

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR FREKUENSI RESONANSI DAN CEPAT RAMBAT GELOMBANG PADA DAWAI MENGGUNAKAN SENSOR PICK UP MAGNETIK

¹⁾Friska Dwi Kusuma Wardani, ²⁾Imam Sucahyo dan ³⁾Metayanti Dewi

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Surabaya 60231, Indonesia
email: ¹⁾friska.17030224015@mhs.unesa.ac.id, ²⁾imamsucahyo@unesa.ac.id, ³⁾metayantidewi@unesa.ac.id

Abstrak

Pengukuran frekuensi resonansi yang sesuai dengan hukum *Marsenne* dan cepat rambat gelombang dapat dilakukan menggunakan sonometer. Sonometer dapat diterapkan pada alat praktikum laboratorium instrumentasi. Metode pengukuran tersebut yaitu dawai dengan massa per satuan panjang sebesar 0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m diletakkan di atas kayu sepanjang 80 cm secara bergantian yang diberi beban di ujung serta pengait di ujung lainnya dengan menambahkan komponen *driver coil* yang disambungkan dengan sumber input AFG (*Audio Frequency Generator*) dan dua *bridge*. Gelombang merambat melalui dawai dan dideteksi oleh sensor *pick up* magnetik yang disambungkan dengan osiloskop. Pengukuran frekuensi resonansi dilakukan dengan memanipulasi massa per satuan panjang dawai (0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m) dan jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik (0,39 dan 0,18 m). Ketiga manipulasi massa per satuan panjang dawai untuk jarak 0,3 m menghasilkan frekuensi 220,48; 264,20 dan 373,63 Hz serta untuk jarak 0,18 m menghasilkan frekuensi 36,75; 44,03 dan 62,27 Hz. Pengukuran tersebut membuktikan bahwa semakin pendek jarak maka didapatkan frekuensi resonansi yang semakin besar, sedangkan semakin kecil massa per satuan panjang pada dawai maka semakin besar frekuensi resonansi. Kedua hal tersebut sesuai dengan hukum *Marsenne*. Pengukuran cepat rambat gelombang dilakukan dengan memanipulasi massa persatuan panjang dawai 0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m. Ketiga manipulasi tersebut diperoleh 354,46; 250,64 dan 209,17 m/s. Oleh karena itu, dapat dijelaskan bahwa semakin kecil massa persatuan panjang dawai maka semakin cepat gelombang merambat.

Kata Kunci: Frekuensi resonansi, cepat rambat gelombang, sensor *pick up* magnetic, massa per satuan panjang, jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik

Abstract

Measurement of the resonant frequency in accordance with *Marsenne's* law and the propagation of the waves was carried out using a sonometer. Sonometer can be applied to laboratory instrumentation lab tools. The measurement method is a string with a mass per unit length of 0.39; 0.78 and 1.12 kg / m are placed on the wood along 80 cm alternately which is loaded at the end and the hook at the other end by adding a coil driver component connected to the AFG (*Audio Frequency Generator*) input source and two bridges. The waves propagate through the strings and are detected by a magnetic pick-up sensor connected to an oscilloscope. Resonant frequency measurements were performed by manipulating the mass per unit length of the string (0.39; 0.78 and 1.12 kg / m) and the distance between the driver coil and the magnetic pick-up sensor (0.39 and 0.18 m). The three manipulations of mass per unit length of string for a distance of 0.3 m yield a frequency of 220.48; 264.20 and 373.63 Hz and for a distance of 0.18 m the resulting frequency is 36.75; 44.03 and 62.27 Hz. These measurements prove that the shorter the distance, the greater the resonant frequency is obtained, while the smaller the mass per unit length of the string, the greater the resonant frequency. Both of these are in accordance with *Marsenne's* law. Measurement of the velocity of the wave propagation is done by manipulating the mass of the length of the string 0.39; 0.78 and 1.12 kg / m. The three manipulations were obtained 354.46; 250.64 and 209.17 m / s. Therefore, it can be explained that the smaller the united mass of the strings, the faster the waves propagate.

Keywords: Resonant frequency, wave velocity, magnetic pick up sensor, mass per unit length, distance between coil driver and magnetic pick up sensor

PENDAHULUAN

Fisika merupakan ilmu paling dasar dari cabang ilmu lainnya dan termasuk ilmu eksperimental (Young & Freedman, 2003). Gelombang termasuk dalam ilmu fisika yang memanfaatkan getaran sebagai sumbernya (Giancoli, 2001). Pada seperangkat alat ukur dan teknik pengukuran, gelombang dapat diukur melalui eksperimen. Salah satu contohnya adalah alat sonometer yang digunakan sebagai

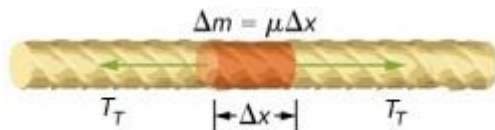
alat praktikum sederhana di laboratorium instrumentasi dalam menentukan frekuensi resonansi dan cepat rambat gelombang.

