

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR KECEPATAN SUARA PADA ZAT PADAT MENGGUNAKAN SENSOR *PIEZOELECTRIC* UNTUK PRAKTIKUM FISIKA DASAR TOPIK CEPAT RAMBAT BUNYI

Agus Wahid Habiburrohman¹, Fauzi²

¹Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

²Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Email: aguswahidhabiburrohman@gmail.com

Abstract - Penelitian kali ini bertujuan untuk membuat alat ukur kecepatan bunyi dan menentukan cepat rambat bunyi melalui medium zat padat menggunakan sensor *piezoelctric*. Adapun medium uji zat padat yang digunakan adalah batang logam tipis dari tiga jenis bahan yang berbeda. Batang uji sepanjang 6 m terbuat dari aluminium, besi dan tembaga. Proses pengujian dilakukan dengan membentuk batang uji menjadi kumparan yang digulung di atas gabus yang berfungsi untuk meredam getaran dan gelombang bunyi. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa gelombang bunyi hanya akan meambat melalui medium batang logam. Kumparan dihubungkan dengan plat besi pada salah satu ujungnya, kemudian dipukul dengan palu sebagai sumber bunyi. Ketika palu dipukul ke plat besi secara otomatis perhitungan waktu penjarangan gelombang dimulai kemudian waktu akan berhenti ketika sudah mencapai ujung yang lain yang telah terhubung dengan sensor *piezoelctric*, sehingga didapat waktu waktu penjarangan gelombang pada zat padat. Kemudian dihitung nilai cepat rambat gelombang bunyi pada medium zat padat tersebut. Hasil perhitungan kecepatan yang didapat akan dibandingkan dengan dengan nilai kecepatan refrensi dan dihitung persentase errornya.

Keywords: Kecepatan rambat bunyi; Sensor Piezoelectric; Gelombang bunyi

Pendahuluan

Ilmu fisika mempelajari gejala alam baik pada gas, cair maupun padat dan merupakan ilmu eksperimental (Young dan Freedman, 2003). Oleh karena itu ilmu fisika erat kaitannya dengan pelaksanaan praktikum fisika. Tujuan praktikum fisika sebagai penguat teori-teori fisika yang di pelajari oleh mahasiswa fisika sehingga mampu menerapkan teori-teori fisika secara nyata. Salah satu teori yang dipelajari pada mata kuliah fisika adalah materi tentang bunyi.

Bunyi merupakan salah satu jenis gelombang yang membutuhkan medium untuk merambat, seperti udara, cair dan padat. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menentukan kecepatan bunyi pada medium udara seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Irni Agustina Dwi Astuti (2016) dengan menggunakan metode Time Of Flight mendapatkan nilai kecepatan bunyi di udara sekitar 335.27 m/s. Penelitian lain yang berhubungan dengan cepat rambat bunyi dilakukan oleh Muhafid (2014) tentang pengembangan alat eksperimen bunyi dengan sistem akuisisi data berbasis smartphone android menjelaskan bahwa penelitian dan pengembangan menggunakan diperoleh nilai cepat rambat gelombang bunyi di udara untuk pipa organa terbuka sebesar 340.9 m/s.

Selain udara bunyi juga dapat merambat melalui zat padat. Zat padat memiliki kecepatan

yang lebih besar dalam merambatkan bunyi karena memiliki jarak antar molekul yang lebih rapat daripada udara (David Halliday, 2010). Penelitian tentang cepat rambat bunyi pada zat padat sangat jarang dilakukan, salah satu penelitian cepat rambat bunyi pada zat padat yang pernah dilakukan oleh Se-Yeun Mak (2000) yang mengukur cepat rambat bunyi pada batang logam menggunakan signal generator yang dihubungkan pada sebuah oscilloscope untuk melihat panjang gelombang dari getaran yang diberikan ketika getaran bunyi merambat pada batang logam yang digantung. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai cepat rambat bunyi pada zat padat untuk mengetahui nilai cepat rambat bunyi pada zat padat dan dapat membantu mahasiswa memahami konsep perambatan gelombang pada medium zat padat.

Pada penelitian kali ini cepat rambat bunyi pada zat padat dapat dilakukan dengan cara mengetahui waktu tempuh getaran bunyi yang diberikan pada salah satu ujung medium zat padat kemudian getarannya ditangkap oleh sensor *piezoelctric* yang dipasang pada ujung yang lainnya.

