



Rancang-bangun alat penentuan kecepatan bunyi di udara berbasis instrumentasi

Ashar Muda Lubis dan Lizalidiawati

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia

Diterima 1 Oktober 2004; direvisi 1 Januari 2005; disetujui 20 Januari 2005

Abstrak -Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kecepatan bunyi diudara. Dengan desain alat yang telah dibuat didapatkan hubungan panjang gelombang bunyi linear terhadap perioda gelombang dengan persamaan : $\lambda = 340,22T + 0,0004$ dengan koefisien korelasi sebesar 0,99. Ini menunjukkan hubungan yang kuat antara kedua variable tersebut. Kecepatan bunyi diudara pda suhu ruang diperoleh sebesar $340,33 \pm 1,9185$ m/s untuk 12 kali variasi frekuensi sumber bunyi yang diberikan (1- 12 kHz). Hasil ini menunjukkan ketelitian yang tinggi dengan tingkat error 0,56%.

Kata kunci : **Panjang gelombang; Bunyi; Perioda; Kecepatan**

1. Pendahuluan

Ilmu yang mempelajari tentang gelombang termasuk juga didalamnya tentang bunyi menjadi bagian terpenting dalam mata kuliah Fisika di beberapa jurusan ditingkat universitas, khususnya jurusan-jurusan eksakta di Universitas Bengkulu. Dalam perkuliahan mahasiswa masih mengalami kesulitan untuk memahami ilmu tentang gelombang ini, khususnya tentang gelombang bunyi, gelombang tali, gelombang air (gelombang laut) dan gelombang elektromagnetik. Untuk membantu pemahaman mahasiswa materi-materi tentang gelombang khususnya gelombang bunyi yang tidak dapat dilihat dengan mata, maka perlu dirancang sebuah alat yang dapat memvisualisasikan gelombang bunyi sehingga menjadi lebih nyata dan lebih mudah untuk dimengerti. Laboratorium Universitas Bengkulu yang relatif baru pada saat ini masih sedikit sekali peralatan-peralatan yang mempelajari tentang gelombang, akustik dan bunyi. Karena keterbatasan inilah perlu dirancang suatu alat yang relatif sederhana dan diharapkan mendapatkan hasil yang cukup seksama.

Adapun tujuan yang akan diperoleh dalam penelitian ini adalah untuk membantu mahasiswa dalam memahami tentang gelombang khususnya gelombang bunyi yang tidak dapat diamati dengan mata sehingga dengan menggunakan bantuan instrumentasi yang sederhana gelombang tersebut dapat diamati di layar osiloskop, akibatnya akan mudah dimengerti mahasiswa. Tujuan yang lain adalah untuk menambah peralatan di Laboratorium Instrumentasi Universitas Bengkulu yang pada saat ini sangat susah untuk menambahnya karena kekurangan biaya, sehingga dengan hal ini masalah tersebut sedikit dapat teratasi.

Gelombang bunyi adalah gelombang mekanis longitudinal. Gelombang bunyi tersebut dapat dijalarakan di dalam benda padat, benda cair, dan gas [2]. Partikel-partikel bahan yang mentransmisikan sebuah gelombang seperti itu beresilasi di dalam arah penjalaran gelombang itu sendiri. Ada suatu jangkauan frekuensi yang besar di dalam mana dapat dihasilkan gelombang mekanis longitudinal, dan gelombang bunyi adalah dibatasi oleh jangkauan frekuensi yang dapat merangsang telinga dan otak manusia kepada sensasi pendengaran. Jangkauan ini adalah dari kira-kira 20 siklus/detik (atau 20 Hz)

sampai kira-kira 20.000 Hz dan dinamakan jangkauan suara yang dapat didengar (audible range). Sebuah gelombang mekanis longitudinal yang frekuensinya berada di bawah jangkauan yang kedengaran tersebut dinamakan sebuah gelombang infrasonik (infrasonic wave), dan gelombang yang frekuensinya berada di atas jangkauan yang kedengaran dinamakan gelombang ultrasonik (ultrasonic wave).

