

## LAJU GELOMBANG BUNYI DALAM AIR SEBAGAI FUNGSI TEMPERATUR

Yulinar Adnan  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

### ABSTRAK

*Pengukuran laju gelombang bunyi dalam air di Laboratorium, dilakukan dengan cara memasukkan air ke dalam sebuah tabung kaca kedap air. Pada ujung tabung yang dibuat tetap, dipasang sebuah speaker, dan pada ujung yang lain dibuat bebas, dipasang sebuah sensor bunyi. Speaker dan sensor yang digunakan adalah speaker dan sensor yang biasanya digunakan pada medium udara. Dengan melakukan modifikasi sedemikian rupa, sehingga dapat digunakan dan bekerja dalam air. Temperatur medium divariasikan dengan cara menempatkan tabung kaca pengukuran dalam pipa paralon yang dapat diisi dengan air panas. Hasil yang diperoleh mempunyai perbedaan bila mengacu kepada teoritis. Perbedaan itu disebabkan oleh pengaturan temperatur yang tidak merata.*

### PENDAHULUAN

**P**enelitian tentang bunyi dalam air telah dirintis oleh para ahli dan ilmuwan sejak berabad-abad yang lalu. Collodom dan Sturm (Urlick RJ, 1968), mencoba mengadakan pengukuran laju gelombang bunyi di Danau Jenewa, dengan memukul sebuah bell dengan memakai martil, yang memperhitungkan waktu tempuh ke pengamat selama 9,4 detik pada jarak 13,5 kilometer, didaparkannya 1440 m/s pada temperatur 8,1 C. Dan untuk air

suling pada temperatur ini sebesar 1439,2 m/s. (Kinsler, 1982)

#### *Persamaan Gelombang Akustik*

Di dalam fluida gelombang akustik merupakan gelombang longitudinal, dimana laju gelombang bunyi akustik dalam fluida merupakan perpindahan partikel sebagaimana berlaku terhadap gelombang akustik pada zat padat. Sifat-sifat yang paling berpengaruh terhadap laju gelombang akustik adalah temperatur, rapat massa, tekanan dan lain-lain.

Gelombang akustik yang dihasilkan oleh sumber pada umumnya merambat ke segala arah. Titik dalam ruang, dimana fase gelombangnya sama, akan membentuk suatu bidang gelombang yang dinamakan muka gelombang. Jika medumnya isotrofis, bidang tersebut berbentuk bola. Pada titik-titik yang jauh dari sumber gelombangnya, dapat dianggap sebagai gelombang bidang.

Begitu pula dengan rambatan gelombang bunyi dalam tabung yang jaringannya jauh lebih kecil dari pada panjangnya, dapat dianggap sebagai gelombang bidang yang merambat sepanjang tabung. Gelombang seperti ini dapat dianggap sebagai gelombang satu dimensi (Halliday & Resnick, 1985). Persamaan gelombang yang merambat sepanjang tabung adalah :

$$\frac{\partial^2 P}{\partial X^2} = \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (1)$$

dimana,  $P$  = tekanan akustik,  $X$  = arah laju gelombang akustik,  $C = \sqrt{B/\rho_0}$  = laju gelombang akustik,  $B$  = modulus bulk,  $\rho_0$  = rapat massa dalam keadaan setimbang dan  $t$  adalah waktu.

Dengan menganggap gelombang adalah gelombang bidang, maka solusinya adalah :

$$P = Ae^{j(\omega(-kx))} + Be^{j(\omega(+kx))} \quad (2)$$

Pada kondisi tabung seperti diatas, gelombang yang merambat merupakan gelombang sinus pantul yang dijumlahkan dengan gelombang sinus datang yang mengakibatkan terjadinya gelombang stationer. Gelombang seperti ini tidak merambat, tetapi simpangannya berubah-ubah dimana simpul dan puncaknya tetap pada tempatnya. Jika frekuensinya diubah-ubah sedemikian rupa, atau dengan mengatur kolom air, akan terjadi beberapa maksimum. Jarak dua maksimum yang berdekatan adalah setengah panjang gelombang, maka  $\lambda = 2x$ . Laju gelombang bunyi dapat dihitung dengan :

$$C = 2x.f \quad (3)$$

dimana,  $x$  = jarak dua maksimum berdekatan,  $f$  = frekuensi sumber bunyi.

Dari fisika dasar diketahui bahwa  $f=1/\tau$ , dengan  $\tau$  = perioda, adalah waktu tempuh pulsa satu gelombang, atau waktu tempuh dalam satu ayunan penuh, maka laju gelombang bunyi dapat pula dihitung dengan persamaan :

$$C = 2x/\tau \quad (4)$$

Bunyi yang merambat dalam medium air yang tidak homogen, seperti dalam air laut, akan merambat melengkung karena mengalami pembelokan arah.