Teori Dasar

Bunyi termasuk gelombang mekanik artinya membutuhkan medium untuk merambat, gelombang bunyi merupakan gelombang

longitudinal yakni gelombang yang merambat searah arah getaran yang terjadi akibat perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair dan padat. Gelombang bunyi dihasilkan akibat adanya getaran yang dirambatkan pada medium melalui interaksi antara molekul-molekul penyusunnya. (Paul A. Tipler. 1998). Kecepatan gelombang bunyi pada zat padat dapat di hitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

Dimana v adalah kecepatan rambat gelombang, E adalah modulus elastis atau ukuran kekuatan suatu bahan dan ρ adalah massa jenis. Kecepatan dalam zat padat tergantung pada komposisi dan stuktur pada zat padat. Nilai kecepatan bunyi pada zat padat pada suhu ruang dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Nilai Kecepatan Bunyi Pada Medium Zat Padat

No	Medium	Kecepatan (m/s)
1	Aluminium	5100
2	Besi	5130
3	Tembaga	3560

Sumber : David Halliday (2010)

Perambatan gelombang pada zat padat pertama kali dilakukan oleh Biot pada tahun 1808 (Beyer 1999) dengan cara menggunakan pipa air sepanjang 1000 m dan memeberikan sumber bunyi pada salah satu ujung dan mencatat lama perambatan bunyi pada ujung lainnya. Sehingga didapat nilai waktu perambatan gelombang dalam 1 meter medium yang dijadikan sebagai periode perambatan gelombang bunyi pada medium zat padat. Waktu perambatan gelombang sepanjang 1 meter dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut

Tabel 2.2 Waktu Perambatan Gelombang Panjang 1 m pada Medium

No	Medium	Waktu (ms)
1	Aluminium	0.205
2	Besi	0.195
3	Tembaga	0.277

Sumber : Se-Yeun Mak (2000)

Pada dasarnya kecepatan gelombang dapat dihitung dengan persamaan atau dimana adalah panjang gelombang, f adalah frekuensi dan T adalah periode gelombang. Sehingga rumus kecepatan rambat gelombang untuk panjang tertentu dapat dihitung dengan persamaan

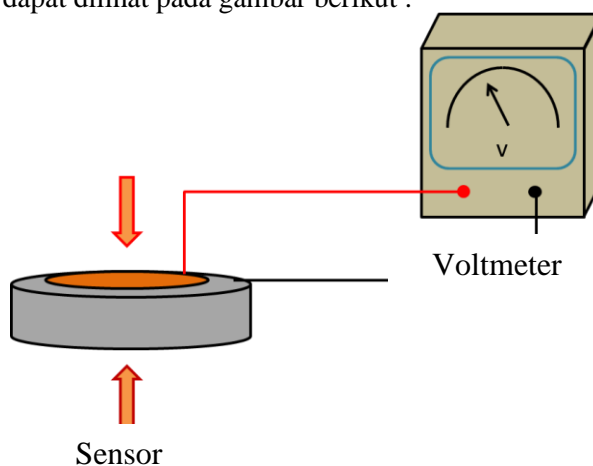
$$v = \frac{s}{t} \quad (2)$$

s merupakan panjang medium dan t adalah waktu penjalaran gelombang.

2.1.2 Sensor Piezoelctric

Sensor piezoelctric merupakan salah satu komponen elektronika yang banyak digunakan untuk perangkat yang berhubungan dengan bunyi (tone) ataupun sebagai tranduser yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Efek piezoelctric adalah efek dimana suatu bahan akan mengalami deformasi fisik atau mekanik bila terkena arus listrik dan sebaliknya akan menghasikan listrik apabila terjadi deformasi fisik. Hal ini terjadi akibat perubahan jarak antara muatan positif dan negatif dalam molekul saat terkena deformasi sehingga menyebabkan perubahan orientasi muatan atau yang lazim disebut polarisasi sehingga menimbulkan konsentrasi muatan listrik pada masing-masing permukaannya(Arnau, 2008). Gambaran umum prinsip kerja sensor piezoelctric dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Sensor Piezoelctric

Gambar 2.1 menunjukkan jika sensor mendaptkan tekanan atau ganguna maka akan mengakibatkan perubahan orintasi muatan sehingga bisa menimbulkan perbedaan tegangan.