Sonometer pertama kali dikemukakan oleh *Marin Mersenne* (1588-1648) yang digunakan untuk mengamati hubungan antara frekuensi, tegangan, panjang dawai dan massa per satuan panjang dawai (Greenslade, 1986).

Hubungan tersebut kemudian dikenal sebagai *Marsenne's laws* yang dilengkapi oleh Berg (2020) yaitu:

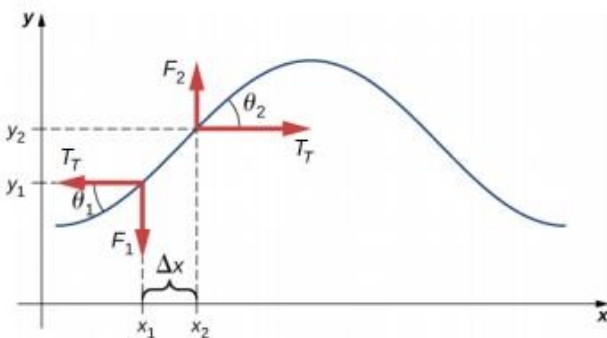
1. Frekuensi dasar dawai yang diregangkan berbanding terbalik dengan panjang dawai, sehingga tegangan dan massa per satuan panjang dawai tetap konstan.
2. Frekuensi dasar dawai yang diregangkan sebanding dengan akar kuadrat tegangan dawai, sehingga panjang dawai dan massa per satuan panjang tetap konstan.
3. Frekuensi dasar dari dawai yang diregangkan berbanding terbalik dengan akar kuadrat massa dawai per satuan panjang, sehingga panjang dan tegangan dawai tetap konstan.

Pada sonometer, gelombang dikirim ke dawai yang dikencangkan berhenti pada posisi kesetimbangan, maka ketegangan dalam dawai (T_T) adalah konstan. Unsur kecil dari dawai dengan massa adalah $\Delta m = \mu \Delta x$ dengan keadaan diam dan dalam kesetimbangan. Gaya tegangan dari kedua sisi unsur massa sama dan berlawanan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Massa dawai tetap yang dikencangkan dengan ketegangan T_T . Unsur massa berada dalam kesetimbangan dan gaya tegangan yang bekerja di kedua sisi unsur massa sama besarnya dan berlawanan arah. (Sumber : <https://chem.libretexts.org/@go/page/4071>.)

Ketika dawai dipetik di bawah tegangan, maka gelombang transversal bergerak ke arah sumbu x positif, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (Unsur massa kecil diperbesar pada gambar 2 agar terlihat). Unsur massa kecil berosilasi tegak lurus terhadap gerakan gelombang akibat dari gaya pemulih yang diberikan oleh dawai dan tidak bergerak ke arah sumbu x. Tegangan T_T dalam dawai yang bekerja pada arah sumbu x positif dan negatif bernilai konstan dan tidak tergantung pada posisi dan waktu.



Gambar 2. Sebuah dawai dipetik di bawah tegangan menyebabkan gelombang bergerak di sepanjang dawai ke arah sumbu x positif. (Sumber : <https://chem.libretexts.org/@go/page/4071>)

Mengasumsikan bahwa pergerakan gelombang pada kemiringan dawai terhadap sumbu horizontal adalah kecil, maka gaya total yang bekerja sejajar dengan dawai adalah jumlah tegangan pada dawai dan gaya pemulih. Sumbu x dari gaya tegangan diabaikan, sehingga gaya totalnya sama dengan gaya dari sumbu y. Besarnya sumbu x dari gaya sama dengan gaya horizontal tegangan dawai (T_T) (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2). Untuk mendapatkan sumbu y dari gaya maka,

$$\tan \theta_1 = -\frac{F_1}{T_T} \text{ dan } \tan \theta_2 = \frac{F_2}{T_T} \quad (1)$$