Gelombang infrasonik yang menarik untuk dipelajari biasanya adalah gelombang infrasonik yang dihasilkan oleh sumber-sumber besar, dan gelombang gempa bumi adalah suatu contohnya. Frekuensi tinggi yang diasosiasikan dengan gelombang ultrasonik dapat dihasilkan oleh getaran elastis dari sebuah kristal kuarsa yang diinduksi oleh resonans dengan suatu medan listrik bolak-balik yang dipakaikan (efek piezoelektrik). Kita mungkin menghasilkan frekuensi bersangkutan di dalam udara adalah kira-kira 5×10^5 cm, sama seperti panjang gelombang dari gelombang cahaya tampak [5].

Gelombang terdengar berasal mula di dalam tali-tali yang bergetar (biola, pita suara manusia), kolom udara yang bergetar (orgel, klarinet), dan pelat dan selaput yang bergetar (gam bang, pengeras suara, tambur). Suara elemen yang bergetar ke depan dan merenggangkan udara sewaktu bergerak ke belakang. Udara tersebut mentransmisikan gangguan-gangguan ini keluar dari sumber sebagai sebuah gelombang. Sewaktu memasuki telinga, maka gelombang-gelombang ini menghasilkan sensasi bunyi. Bentuk gelombang yang kira-kira periodik atau terdiri dari sejumlah kecil komponen yang kira-kira periodik akan menimbulkan suatu sensasi yang menyenangkan (jika intensitasnya tidak terlalu tinggi), seperti, misalnya, bunyi musik. Bunyi yang mempunyai bentuk gelombang yang tak periodik akan terdengar sebagai derau (noise). Derau dapat dinyatakan sebagai superposisi gelombang-gelombang periodik, tetapi banyaknya komponen adalah sangat besar.

Jika tali sebuah tali mula-mula didistorsi sehingga bentuknya adalah sama seperti salah satu dari

harmonik yang mungkin, maka tali tersebut akan bergetar dengan frekuensi harmonik khas tersebut, bila dilepaskan. Akan tetapi, kondisi-kondisi permulaan biasanya berasal dari penumbukan atau pelengkungan tali, dan di dalam kasus-kasus seperti itu bukan hanya frekuensi fundamental tetapi banyak nada atas yang ada di dalam getaran yang dihasilkan tersebut. Kita mempunyai sebuah superposisi dari beberapa ragam alami dari osilasi. Pergeseran yang sesungguhnya adalah jumlah dari beberapa harmonik dengan berbagai amplitud. Denyut-denyut yang dikirimkan melalui udara ke telinga dan otak akan menghasilkan suatu efek netto yang merupakan ciri dari alat ber-tali yang khas. Kualitas bunyi dari sebuah nada khas (frekuensi fundamental) yang dimainkan oleh sebuah alat ditentukan oleh banyaknya nada atas yang nadir, dan intensitas-intensitasnya yang bersangkutan. Gambar 1 memperlihatkan spektrum bunyi dan bentuk-bentuk gelombang yang bersangkutan untuk biola dan piano.

Sebuah pipa orgel adalah sebuah contoh sederhana dari bunyi yang berasal dari sebuah kolom udara yang bergetar. Jika kedua ujung sebuah pipa adalah terbuka dan aliran udara diarahkan melawan sebuah tepi, maka gelombang longitudinal dapat dihasilkan di dalam tabung tersebut. Kolom udara kemudian akan beresonansi pada frekuensi getaran alaminya, yang diberikan oleh

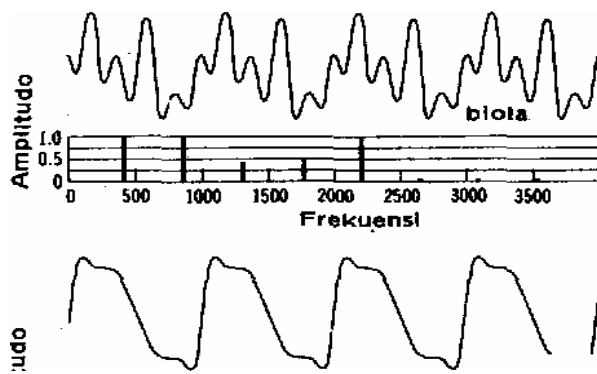
$$v_n = \frac{n}{2l}v \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

Frekuensi fundamental di dalam kedua kasus tersebut adalah 440 siklus/detik [1]. Di dalam setiap diagram kita hanya memperlihatkan empat siklus gelombang. Spektrum bunyi tersebut mempelihatkan amplitudo relatif dari berbagai komponen harmonik dari gelombang tersebut. Perhatikan kehadiran harmonik lebih tinggi yang nyaring (khususnya yang kelima) di dalam spektrum biola.