Methode

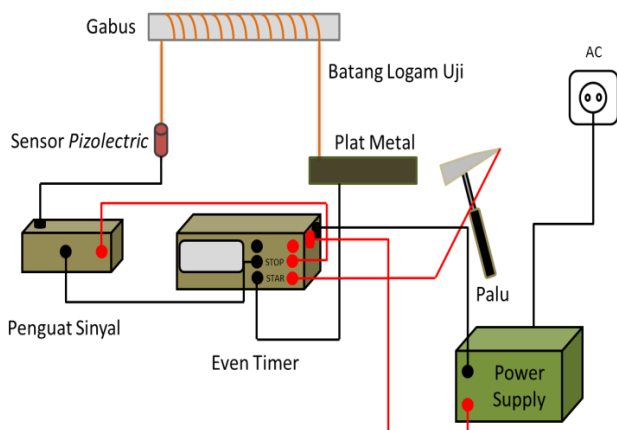
Alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain : 1. Even timer digital ketelitian minimal 1 ms 1 buah, Power Supply digital 1 buah, Sensor *Piezoelctric* 1 buah, Kabel konektor sensor 1 buah, Penguat sinyal dengan batrai internal 1 buah, Batang Aluminium tipis panjang 10 m 1 buah, Batang Tembaga tipis panjang 10 m 1 buah, Batang Besi tipis panjang 10 m 1 buah, Kabel

konektor banana-banana 8 buah, Kabel konektor banan-aligator 8 buah, Palu kecil 1 buah, Plat Besi ukuran 10 x 2 x 1 cm 1 buah, Gabus 1 lembar
 Adapun tahapan penelitian ini dibagi menjadi tiga yakni persiapan, pengambilan data dan analisis data

Persiapan

Persiapan terdiri dari persiapan perancangan sistem alat dan pembuatan rangkaian penguat sinyal. Untuk perancangan sistem alat terlebih dahulu dilakukan studi literatur berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dengan mencari sumber-sumber referensi yang berkaitan dengan sistem pendeteksi waktu dengan sensor *piezoelectric*. Adapun tahapan persiapan sebelum pengambilan data sebagai berikut :

1. Pembuatan kumparan dari medium yang akan diukur dengan cara membuat gulungan dengan gabus dengan diameter sekitar 6 cm kemudian digulung kumparan tersebut diatas gabus. Fungsi gabus sebagai peredam getaran.
2. Kalibrasi sensor *piezoelectric* dengan cara dihubungkan kutub positif dan negatif ke voltmeter, kemudian digetarkan sensor jika terjadi perubahan tegangan maka sensor siap digunakan.
3. Ditecek semua kabel konektor untuk memastikan semua dalam kondisi yang baik atau terkoneksi
4. Dirangkai alat sebagai berikut :



Gambar 3.1 Rangkaian Alat Pengukur Kecepatan pada Zat Padat

Pengambilan Data

Tahapan pengambilan data setelah rangkaian alat sudah siap sebagai berikut :

1. Dihubungkan power supply ke sumber tegangan AC
2. Plat logam dipukul dengan palu yang telah dihubungkan dengan even timer

mengakibatkan hubungan singkat pada bagian “STAR” sehingga waktu penjalaran gelombang mulai dihitung, kemudian dicatat waktu penjalaran gelombang yang muncul pada even timer

3. Diulangi langkah 2 sebanyak 10 kali dan dicatat waktunya.
4. Diganti batang logam uji dan diulangi langkah 1 sampai 2

Analisis Data

Tahapan analisis data pada penelitian ini untuk menentukan kecepatan rambat gelombang bunyi pada zat padat, sebelum melakukan perhitungan kecepatan terlebih dahulu dilakukan perhitungan ketidakpastian untuk pengukuran waktu dengan persamaan

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{N - 1}} \tag{3}$$

kemudian dilakukan perhitung kecepatan rambat bunyi dengan menggunakan persamaan 2, setelah itu dilakukan perhitungan ketidakpastian kecepatan dengan persamaan

$$\Delta v = \left[\left(\frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 \Delta t^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial s} \right)^2 \Delta s^2 \right]^{1/2} \tag{4}$$

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengambilan data diperoleh nilai waktu tempuh (*t*) gelombang bunyi pada masing-masing medium zat padat yang memiliki panjang 10 meter dan dihitung standar deviasinya (Δt) menggunakan persamaan 3 sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Waktu Rambat Gelombang

No	Medium	Waktu (ms)					$\bar{t} \pm \Delta t$
		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	
1	Aluminium	2.014	1.997	2.036	2.013	1.981	2.008±0.021
2	Besi	1.951	1.960	1.978	1.915	1.931	1.951±0.017
3	Tembaga	2.787	2.770	2.762	2.745	2.771	2.767±0.015

Waktu tempuh yang diperoleh pada masing-masing medium zat padat kemudian dihitung kecepatan (*v*) rambat gelombang menggunakan persamaan 2 setelah itu dihitung standar deviasi (Δv) untuk kecepatan rambatnya menggunakan persamaan 4 dan dihitung selisih antara kecepatan yang diperoleh berdasarkan pengukuran dan

kecepatan refrensi untuk melihat persentase errornya, sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Kecepatan Rambat Gelombang