$\tan \theta$ menjelaskan tentang kemiringan fungsi pada suatu titik yang sama dengan turunan parsial dari sumbu y terhadap sumbu x titik tersebut. Karena itu, $\frac{F_1}{T_T}$ sama dengan kemiringan negatif dawai pada x_1 dan $\frac{F_2}{T_T}$ sama dengan kemiringan dawai pada x_2 :

$$\frac{F_1}{T_T} = -\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_1} \text{ dan } \frac{F_2}{T_T} = \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_2} \quad (2)$$

gaya total pada unsur massa kecil dapat ditulis sebagai

$$F_{net} = F_1 + F_2 = F_t \left[\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_2} - \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_1} \right] \quad (3)$$

dengan menerapkan hukum kedua Newton, gaya total sama dengan massa dikalikan percepatan ($F = m.a$). Kerapatan linier dari dawai (μ) adalah massa per satuan panjang dawai, dan massa bagian dari dawai tersebut adalah $\mu \Delta x$, maka menjadi

$$T_T \left[\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_2} - \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_1} \right] = \Delta m a = \mu \Delta x = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (4)$$

dengan membagi $F_T \Delta x$ dan batas Δx mendekati nol, sehingga

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\left[\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_2} - \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_{x_1} \right]}{\Delta x} = \frac{\mu}{T_T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\mu}{T_T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (5)$$

diberikan persamaan gelombang linier (Venkateshan & Swaminathan, 2014).

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} \quad (6)$$

maka menjadi,

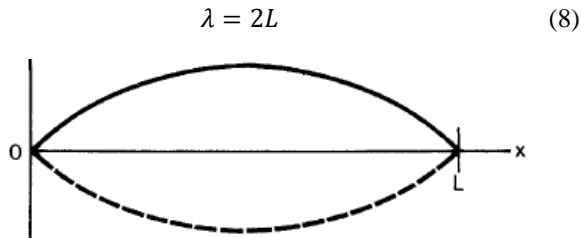
$$\frac{1}{v^2} = \frac{\mu}{T_T}$$

$$v = \sqrt{\frac{T_T}{\mu}} \quad (7)$$

dimana $T_T = T$ adalah ketegangan dalam dawai (T) dan μ adalah massa per satuan panjang (kg/m). Persamaan 7 tersebut digunakan dalam pengukuran cepat rambat

gelombang pada dawai dalam sonometer (Libretexts, 2020).

Menurut Berg (2020) dan Long (2014) berdasarkan pengamatan Marsenne menjelaskan bahwa ketika dawai dengan panjang (L) diregangkan perlahan di tengah dihasilkan getaran dengan panjang gelombang (λ) adalah dua kali panjang dawai ($2L$), seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 8 dan Gambar 3.



Gambar 3. Panjang gelombang $\lambda = 2L$ (sumber : http://www.clifford.org/drbill/csueb/1780/labs/L06a_mel_de_su2013)

hubungan gelombang dasar untuk mencari frekuensi:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (9)$$

dengan menggabungkan persamaan 7, 8 dan 9 menjadi (Turner, 1955),

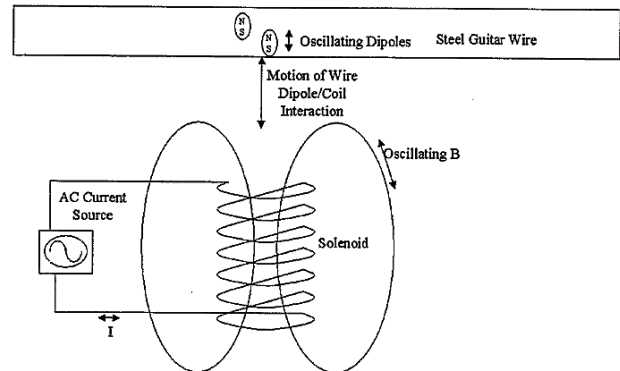
$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (10)$$

di mana f adalah frekuensi, L adalah panjang dawai (m), T adalah tegangan (T) dan μ massa jenis dawai (kg/m). Persamaan 10 tersebut digunakan dalam pengukuran frekuensi resonansi dalam sonometer (Turner, 1955).

Mekanisme alat sonometer dalam penelitian ini dijelaskan pada subbab metode penelitian. Namun secara sederhana yaitu arus listrik yang dihasilkan oleh sumber input AFG digunakan untuk menggetarkan *driver coil* dan akan memberikan getaran yang disalurkan pada dawai. Dawai dipaksa untuk bergetar dalam resonansi yang menyebabkan arus bolak-balik untuk tetap berada dalam dawai sehingga dapat di deteksi oleh sensor. Dalam penelitian ini sensor untuk mendeteksi gelombang menggunakan sensor *pick up* magnetik. Fungsi dari sensor tersebut adalah sebagai transduser yang dapat menangkap getaran mekanis dawai dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Prinsip dasarnya menggunakan induksi elektromagnetik, di mana dawai yang bergetar akan memengaruhi garis gaya elektromagnetik (French, 2012).