Tongkat yang bergetar, plat yang bergetar, dan selaput teregang yang bergetar juga menimbulkan gelombang bunyi. Tinjaulah sebuah selaput fleksibel yang teregang, seperti sebuah kepala tambur. Jika kepala tambur tersebut dipukul, maka sebuah denyut

berdimensi dua berjalan keluar dari titik pukulan dan direfleksikan berulang-ulang di batas selaput. Jika suatu titik selaput dipaksakan bergetar secara periodik, maka deret kontinu dari gelombang akan berjalan keluar sepanjang selaput tersebut. Sama seperti di dalam kasus tali yang berdimensi satu, maka di sinipun dapat dihasilkan gelombang tegak di dalam selaput berdimensi dua tersebut. Masing-masing gelombang berdiri ini mempunyai frekuensi tertentu yang alami kepada (atau yang merupakan ciri dari) selaput tersebut [4]. Sekali lagi frekuensi terendah dinamakan frekuensi fundamental dan yang lainnya dinamakan nada atas. Umumnya, sejumlah nada atas hadir bersama-sama dengan frekuensi fundamental bila selaput tersebut bergetar. Getaran-getaran ini dapat mengeksitasi gelombang bunyi yang frekuensinya sama.

Pada umumnya, kita mendapatkan bahwa semua benda elastis akan bergetar secara bebas dengan suatu kumpulan frekuensi tertentu untuk suatu kumpulan syarat batas atau syarat akhir yang diberikan. Frekuensi-frekuensi ini dinamakan frekuensi wajar, *frekuensi karakteristik*, atau *frekuensi eigen* dari sistem tersebut. Pada umumnya, frekuensi-frekuensi eigen tidak membentuk sebuah deret harmonik, walaupun beberapa di antaranya dapat dihubungkan sebagai perbandingan bilangan-bilangan bulat. Di dalam semua kasus ini kita mempunyai gelombang tegak, dan daerah-daerah tertentu dari benda-benda tersebut tetap diam sepanjang waktu. Titik-titik simpul ini adalah kurva-kurva di dalam benda-benda yang berdimensi dua dan permukaan-permukaan di dalam benda-benda yang berdimensi tiga.



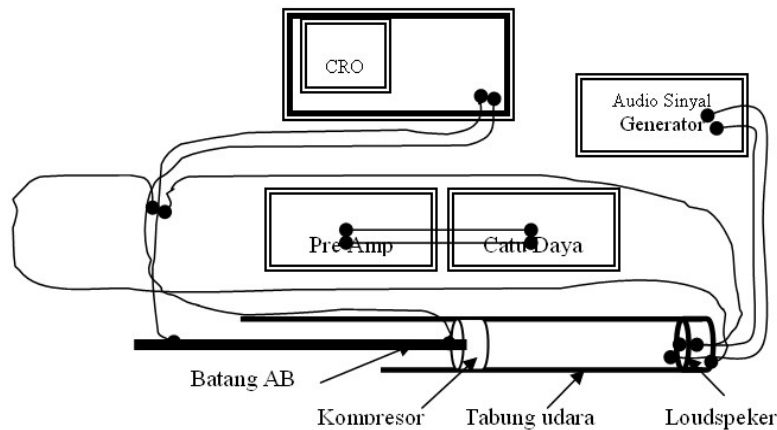
Gambar 1. Bentuk gelombang dan spektrum bunyi untuk dua alat bertali yaitu biola dan piano

2. Metode Penelitian

Penelitian meliputi dua kegiatan yaitu pembuatan alat dan penentuan kecepatan bunyi di udara pada temperatur tertentu (suhu ruang) dengan alat yang akan dibuat.

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Persiapan Bahan dan Peralatan
- b. Pembuatan alat menggunakan pipa pyrex transparan yang dilengkapi skala panjang.
- c. Menyusun peralatan seperti sketsa gambar penelitian



Gambar 2. Skema alat/bagan penelitian



Gambar 3. Alat penelitian yang dirancang

Data diambil adalah data data tentang l_n yang pengambilan datanya bergantung pada keras atau lemahnya frekuensi bunyi yang didengarkan dengan memamfaatkan bunyi didalam tabung Kund supaya terjadi resonansi, kemudian ditentukan panjang gelombangny berdasarkan persamaan 5, 6 dan 7.