No	Medium	$v \pm \Delta v$ (m/s)	v_{ref}	% error
1	Aluminium	4980±0.051	5100	2.35
2	Besi	5088±0.042	5130	1.02
3	Tembaga	3614±0.020	3560	1.51

Pada penelitian ini menggunakan sensor piezoelctric sebagai detektor waktu untuk menentukan waktu rambat gelombang, sensor piezoectric memiliki karakteristik dapat mengubah energi mekanik menjadi listrik sehingga sangat tepat digunakan sebagai detektor waktu pada penelitian cepat rambat bunyi. Pada pengambilan data perlu diperhatikan kondisi lingkungan yang stabil dan posisi sensor tidak banyak gangguan dari luar supaya data yang diperoleh memiliki akurasi yang baik. Pada penelitian ini medium zat padat dibuat sepanjang 10 meter kemudian dililitkan seperti pada peredam berupa gabus bertujuan untuk meredam gelombang atau getaran bunyi yang merambat kesegala arah sehingga diasumsikan gelombang hanya menjalar pada kawat medium zat padat tersebut.

Ketika palu dipukulkan pada plat perhitungan waktu dimulai secara otomatis dan ketika getaran mencapai ujung medium zat padat yang terhubung dengan sensor maka waktu otomatis berhenti akibat getaran yang diterima oleh sensor Piezoelctric, pengukukuran dilakukan masing-masing sebanyak lima kali perulangan untuk mendapatkan waktu terbaik. setelah didapatkan waktu kemudian dihitung kecepatan rambat gelombang pada masing-masing medium zat padat, dari hasil perhitungan didapatkan nilai cepat rambat gelombang pada medium aluminun sebesar 4980±0.051 m/s sedangkan berdasarkan refrensi nilainya sebesar 5100 m/s dengan persentase error 2.35 %. Pada medium besi didapat nilai cepat rambat bunyi sebesar 5088±0.042 dan nilai refrensinya 5130 m/s dengan persentase error 1.02 %. Pada medium Tembaga didapat nilai sebesar 3614±0.020 dan nilai refrensinya 3560 m/s dengan persentase error 1.02 %

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibuat alat ukur untuk mengukur kecepatan gelombang bunyi pada medium zat padat dengan menggunakan sensor piezoelectric sebagai detektor waktu. Proses pengambilan data, pengolahan dan hasil sesuai yang diharapkan
2. Sensor piezoelctric dapat digunakan sebagai detektor waktu untuk cepat rambat gelombang bunyi pada medium zat padat karena memiliki karakteristik untuk mengubah sinyal mekanik menjadi listrik
3. Kecepatan rambat bunyi pada medium aluminium berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan sebesar 4980±0.051 m/s sedangkan berdasarkan refrensi nilainya sebesar 5100 m/s dengan persentase error 2.35 %. Pada medium besi didapat nilai cepat rambat bunyi sebesar 5088±0.042 dan nilai refrensinya 5130 m/s dengan persentase error 1.02 %. Pada medium Tembaga didapat nilai sebesar 3614±0.020 dan nilai refrensinya 3560 m/s dengan persentase error 1.02 %.

Saran

Disarankan dalam melakukan pengukuran sebelumnya dipastikan kondisi ruang kondusif artinya tidak banyak gangguan dari eksternal sehingga bisa mendapatkan data waktu yang akurat, selain itu sensor piezoelctric diberi wadah yang kokoh dan diberi peredam supaya getaran yang dari luar dapat diminimalisir

DAFTAR PUSTAKA

- Arnau, A. 2008. Piezoelectric Transducers and Applications Second Edition. Spain : Springer.
- Astuti, Irnin Agustina D. 2016. Pengembangan Alat Eksperimen Cepat Rambat Bunyi Dalam Medium Udara Dengan Menggunakan Metode Time Of Flight (TOF) dan Berbantuan Software Audacity. Unnes Physics Education Journal 5 (3) (2016). Oktober 2016.
- Beyer, R. T. 1999. Sounds of Our Times. New York : Springer.
- D. Young, Hugh & Roger A. Friedman. 2002. Fisika Universitas (Terjemahan) Jilid.1. Jakarta: Erlangga.
- Halliday dan Resnick. 2010. Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 1 (Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Muhafid, Ervian Arif & M Reza Primadi. 2014. Pengembangan Alat Eksperimen Bunyi Dengan Sistem Akuisisi Data Berbasis

Smartphone Android. *Jurnal Fisika* Vol. 4
No. 2. Nopember 2014.

Mak, Se-yuen, Yee-kong Ng and Kam-wah
Wu.2000. Measurement of the speed of
sound in a metal rod.
PhysicsEducation_V35(6)_2000.

Tipler, P. A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*.
Jakarta: Erlangga.