Sensor *pick up* magnetik dan *driver coil* memiliki fungsi yang berbeda, dalam sensor *pick up* magnetik

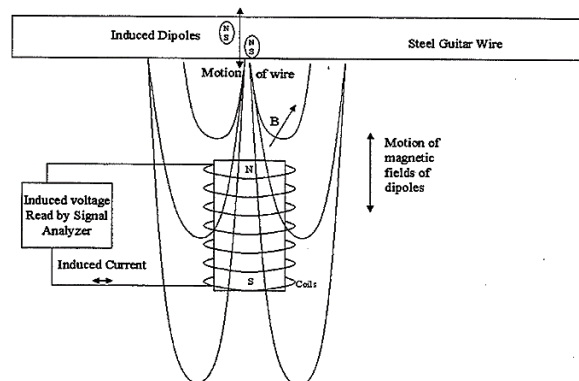
terdapat magnet yang berbentuk permanen sedangkan dalam *driver coil* tidak dilengkapi magnet permanen, akan tetapi pada *driver coil* terdapat arus bolak-balik yang di dalamnya terdapat solenoida kecil dari kawat. Ketika arus melewati kumparan ini, besar medan magnet akan berubah. Gambar 4 merupakan skema mekanisme pada *driver coil*.



Gambar 4. Mekanisme *driver coil* (Gregg, 2000).

Pada gambar 4, Medan B ini menginduksi dipol magnet kecil di atom kawat baja, yang kemudian tertarik ke arah kumparan. Hasil akhirnya adalah kabel ditarik ke bawah menuju *driver coil*. Ketika arus yang dikirim ke *driver coil* melewati nol, bidang-bidang B menghilang seperti halnya dipol karena gaya tarik. Tegangan pada kabel memberikan gaya pemulihan yang menarik kabel dari *driver coil*. Karena arus berubah arah maka medan B juga akan berubah, akan tetapi karena dipol yang diinduksi juga terbalik (gaya masih menarik), maka apabila kawat ditarik ke arah utara dan selatan yang menunjuk ke medan B yang dihasilkan oleh kumparan, gaya tarik pada kawat akan terjadi pada frekuensi dua kali lipat dari arus masukan (Gregg, 2000).

Sensor *pick up* magnetik bekerja dengan cara yang didasarkan pada prinsip fisika yang mirip dengan *driver coil* pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanisme sensor *pick up* magnetik (Gregg, 2000).

Sensor *pick up* magnetik memiliki magnet permanen yang diinduksi dipol pada kawat yang tidak bolak-balik.

Rancang Bangun Alat Pengukur Frekuensi Resonansi Dan Cepat Rambat Gelombang Pada Dawai Menggunakan Sensor *Pick Up* Magnetik

Gambar 5 menjelaskan bahwa saat kawat bergetar, gerakan dipol menyebabkan perubahan fluks melalui loop kumparan, yang menginduksi tegangan pada kumparan (Gregg, 2000).

Perancangan dalam pembuatan alat sonometer telah dilakukan oleh ahli peneliti fisika sebelumnya. Sebagai contoh yaitu Jeethendra, dkk (2012) pada jurnal yang berjudul “*Verification of the Laws of Vibration of Stretched Strings*”, volume 12, nomor 2. Penelitian Jeethendra, dkk (2012) tersebut memiliki kelebihan dari prototipe yang telah dirancang adalah sumber input menggunakan *oscillator* yang mempunyai kesamaan fungsi dengan AFG. Namun, kelemahan dari penelitian tersebut yaitu pada pembacaan gelombang yang dilakukan secara manual dengan melihat simpul gelombang. Hal tersebut dapat dimodifikasi dengan alat sonometer yang dirancang oleh Nugroho, dkk (2012) dalam jurnal yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Rambat Gelombang Pada Kawat Berbasis Mikrokontroller”, volume 12, nomor 2. Dalam jurnal tersebut Nugroho dkk (2012) memodifikasi sonometer dengan menggunakan *driver coil* sebagai penyaluran gelombang dari sumber input AFG dan sensor *pick up* magnetik untuk mendeteksi gelombang yang merambat pada dawai sehingga dapat disalurkan ke osiloskop.

