulasi terlihat seperti gambar dibawah ini



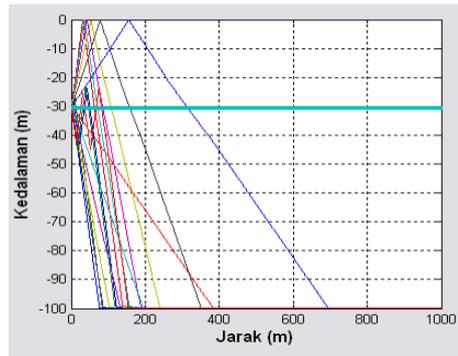
Gambar 7. Tampilan dengan jarak 2000 m

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa jarak capai maksimum dari gelombang suara yang dipancarkan oleh transducer adalah sejauh 700 m untuk gelombang suara yang dipantulkan oleh permukaan sehingga kedalaman 20 m dan pada jarak lebih dari 700 m adalah merupakan daerah rawan bagi kapal selam karena daerah tersebut tidak ada gelombang suara yang merambat atau biasa disebut sebagai daerah bayangan (shadow zone). Selain cara tersebut diatas dapat pula dilaksanakn pembesaran (zoom) hasil simulasi dengan cara menggeser kursor mouse pd tampilan hasil hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pembelokan yang terjadi pada kedalaman tertentu. Pada gambar 8 diperlihatkan hasil pembesaran yang dilakukan dengan menggunakan penggeseran mouse.



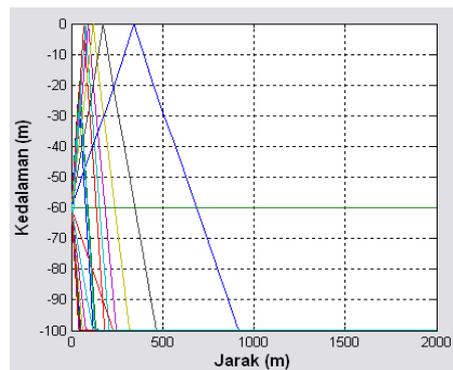
Gambar 8 Tampilan pembesaran dengan menggunakan mouse

Hasil dari pembesaran terlihat jelas adanya pembelokan gelombang suara mulai dari kedalaman 10 m sampai dengan 35 m yang diakibatkan oleh perbedaan kecepatan suara pada kedalaman tersebut. Untuk transducer portable yang disebut dengan Variable Depth Sonar (VDS), transducer portable tersebut hanya mampu diletakkan sampai dengan kedalaman 100 m karena keterbatasan dari kabel penghubung antara transducer dengan kapal disamping itu pengaruh dari arus dibawah permukaan laut juga mempengaruhi kekuatan dari kabel penghubung hal inilah yang perlu diperhatikan dalam proses pemasangan transducer portable kedalam laut. Bentuk perambatan gelombang suara untuk letak transducer yang lebih dari 15 m.



Gambar 9. Tampilan untuk transducer pada kedalaman 30 m

Dari gambar 9 terlihat adanya pemantulan gelombang suara antara kedalaman 25 m sampai dengan kedalaman 42 m hal ini disebabkan karena sudut pancar dari gelombang tersebut melebihi sudut kritis tetapi setelah sudut pancar kurang dari sudut kritis maka gelombang suara akan diteruskan, disamping itu terlihat juga bahwa pada kedalaman 30 m pada jarak 700 m dari sumber suara adalah merupakan daerah shadow zone. Pada gambar 10 terlihat tampilan untuk sumber gelombang suara (transducer) diletakkan pada kedalaman 60 m.