Jika gelombang bunyi yang berasal dari Audio Sinyal Generator melalui loudspeker dilewatkan di tabung udara, maka terjadilah rambatan longitudinal gelombang bunyi didalam tabung tersebut, Dengan menggeser-geser batang AB, maka dilayar osiloskop (CRO) akan kelihatan pola gelombang bunyi. Pada saat kelihatan amplitudo maksimum berarti energi gelombang bunyinya maksimum dan pada saat itulah terjadi bunyi yang keras (kuat), ditempat tabung itu (posisi kompresor pada saat itu) terdapat titik simpul (S). Kemudian pada saat amplitudonya minimum, maka terjadi bunyi yang lemah, diposisi itu terdapat titik perut (P).

Resonansi I terjadi bila :

$$l_1 + k = \lambda/4 \quad (2)$$

l_1 = Panjang kolom udara dari loudspeker, saat mana terjadi nada dasar, ini dilihat pada osiloskop pada saat batang AB geser menjauhi loudspeker didapatkan Amplitudo maksimum (A_{maks}). Posisi kompresor disebut l_1 Resonansi II terjadi bila :

$$l_2 + k = 3\lambda/4 \quad (3)$$

l_2 = Panjang kolom udara dari loudspeker, saat mana terjadi nada atas pertama, terjadi apabila kelihatan A_{maks} ke-2 setelah posisi l_1

Resonansi III terjadi bila :

$$l_3 + k = 5\lambda/4 \quad (4)$$

l_3 = Panjang kolom udara dari loudspeker, saat mana terjadi nada atas kedua, terjadi apabila kelihatan A_{maks} ke-3 setelah posisi l_1 . Resonansi ke-n terjadi pada saat posisi l ke-n pula.

Dengan mengeliminasi k pada persamaan 2, 3 dan 4 maka diperoleh :

$$l_2 - l_1 = 0,5\lambda \quad (5)$$

$$l_3 - l_2 = 0,5\lambda \quad (6)$$

$$l_n - l_{n-1} = 0,5\lambda \quad (7)$$

Dengan didapatkannya nilai λ untuk masing-masing l ke-n maka didapatkan kecepatan gelombang bunyi dengan menggunakan rumusan [3] :

$$v = f \lambda \quad (8)$$

dimana :

v = kecepatan gelombang bunyi diudara

f = frekuensi audio sinyal generator

λ = panjang gelombang bunyi yang didapatkan dari osiloskop

Tabel 1. Hasil Pengamatan

No	Frekuensi Sumber Bunyi (kHz)	Panjang Gelombang (cm)	Kecepatan Gelombang (m/s)
1	1	34,000	340,000
2	2	17,025	340,500
3	3	11,621	341,786
4	4	8,467	338,667
5	5	6,791	339,565
6	6	5,762	343,388
7	7	4,847	339,281
8	8	4,275	342,000
9	9	3,803	342,225
10	10	3,398	339,783
11	11	3,056	336,135
12	12	2,839	340,714
Kecepatan bunyi rata-rata			340,337

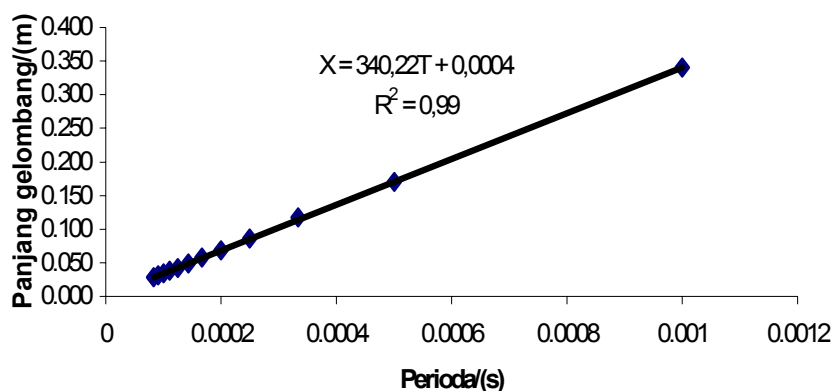
3. Hasil Dan Pembahasan

Data penelitian diambil setelah alat yang rancang dapat berfungsi dengan baik. Gambar alat yang