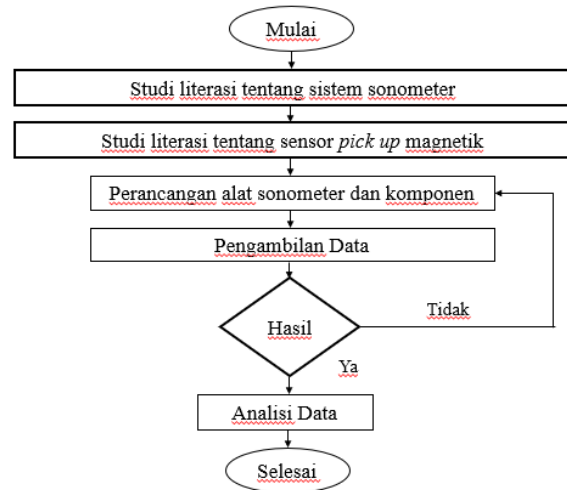
Handžić (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “*A variable tension string instrument*”, volume 85, hal 143-149 melakukan penelitian yang sama. Kelebihan dari prototipe penelitian tersebut yaitu mengukur dengan manipulasi tegangan. Dari penelitian yang telah dilakukan Handžić, peneliti mengganti manipulasi menjadi jarak, jenis dawai dan tegangan dawai dengan tegangan konstan untuk menambah ilmu pengetahuan tentang sonometer.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dengan memperbaiki kinerja dari prototipe milik Jeethendra, dkk (2012) dengan memodifikasi milik Nugroho, dkk (2012), dan mengganti manipulasi milik Handžić (2014) maka melalui usulan artikel ini peneliti berinisiatif membuat alat sonometer untuk mengukur frekuensi resonansi dan cepat rambat gelombang menggunakan sensor *pick up* magnetik.

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat sonometer. Langkah-langkah yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 6.



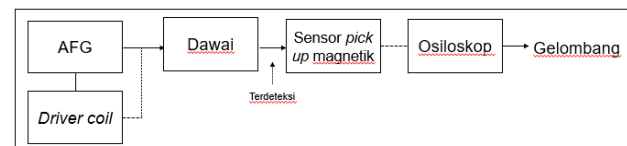
Gambar 6. Flowcart perancangan alat sonometer.

Berdasarkan *flowcart* alur penelitian di atas, bagian perancangan alat menggunakan perangkat mekanik yaitu kayu dengan panjang 80 cm dan dawai yang mempunyai massa persatuan panjang sebesar 0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m diletakkan di atas kayu secara bergantian yang diberi beban di ujung serta pengait di ujung lainnya untuk mengaitkan dawai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

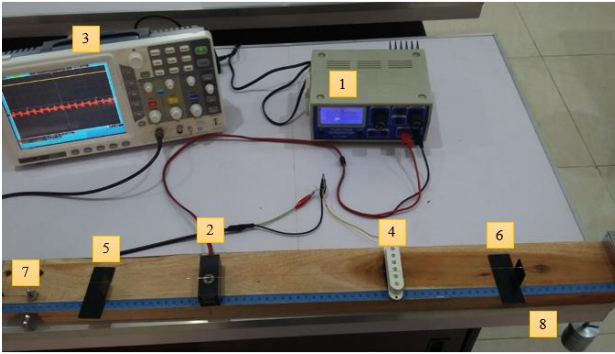


Gambar 7. Alat sonometer.

Gambar 7 dilengkapi dengan komponen *driver coil* (diletakkan di bawah dawai), dua *bridge* (satu diletakkan di samping pengait dan satu lainnya diletakkan di samping penyangga beban) dan sumber input AFG. Kedua *bridge* tersebut berfungsi agar dawai lurus horizontal (Gregg, 2000). Gelombang merambat melalui dawai dan dideteksi oleh sensor *pick up* magnetik lalu disambungkan dengan osiloskop untuk melihat gelombang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8a dan 8b.



Gambar 8a. Diagram blok perangkat sonometer.



Gambar 8b. Peletakan komponen sonometer.

Pada Gambar 8b simbol nomor 1 menunjukkan AFG yang tersambung dengan simbol nomor 2 berupa driver coil, simbol nomor 3 adalah osiloskop yang tersambung dengan 4 yang merupakan sensor *pick up* magnetik, simbol nomor 5 dan 6 adalah bridge, simbol nomor 7 berupa pengait dan simbol nomor 8 adalah beban.

A. Variabel Operasional Penelitian

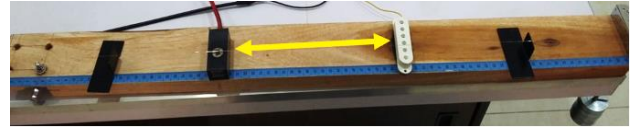
Variabel yang digunakan pada pengukuran frekuensi resonansi adalah variabel manipulasi berupa jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik (0,03; 0,08; 0,13 dan 0,18 m) dan massa per satuan panjang dawai (0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m). Variabel respon berupa frekuensi resonansi gelombang dengan menghitung menggunakan persamaan 10. Variabel kontrol berupa beban 1 kg.

Variabel yang digunakan pada pengukuran cepat rambat gelombang adalah variabel manipulasi berupa massa per satuan panjang (0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m). Variabel respon berupa cepat rambat gelombang yang dihitung menggunakan persamaan 7. Variabel kontrol berupa tegangan pada dawai yang dikaitkan dengan beban 1 kg.