Pembelokan arah ini disebabkan oleh bervariasinya temperatur, salinitas dan kedalaman. Kinsler, 1982 ; memberikan rumus empiris yang menghubungkan laju gelombang bunyi dengan temperatur, salinitas dan kedalaman adalah :

$$C(z,S,T) = 1449,05 + 45,7 T - 5,21 T^2 + 0,23 T^3 + (1,333 - 0,126 T + 0,009 T^2) (S-35) + (z) \quad (5)$$

dimana  $(z) = 16,3 + 0,18 z^2$  ;  $T = T/10$ ,  $T$  dalam  $0^\circ\text{C}$  ,  $S$  = salinitas dalam ppt;  $z$  = kedalaman dalam kilometer. Persamaan ini berlaku untuk daerah pada garis lintang  $45^\circ$  . Untuk daerah lain, faktor koreksi  $(z)$  harus

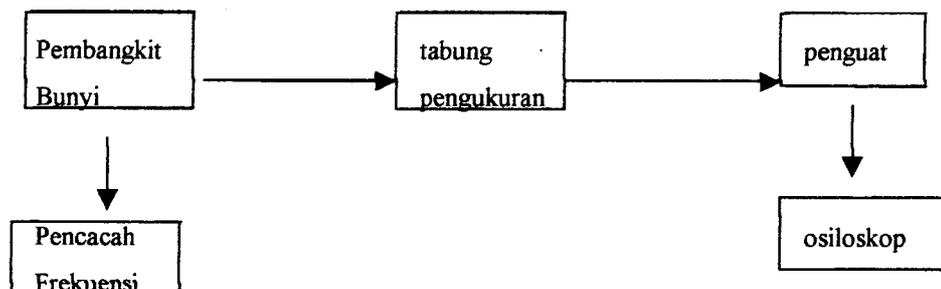
diganti dengan  $(z) = (1 - 0,0026 \cos \theta)$  dimana  $\theta$  adalah garis lintang

## METODOLOGI

### 1. Bahan dan Alat-alat yang digunakan

- Pembangkit bunyi dan pencacah frekuensi
- Osiloskop
- Termometer dan mistar
- Speaker dan sensor bunyi
- Penguat
- Tabung kaca
- Pengatur temperatur
- Air tawar

### 2. Diagram balok penelitian



Tabung pengukuran terdiri dari speaker, sensor, tabung kaca, yang ditempatkan dalam pengatur temperatur.

## 2. Rancangan pengukuran

### a. Proses terjadinya sinyal di layar osiloskop

Sinyal yang terlihat di osiloskop merupakan gelombang yang terjadi dalam tabung yang berisi air sebagai medium tempat merambat bunyi. Gelombang yang dibangkitkan, ditransmisikan speaker yang terletak pada sebuah ujung yang dibuat tetap. Pembangkit mempunyai frekuensi dan intensitas yang dapat diatur ini dihubungkan dengan pencacah frekuensi. Speaker yang bersifat transduser merubah sinyal listrik menjadi sinyal bunyi. Bunyi merambat sepanjang tabung. Sensor yang letaknya berhadapan dengan speaker akan menerima bunyi juga berfungsi sebagai reflektor. Sensor dipasang pada ujung tabung yang dibuat bebas sehingga posisinya dapat diatur. Sensor kembali merubah sinyal bunyi menjadi sinyal listrik dan diteruskan ke sebuah penguat. Dari penguat inilah selanjutnya sinyal dapat diamati pada layar osiloskop.

### b. Langkah pengukuran.

Sesuai dengan bentuk hubungan antara laju gelombang, panjang gelombang dan frekuensi gelombang, pengukuran dapat dilakukan dengan dua pendekatan yang saling melengkapi. Pendekatan

pertama dilakukan dengan menetapkan frekuensi bunyi, lalu mencari jarak antara sumber dan pemantul yang sesuai dengan  $n/2 \lambda$  hingga terjadi gelombang stasioner, dan dihitung waktu tempuh gelombang. Standar pengukuran yang dipakai adalah untuk  $n=1$ . Pada keadaan ini haruslah sumber dan pemantul gelombang tepat menyatakan posisi dua titik simpul yang berdekatan. Pendekatan yang kedua dilakukan dengan menetapkan jarak antara sumber dan pemantul, lalu mengubah frekuensi sumber hingga diperoleh resonansi tingkat pertama.