dibuat dapat dilihat pada Lampiran 1. Alat yang dibuat mudah untuk melakukan pengambilan data karena penentuan panjang gelombang dapat dilihat pada tabung Kund dan telah ditandai dengan mistar sehingga panjang gelombang bunyi pada frekuensi tertentu dapat dengan segera diketahui. Pada penelitian ini lakukan variasi frekuensi bunyi dari frekuensi 1k sampai dengan 12kHz, untuk masing-masing frekuensi dilakukan beberapa pengambilan data untuk mengambil panjang gelombang dari frekuensi tersebut. Selain itu diambil data pada saat

menarik dan mendorong alat penangkap bunyi dalam tabung Kund. Adapun data rata-rata yang diambil untuk masing-masing frekuensi adalah :

Dari data-data diatas didapatkan standar deviasi untuk kecepatan bunyi sebesar 1,9185 atau sekitar 0,56 %. Dari data yang diperoleh jelas terlihat semakin frekuensi sumber gelombang bunyi maka semakin mengecil panjang gelombang bunyi yang dihasilkan dalam tabung Kund. Hubungan sepele frekuensi (atau perioda) dengan panjang gelombang bunyi dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4 : Hubungan panjang gelombang terhadap perioda gelombang bunyi.

Pada grafik kelihatan dengan jelas bahwa hubungan antara panjang gelombang bunyi berbanding lurus dengan sepele frekuensi atau berbanding lurus dengan perioda gelombang bunyi dengan persamaan : $\lambda = 340,22T + 0,0004$ meter persamaan ini identik dengan persamaan penjalaran gelombang $\lambda = vT$ atau $v = \lambda f$, dimana v = kecepatan bunyi diudara, λ = panjang gelombang bunyi dan f atau $(1/T)$ = frekuensi bunyi. Hubungan antara λ dan T atau $(1/f)$ pada grafik diatas terlihat linear dengan tingkat signifikansi sebesar 99,98%. Disamping itu terlihat ada deviasi panjang gelombang sebesar 0,0004 meter, hal ini terjadi disebabkan oleh beberapa faktor anatara lain : tingkat ketelitian alat yang dipakai terutama untuk mengukur besaran panjang dalam tabung Kund Cuma mencapai ketelitian 1/20 mm, sehingga hal ini dapat dimengerti dikarenakan kesalahan dalam peneraan besaran panjang, akan tetapi penelitian ini cukup baik karena alat yang disajikan dapat membuktikan kecepatan bunyi rata-rata udara pada suhu ruang yaitu 340,33 m/s (sekitar

340,22 m/s jika diamati dari grafik) dengan deviasi standar 0,56%, dengan demikian penelitian ini dapat dikatakan cukup valid, karena menurut Romer suatu penelitian/pengukuran dikatakan bagus apabila ketidakpastian pengukurannya (deviasi standar) kurang dari 2%. Adapun faktor-faktor ralat yang mempengaruhi terhadap hasil penelitian ini antara lain: karena keterbatasan kemampuan pengukuran yang dimiliki oleh alat-alat yang digunakan, pendekatan numeris yang sangat sederhana dan perambatan ralat anatar ralat-ralat sistematis dan ralat matematis.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Kecepatan bunyi yang didapatkan sebesar $340,33 \pm 1,9185$ m/s

- b. Alat yang dibuat cukup sederhana tetapi dapat menghasilkan data yang cukup seksama dengan tingkat error sebesar 0,56%.
- c. Dari alat yang dibuat dapat membuktikan hubungan panjang gelombang bunyi terhadap frekuensi bunyi melalui visualisasi dilayar osiloskop, dan dapat dibuktikan melalui pengolahan data seperti diperlihatkan Gambar 4.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Fisika FMIPA Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini melalui Riset Grant UNIB DUE-Like Program Studi Fisika.

Daftar Pustaka

- [1] Douglas C. Giancoli, 1991, *Physics Principles with Applications*, Prentice-Hall International, INC, USA.
- [2] Halliday., 1985, *Fundamental Physics*, John Willey & Son., New York.
- [3] Sear. Zemansky, 1985, *Fisika Dasar* , Panas dan bunyi, Bina Cipta Bandung.
- [4] Sutrisno, 1983, *Fisika Dasar (Mekanika)* , Penerbit ITB, Bandung.
- [5] Victor L. Streeter, Benjamin E.W., 1990, *Fluid Mechanics*, University of Michigan.