Menurut Greenslade (1986) apabila dawai yang digunakan terlalu tebal maka gelombang yang terbentuk sangat kecil dan tidak terlihat dengan jelas. Dawai yang berjenis massa per satuan panjang 1,12 kg/m adalah jenis maksimum dimana gelombang dapat terlihat jelas. Jarak yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan panjang alat sonometer yaitu 80 cm. Menurut Gregg (2000) apabila jarak terlalu kecil maka amplitudo kawat yang terlihat pada sonometer akan menjadi bertumpukan. Beban (1 kg) yang dipakai peneliti adalah beban maksimum agar dawai tidak putus.

B. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada pengukuran frekuensi resonansi berupa data jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik yang ditunjukkan pada Gambar 9 yaitu ditandai dengan panah berwarna kuning.



Gambar 9. Peletakkan komponen *driver coil* dan sensor *pick up* magnetik.

Data yang dikumpulkan pada pengukuran cepat rambat berupa ukuran massa per satuan dawai (μ).

C. Teknik Pengolahan Data

Pengambilan data frekuensi resonansi dapat diperoleh dari perhitungan menggunakan Persamaan 10 sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (10)$$

Dimana

f: frekuensi resonan (Hz)

L: jarak antara *driver coil* dengan *pick up* magnetik (m)

T: tegangan dawai (T)

μ : massa per satuan panjang (kg/m)

Data yang diperoleh dari penelitian cepat rambat gelombang diolah menggunakan Persamaan 7 sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (7)$$

Dimana

T: tegangan dawai

μ : massa per satuan panjang (kg/m)

v: cepat rambat gelombang (m/s)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data penelitian yang telah dikumpulkan, berikut ini adalah hasil-hasil pengukuran dalam penelitian ini dan pembahasan terkait.

Hasil Pengukuran Frekuensi Resonansi

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran resonansi frekuensi menggunakan perubahan jarak *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik dengan menggunakan dawai pada massa per satuan panjang 0,39 kg/m. Data frekuensi resonansi didapatkan dari perhitungan pada Persamaan 10.

Tabel 1. Data pengukuran frekuensi resonansi dengan massa per satuan panjang dawai 0,39 kg/m.

Tegangan (T)	Massa per satuan panjang (μ) (kg/m)	$\frac{1}{\sqrt{\mu}}$	Jarak (L) (m)	Frekuensi Resonansi (f) (Hz)
49	0,39	1,60	0,03	373,63
49	0,39	1,60	0,08	140,11
49	0,39	1,60	0,13	86,22
49	0,39	1,60	0,18	62,27

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran resonansi frekuensi menggunakan perubahan jarak *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik dengan menggunakan dawai pada massa per satuan panjang 0,78 kg/m. Data frekuensi resonansi didapatkan dari perhitungan pada Persamaan 10.

Tabel 2. Data pengukuran frekuensi resonansi dengan massa per satuan panjang dawai 0,78 kg/m.

Tegangan (T)	Massa per satuan panjang (μ) (kg/m)	$\frac{1}{\sqrt{\mu}}$	Jarak (L) (m)	Frekuensi Resonansi (f) (Hz)
49	0,78	1,13	0,03	264,20
49	0,78	1,13	0,08	99,07
49	0,78	1,13	0,13	60,97
49	0,78	1,13	0,18	44,03

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran resonansi frekuensi menggunakan perubahan jarak *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik dengan menggunakan dawai pada massa per satuan panjang 1,12 kg/m. Data frekuensi resonansi didapatkan dari perhitungan pada Persamaan 10.

Tabel 3. Data pengukuran frekuensi resonansi dengan massa per satuan panjang dawai 1,12 kg/m.

Tegangan (T)	Massa per satuan panjang (μ) (kg/m)	$\frac{1}{\sqrt{\mu}}$	Jarak (L) (m)	Frekuensi Resonansi (f) (Hz)
49	1,12	0,94	0,03	220,48
49	1,12	0,94	0,08	82,68
49	1,12	0,94	0,13	50,88
49	1,12	0,94	0,18	36,75

Berdasarkan tabel 1,2 dan 3 menurut hukum marseenne, pengukuran frekuensi resonansi mengatakan bahwa frekuensi dasar dawai yang diregangkan berbanding terbalik dengan panjang dawai. Pada dawai yang memiliki massa per satuan panjang 0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m diberikan jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik 0,03 m memperoleh frekuensi 220,48; 264,20 dan 373,63 Hz dan memperoleh frekuensi 36,75; 44,03 dan 62,27 Hz ketika diberi jarak antara dua sensor 0,18 m. Hal tersebut membuktikan bahwa jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik memengaruhi hasil frekuensi resonansi yang dihasilkan yaitu semakin pendek jarak maka didapatkan frekuensi resonansi yang semakin besar. Pengukuran ini juga dihasilkan massa per satuan panjang dawai yang memengaruhi hasil frekuensi resonansi yaitu semakin kecil massa per satuan panjang dawai maka semakin besar frekuensi resonansi. Hal itu juga sesuai dengan hukum marseenne yang mengatakan

frekuensi dasar dari dawai yang diregangkan berbanding terbalik dengan akar kuadrat massa dawai per satuan panjang.

