

KECEPATAN GELOMBANG BUNYI DI UDARA SEBAGAI FUNGSI TEMPERATUR

Yulinar Adnan
Jurusan Fisika FMIPA UNSRI

ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran kecepatan gelombang bunyi di udara sebagai fungsi temperatur dalam laboratorium, dengan menggunakan sebuah tabung kaca. Pada ujung yang dibuat tetap, dipasang sebuah speaker dan pada ujung yang lain dibuat bebas, dipasang sebuah sensor bunyi. Tabung kaca ditempatkan dalam kotak kaca yang berfungsi sebagai kamar temperatur dengan sumber panas empat buah lampu 15 watt. Setiap sisi kotak dibuat lubang yang berfungsi sebagai pengatur temperatur di saat pengukuran. Dari hasil yang diperoleh, terlihat semakin tinggi temperatur semakin besar kecepatan gelombang bunyi di udara.

PENDAHULUAN

Gelombang bunyi hanya merambat dalam medium, dimana kecepatannya bergantung kepada sifat medium yang dilaluinya. Sudah banyak ahli yang mengadakan penelitian untuk mengetahui kecepatan gelombang bunyi di udara, dengan metoda yang berbeda-beda. Harga standar yang mereka peroleh sebesar 331 m/s pada temperatur 20 °C. (Halliday & Resnick, 1985)

Persamaan gelombang akustik

Di dalam fluida gelombang akustik merupakan gelombang longitudinal, dimana kecepatan gelombang akustik dalam fluida merupakan perpindahan partikel sebagaimana berlaku terhadap

gelombang akustik pada zat padat. Sifat-sifat yang paling berpengaruh terhadap kecepatan gelombang akustik antara lain adalah temperatur, rapat massa, tekanan dan lain-lain.

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

Begitu pula dengan rambatan gelombang bunyi dalam tabung yang jari-jarinya jauh lebih kecil dari pada panjangnya, dapat dianggap sebagai gelombang bidang yang merambat sepanjang tabung. Gelombang seperti ini dapat dipandang 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 rambatan gelombang akustik,

$C = \sqrt{B/\rho_0}$ = cepat rambat gelombang akustik, t = waktu.

B = modulus bulk dari medium, ρ_0 = rapat massa dalam keadaan setimbang.

Dengan menganggap gelombang adalah gelombang bidang maka solusinya adalah:

$$P = A e^{j(\omega t - kx)} + B e^{j(\omega t + kx)} \quad (2)$$

Pada kondisi tabung seperti di atas, gelombang yang merambat merupakan gelombang sinus pantul yang dijumlahkan dengan gelombang sinus datang yang mengakibatkan terjadinya gelombang stasioner. Gelombang seperti ini tidak merambat, tetapi simpangannya berubah-ubah dimana simpul dan puncaknya tetap pada tempatnya. Jika frekuensi sumbernya diubah-ubah

sedemikian rupa, dengan mengatur kolom udara, akan terjadi beberapa maksimum. Jarak dua maksimum yang berdekatan adalah setengah panjang gelombang., maka $\lambda=2\Delta L$. Kecepatan gelombang bunyi dapat dihitung dengan:

$$C=2\Delta L.f \quad (3)$$

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

Dihubungkan dengan perubahan temperatur, Kinsler, 1982 telah memperoleh hubungan empirik untuk kecepatan gelombang bunyi:

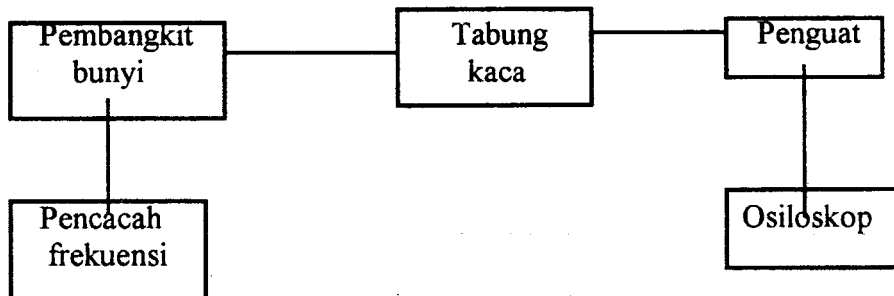
$$C= C_0 \sqrt{1+t/273} \quad (4)$$

Dengan t adalah temperatur dalam derajat Celsius, $C_0 = 331,6$ m/s ; menyatakan kecepatan gelombang bunyi pada temperatur 0°C

METODOLOGI

1. Bahan dan alat-alat yang digunakan

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| - Pembangkit bunyi | - Speaker & sensor bunyi |
| - Osiloskop | - Penguat |
| - Termometer dan mistar | - Tabung kaca |
| - Kotak kaca temperatur | - Pencacah frekuensi |



Gambar 1 diagram blok penelitian

Di dalam tabung kaca, di ujung kiri dipasang speaker, yang letaknya berhadapan dengan sensor di ujung kanan