Dalam penelitian ini hanya pendekatan pertama yang dilakukan. Besaran-besaran yang terukur dan yang teramati adalah jarak antara sensor ke speaker, dan waktu tempuh gelombang datang ke gelombang refleksi pertama, kedua ke berikutnya, dan begitu seterusnya. Data diambil untuk setiap kenaikan temperatur 2 C, mulai dari 22-38 C. Sedangkan untuk faktor S dan z tidak diperhitungkan, karena faktor itu tidak terjadi dalam pengukuran di laboratorium.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pengamatan dihitung untuk mendapatkan

setengah panjang gelombang, dimana panjang gelombang adalah dua kali jarak antara sensor ke sumber, yang merupakan

rata-rata, memakai rumus  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ ,

dengan sesatan yang digunakan mengacu kepada statistik standar sampel  $\sigma_{n-1}$

dengan rumus  $\Delta x = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n(n-1)}}$

(Sudjana, 1986). Dengan menggunakan persamaan (4) didapat harga laju gelombang bunyi dalam air. Hasilnya seperti tertulis dalam kolom dari pengukuran pada tabel 1. Hasil perhitungan, dengan sesatan  $\Delta C = \Delta x + \Delta \tau$ . (Nur Azman, 19..). Dibandingkan dengan hasil yang dihitung dengan menggunakan persamaan (5) dengan mengabaikan faktor S dan z, seperti hasil yang tertulis di kolom Kinsler '82. Untuk melihat laju gelombang bunyi dalam air sebagai fungsi temperatur dibuat grafik laju gelombang bunyi vs temperatur.

Dari hasil perhitungan laju gelombang bunyi dalam air sebagai fungsi temperatur, terjadi penyimpangan dibandingkan dengan hasil yang dihitung

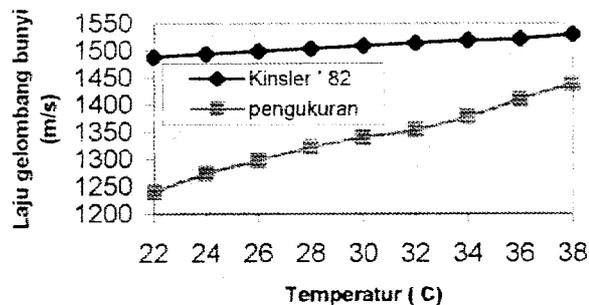
dengan persamaan (5). Penyebab utama disebabkan oleh sensor bunyi yang digunakan, mikrofon elektret jenis kondenser. Sensor ini mempunyai kelemahan terhadap variasi temperatur (Cooper, 1985) dan sinyal yang tak teratur atau distorsi yang disebabkan oleh kawat yang panjang (Cooper, 1985 & Hartono I, 1987).

Tabel 1. hasil perhitungan

Temperatur (°C)	Laju gelombang bunyi (m/s)	
	Kinsler '82	Pengukuran
22	1488	1240 ± 23
24	1494	1274 ± 21
26	1499	1298 ± 19
28	1504	1323 ± 20
30	1509	1340 ± 18
32	1514	1354 ± 22
34	1519	1377 ± 20
36	1522	1410 ± 21
38	1526	1438 ± 19

Penyebab lainnya adalah permukaan speaker dan sensor yang dilapisi bahan kedap air, yang bersifat kaku pada variasi temperatur, dimana faktor ini mempengaruhi penerimaan dan pemantulan bunyi.

Grafik 1.  
Laju gelombang bunyi Vs temperatur



## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan grafik yang dianalisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju gelombang bunyi dalam air telah dapat diukur dengan menggunakan tabung pengukuran, dan sensor serta speaker yang dimodifikasi sehingga kedap air. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya penyimpangan.
2. Penyebab utama penyimpangan ini, karena sensor yang digunakan mempunyai kelemahan terhadap variasi temperatur, dan distorsi oleh kawat yang panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baranek LL, 1971. "Noise and Vibration Control" Mac Graw Hill Book New York.
- Cooper WD, 1985. "Instrumen Elektronika dan Teknik Pengukuran" Erlangga Jakarta.
- Hartono I, 1987. " 301 Rangkaian Elektronika" Elek komputindo, Jakarta.
- Halliday & Resnick, 1985. "Fisika" Jilid I Edisi 3 . Erlangga Jakarta
- Kinsler LE 1982. "Fundamental of Acoustics" , Jhon Wiley & Sons 3<sup>rd</sup> New York
- Nur Azman & farid Wajdi, 19.. "Fisika Universitas, Penuntun Praktikum Fisika Dasar dan teori kesalahan", Ganeca Sience Book Series. Bandung
- Sudjana, 1986, "Metoda Statistik" Tarsito edisi keempat . Bandung.
- Urlick RJ, 19 . "Sound Propagation in the Sea"Paninsula Publishing, California