Seperti yang dijelaskan pada metode, amplitudo kawat akan menjadi saling bertumpukan jika *driver coil* dan *pick up* magnetik ditempatkan berdekatan satu sama lain dikarenakan osilasi medan magnet *driver coil* dapat langsung dideteksi oleh *pick up* magnetik. Hal tersebut disebut "*cross talk*". Ketika keduanya menjadi lebih dekat, interaksi sensor *pick up* magnetik dengan *driver coil* ini mulai mendominasi.

Menurut Gregg (2000) terjadi *cross talk* karena medan beresilasi pada input frekuensi resonansi dari AFG yang merupakan setengah dari frekuensi resonansi dari getaran kawat, sinyal yang terdeteksi sebenarnya merupakan superposisi dari dua sinyal, salah satunya dua kali frekuensi yang lain. Sinyal memisahkan kedua komponen ini, memungkinkan untuk melihat sinyal yang terdeteksi pada frekuensi resonansi getaran, sehingga mengabaikan sinyal terdeteksi lainnya yang berada pada frekuensi lain. Hal ini memungkinkan pengukuran amplitudo getaran yang akurat di sepanjang dawai.

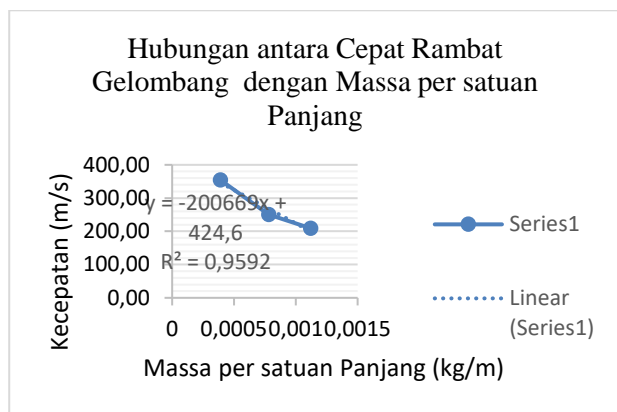
Hasil Pengukuran Cepat Rambat Gelombang

Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran cepat rambat gelombang dengan tegangan yang sama. Data cepat rambat gelombang dari pengukuran didapatkan dari perhitungan pada Persamaan 7.

Tabel 4. Data pengukuran cepat rambat gelombang

Dawai (inch)	Tegangan (T)	Massa per satuan panjang (μ) (kg/m)	Cepat Rambat Gelombang (v) (m/s)
0,010	49	0,39	354,46
0,014	49	0,78	250,64
0,017	49	1,12	209,17

Dengan menggunakan jenis tali yang berbeda maka nilai massa per satuan panjangnya juga berbeda. Pada pengukuran cepat rambat gelombang dengan menggunakan tiga jenis dawai yang berbeda maka dihasilkan grafik sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik hubungan antara cepat rambat gelombang dengan massa per satuan panjang.

Pengukuran cepat rambat gelombang yang ditunjukkan pada tabel 4 dan gambar 10 di atas, didapatkan nilai 354,46; 250,64 dan 209,17 m/s. Hal tersebut menjelaskan bahwa semakin kecil massa persatuan panjang dawai maka semakin cepat gelombang merambat.

Keunggulan dari alat pengukur sonometer penelitian ini adalah dapat menampilkan bentuk gelombang ketika terjadi perubahan jarak dan pergantian jenis dawai melalui osiloskop. Penelitian ini mengungguli penelitian yang dilakukan oleh Jeethendra, dkk (2012) dengan memodifikasi penelitian oleh Nugroho, dkk (2014) dengan mengubah input dari osilator menjadi AFG yang mempunyai kelebihan yaitu arus yang dihasilkan konstan sehingga meminimalisir terjadi *noise* dan pergantian sensor *pick up* magnetik sebagai *detector coil* yang memiliki harga terjangkau dan mengubah manipulasi jarak dan jenis dawai dari penelitian Handžić (2014) untuk menambah pengetahuan tentang sonometer.