2. Rancangan pengukuran

a. Proses terjadinya sinyal di layar osiloskop

Sinyal yang terlihat di osiloskop merupakan sinyal yang terjadi dalam tabung tempat merambat bunyi. Sinyal ini berasal dari speaker sebagai sumber bunyi dipasang pada sebuah ujung yang dibuat tetap. Speaker memperoleh sinyal dari pembangkit yang frekuensi dan intensitasnya dapat diatur. Untuk memudahkan membaca frekuensi pembangkit bunyi dihubungkan pula pencacah frekuensi. Speaker yang bersifat transduser merubah sinyal listrik menjadi sinyal bunyi. Bunyi merambat sepanjang tabung. Sensor yang letaknya berhadapan dengan speaker dalam tabung akan menerima bunyi, juga berfungsi sebagai reflektor. Sensor dipasang pada ujung tabung yang dibuat bebas dan dapat diatur posisinya. 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 kecepatan, panjang gelombang dan frekuensi gelombang, pengukuran dilakukan dengan menetapkan frekuensi bunyi, lalu dicari jarak antara sumber dan pemantul yang sesuai dengan $n/2\lambda$ hingga terjadi gelombang stasioner. Standar pengukuran yang dipakai adalah untuk $n=1$. Pada keadaan ini haruslah sumber dan pemantul gelombang tepat menyatakan posisi dua titik simpul yang berdekatan.

Besaran-besaran yang terukur dan yang teramati adalah jarak antara sensor ke sumber dan frekuensi gelombang pada suatu keadaan temperatur tertentu. Data diambil untuk setiap kenaikan temperatur 3 °C, mulai dari 28°- 46° C dengan pengulangan 8 kali pada setiap frekuensi terjadinya gelombang stasioner. Perbedaan temperatur antara dua pengukuran berdekatan untuk mendapatkan setengah panjang gelombang tidak melebihi 0,1 ° C. Kesulitan untuk membuat temperatur ideal memang tidak dapat diatasi, walaupun sudah diusahakan melalui pengatur lubang sisi-sisi kotak kaca. Hasil perhitungan dibuat dalam tabel 1.

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pengukuran dihitung untuk mendapatkan setengah panjang gelombang, dimana panjang gelombang adalah dua kali jarak antara sensor ke sumber. Dengan menggunakan persamaan (3) diperoleh harga cepat rambat gelombang bunyi di udara yang merupakan rata-rata, memakai rumus $x = \frac{\sum x}{n}$, dengan sesatan yang digunakan mengacu kepada

statistik deviasi standar sampel σ_{n-1} dengan rumus $\sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$ (Sudjana, 1986), Lalu

dibandingkan dengan hasil yang dihitung menurut rumus empirik Kinsler 1982 persamaan (4), seperti yang diperoleh pada kolom ketiga.

Tabel 1. Perhitungan kecepatan gelombang bunyi di udara untuk temperatur 28°- 46° C

TEMPERATUR °C	Kecepatan gelombang bunyi (m/s)	
	Dari pengukuran	Kinler, 1982
28	344,31 ± 2,39	348,2
31	347,30 ± 2,53	349,9
34	349,63 ± 3,21	351,6
37	355,03 ± 2,70	353,4
40	357,42 ± 2,93	355,0
43	360,01 ± 1,97	356,8
46	366,90 ± 2,33	358,4

PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan kecepatan gelombang bunyi di udara, untuk sebahagian keadaan terjadi ketidaksamaan dengan hasil yang dihitung dengan persamaan (4). Hal ini terutama disebabkan oleh sensor bunyi yang digunakan. Mikropon elektret jenis kondenser mempunyai kelemahan terhadap variasi temperatur (Cooper WD, 1985) dan sinyal-sinyal yang tak teratur atau distorsi yang disebabkan oleh kawat yang panjang (Cooper WD 1985 & Hartono I 1987). Kesalahan teknis yang tak dapat diatasi pada saat mengamati skala alat ukur yang tidak digital, juga menentukan.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dianalisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Cepat rambat gelombang bunyi di udara telah dapat diukur dengan menggunakan tabung dan sensor serta speaker yang dirancang sendiri. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya ketidaksamaan bila mengacu kepada persamaan (4)
2. Bila temperatur naik, kecepatan bertambah besar.
3. Bila mengacu kepada Kinsler 1982, sebahagian terjadi ketidaksamaan.
4. Ketidaksamaan ini disebabkan oleh sensor yang digunakan yang mempunyai kelemahan terhadap variasi temperatur, dan distorsi oleh kawat yang panjang dan kesalahan teknis pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Cooper WD, 1984. *Instrumen Elektronika dan Teknik Pengukuran*, Erlangga Jakarta
- Halliday & resnick, 1983. *Fisika*, Erlangga Jakarta
- Hartono I, 1987. *301 Rangkaian Elektronika*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta
- Kinsler LE, 1982. *Fundamental of Acoustics*, Jhon Wiley & Sons 3rd Ed . New York
- Sudjana, 1986 . *Metoda Statistika*, Tarsito Bandung