Gambar 10 tampilan untuk transducer pada kedalaman 60 m

Dari gambar diatas terlihat bahwa gelombang suara yang bergerak dari bawah menuju keatas akan mengalami pembelokkan kearah kiri hal ini disebabkan karena kedalaman 48 m sampai kedalaman 40 m gradient kecepatan suara yang negatif, disamping itu juga terlihat adanya shadow zone pada jarak 1000 m dari sumber suara dan perbedaan warna pada karakteristik tampilan adalah penunjukan pada tiap stave pancaran gelombang suara yang di pancarkan oleh transducer.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil hasil percobaan dan analisa yang telah dilakukan pada Simulasi Pengaruh Air Laut Terhadap Propagasi Pancaran Sonar Berbasis Matlab dapat disimpulkan bahwa Air laut sebagai media perambatan gelombang suara mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap pancaran sonar karena semakin besar perbedaan kecepatan suara ditiap lapisan yang diakibatkan oleh kekentalan (viscosity) maka akan berakibat semakin besar pula pembelokannya terhadap pancaran sonar. Pada simulasi ini dibuat sampai dengan kedalaman 100 m sehingga tidak dapat ditampilkan bagaimana pemantulan gelombang suara oleh dasar laut. Hasil dari simulasi ini adalah merupakan gambaran bagaimana perambatan gelombang suara di air laut sehingga menghasilkan karakteristik yang unik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blomberg, A.E.A., Austeng, A., Hansen, R.E. and Synnes, S.A.V., 2013. Improving sonar performance in shallow water using adaptive beamforming. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 38(2), pp.297-307.
- [2] Chekour, A., 2018. Computer assisted math instruction: A case study for MyMathLab learning system. *Distance Learning, E-Learning and Blended Learning in Mathematics Education: International Trends in Research and Development*, pp.49-68.
- [3] D'Amico, A., DiMarzio, N., Jarvis, S. and McCarthy, E., 2011. Beaked whales respond to simulated and actual navy sonar. *PloS one*, 6(3), p.e17009.
- [4] HARYANA, M., Saleh, K. and Koriyanti, E., 2023. *RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR KEDALAMAN DAN POSISI DI PERMUKAAN AIR MENGGUNAKAN SISTEM SONAR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN PEREKAMAN MIKRO SD* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- [5] Huang, T.A. and Kaess, M., 2015, September. Towards acoustic structure from motion for imaging sonar. In *2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 758-765). IEEE.
- [6] Hodges, R.P., 2011. *Underwater acoustics: Analysis, design and performance of sonar*. John Wiley & Sons.
- [7] Kuo, Y.J. and Burch, K., 2012, June. Case studies on MyMathLab and WebAssign. In *International Conference on e-learning* (p. 203). Academic Conferences International Limited.
- [8] Kolev, N. ed., 2011. *Sonar systems*. BoD—Books on Demand.
Law, C.Y., Sek, Y.W., Ng, L.N., Goh, W.W. and Tay, C.L., 2012. Students' perceptions of MyMathLab as an online learning tool. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 2(1), p.22.
- [9] Leonard, J.J. and Durrant-Whyte, H.F., 2012. *Directed sonar sensing for mobile robot navigation* (Vol. 175). Springer Science & Business Media.
- [10] Marage, J.P. and Mori, Y., 2013. *Sonar and underwater acoustics*. John Wiley & Sons.
- [11] Potokar, E., Lay, K., Norman, K., Benham, D., Neilsen, T.B., Kaess, M. and Mangelson, J.G., 2022, October. HoloOcean: Realistic sonar simulation. In *2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 8450-8456). IEEE.
- [12] Prihtiadi, h., rancang bangun sistem sonar berbasis mikrokontroler untuk pengukuran kedalaman dasar air
- [13] Raines, J., 2016. Student perceptions on using MyMathLab to complete homework online. *Journal of Student Success and Retention Vol*, 3(1).
- [14] Stergiopoulos, S. ed., 2017. *Advanced signal processing handbook: theory and implementation for radar, sonar, and medical imaging real time systems*. CRC press.
- [15] Talif, M.U.S.D.I.Y.A.N.A., 2017. Analisis Data Multibeam Echosounder Dan Side Scan Sonar untuk Identifikasi Fitur Dasar Laut di Perairan Kepulauan Riau.
- [16] Teixeira, P.V., Kaess, M., Hover, F.S. and Leonard, J.J., 2016, October. Underwater inspection using sonar-based volumetric submaps. In *2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 4288-4295). IEEE.
- [17] Tyack, P.L., Zimmer, W.M., Moretti, D., Southall, B.L., Claridge, D.E., Durban, J.W., Clark, C.W.