PENUTUP

A. Simpulan

Penelitian ini mengukur frekuensi resonansi dan cepat rambat gelombang menggunakan sonometer yang dilengkapi dengan sensor *pick up* magnetik. Pada dawai yang memiliki massa per satuan panjang 0,39; 0,78 dan 1,12 kg/m diberikan jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik 0,03 memperoleh frekuensi 220,48; 264,20 dan 373,63 Hz serta memperoleh frekuensi 36,75; 44,03 dan 62,27 Hz ketika diberi jarak antara dua sensor 0,18 m. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa semakin pendek jarak antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik didapatkan frekuensi resonansi yang semakin besar, sedangkan semakin kecil massa per satuan panjang pada dawai maka semakin besar frekuensi resonansi. Hal tersebut sesuai dengan hukum marsenne. Pengukuran cepat rambat gelombang didapatkan nilai 354,46; 250,64 dan 209,17 m/s. Pada pengukuran cepat rambat gelombang menjelaskan bahwa semakin kecil

massa persatuan panjang dawai maka semakin cepat gelombang merambat. Hal tersebut menunjukkan bahwa alat tersebut baik dan efisien untuk melakukan proses pengukuran frekuensi resonansi dan cepat rambat gelombang.

B. Saran

Kesulitan pada percobaan ini adalah pembacaan frekuensi resonansi gelombang pada osiloskop sehingga memungkinkan terjadinya pembacaan paralaks dan pada saat pergeseran jarak sensor dengan *driver coil* dapat terjadi *noise* pada gelombang mengakibatkan gelombang pada osiloskop tidak terbaca dan pada pengukuran jarak antara dua sensor di haruskan tegak lurus antara papan kayu yang digunakan dan alat ukur jarak.

Dengan mempertimbangkan semua faktor kesulitan teknis yang ditemui saat pelaksanaan penelitian ini, maka penulis menyarankan untuk menggunakan instrument yang memiliki tingkat *noise* yang lebih rendah yaitu dengan menambahkan filter pada saat pembacaan osiloskop hal itu dapat meminimalisir tingkat pembacaan dan *noise*. Dan untuk jarak antara antara *driver coil* dengan sensor *pick up* magnetik peneliti diharuskan lebih teliti dalam membuat tegak lurus antara papan dengan alat ukur jarak.

DAFTAR PUSTAKA

- A. F., Nugroho, P., & amp; A. S. (2012). Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Rambat Gelombang Pada Kawat Berbasis Mikrokontroller. Departemen Fisika, FMIPA UI Depok.
- Turner, A. (1955). Electromagnetic sonometer. *American Journal of Physics*, 23(3), 158-160. doi:10.1119/1.1933934.
- Berg, Richard E. Sound. *Encyclopedia Britannica*, 5 November 2020, <https://www.britannica.com/science/sound-physics> (Diakses 10 Februari 2021).
- French, Richard Mark. 2012. *Technology of the Guitar*. Springer: New York.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Greenslade, T. B. (1986). A vertical sonometer. *The Physics Teacher*, 24(2), 90-91. doi:10.1119/1.2341952
- Gregg L. Miller, Observations of Quasi-Nonradiating Wave Sources in One Dimension, M. S. thesis, Department of Physics, Naval Postgraduate School, 2000; Bruce Denardo, "Acoustics Demonstrations: Oscillators, Mechanical Waves, and Sound," Proceedings of the 2002 Physical Acoustics Summer

Rancang Bangun Alat Pengukur Frekuensi Resonansi Dan Cepat Rambat Gelombang Pada Dawai
Menggunakan Sensor *Pick Up* Magnetik

School, sponsored by *Acoustical Society of America*
and *Office of Naval Research*

- Handžić, I., & Reed, K. B. (2014). The musical kinetic shape: A variable tension string instrument. *Applied Acoustics*, 85, 143-149. doi: 10.1016/j.apacoust.2014.04.010.
- Jeethendra Kumar P K & Ajeya PadmaJeeth & Santhosh K. (2012). Verification of the Laws of Vibration of Stretched Strings. *KamalJeeth Instrumentation and Service Unit*, 12(2).
- Libretexts. (2020, November 05). 16.4: Wave speed on a Stretched String. Retrieved March 23, 2021, from <https://chem.libretexts.org/@go/page/4071>.
- Long, M. (2014). Fundamentals of acoustics. *Architectural Acoustics*, 39-79. doi:10.1016/b978-0-12-398258-2.00002-7
- Venkateshan, S., & Swaminathan, P. (2014). Wave equation. *Computational Methods in Engineering*, 623-655. doi:10.1016/b978-0-12-416702-5.50015-6.
- Young, H. D. dan Freedman, R. 2003. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh jilid 1*. Jakarta: Erlangga.