

3. Resonansi

1. Tujuan

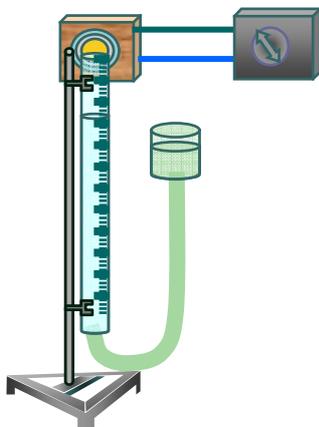
Menentukan cepat rambat bunyi di udara

2. Alat dan Bahan

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Statip dengan tinggi 100 cm dan diameter 1.8 cm | 1 buah |
| 2. Capit buaya (logam) | 2 buah |
| 3. Tabung kaca resonansi berskala,
panjang 80-100 cm, diameter 3-4 cm | 1 buah |
| 4. Corong penampung air (Volume 1,5 liter) | 1 buah |
| 5. Selang plastik (lentur), panjang 2 m, diameter 2 cm | 1 buah |
| 6. Speaker | 1 buah |
| 7. Audio generator | 1 buah |
| 8. Air secukupnya | |

3. Dasar Teori

Peristiwa resonansi merupakan peristiwa bergetarnya suatu sistem fisis dengan nilai frekuensi tertentu akibat dipengaruhi oleh sistem fisis lain (sumber) yang bergetar dengan frekuensi tertentu pula dimana nilai kedua frekuensi ini adalah sama. Peristiwa ini dapat kita amati dengan menggunakan kolom udara. Kolom udara dapat dibuat dengan menggunakan tabung yang sebagian diisi air, sehingga kita dapat mengatur panjang kolom udara dengan menaik-turunkan permukaan air pada tabung. Sistem fisis sumber adalah audio generator yang dapat menghasilkan gelombang bunyi dengan nilai frekuensi bervariasi, sedangkan sistem fisis yang ikut bergetar adalah molekul-molekul udara yang berada dalam kolom



udara yang bergetar karena variasi tekanan. Gelombang yang terbentuk dalam kolom udara merupakan gelombang bunyi berdiri. Peristiwa resonansi terjadi saat frekuensi sumber nilainya sama dengan frekuensi gelombang bunyi pada kolom udara yang dicirikan dengan terdengarnya bunyi yang paling nyaring (amplitudo maksimum).

Gambar 3.1
Alat Pembangkit Resonansi

Gelombang bunyi yang terbentuk dalam kolom udara memiliki nilai panjang gelombang tertentu yang memenuhi hubungan

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (3.1)$$

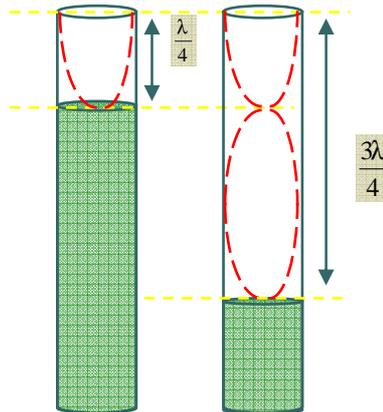
dimana λ = panjang gelombang bunyi
 v = cepat rambat bunyi di (kolom) udara
 f = frekuensi gelombang bunyi = frekuensi

Jika kita mengetahui nilai frekuensi sumber, maka pada saat resonansi tersebut kita dapat menentukan nilai cepat rambat bunyi di udara.

Peristiwa resonansi yang dapat terjadi lewat alat yang ditunjukkan oleh gambar 1 bisa lebih dari satu kali. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengubah ketinggian kolom udara dengan cara menurunkan permukaan air dalam tabung seperti ditunjukkan pada gambar 2. Syarat terjadinya resonansi untuk sistem ini adalah

$$L = n \frac{\lambda_n}{4} \quad (3.2)$$

dimana L = panjang tabung
 $n = 1, 3, 5, \dots$



Gambar 3.2
 Perbedaan ketinggian kolom udara saat resonansi

Hal yang perlu diperhatikan adalah kita tidak dapat menentukan secara pasti letak perut simpangan yang terjadi pada gelombang bunyi dalam tabung, sehingga kita perkenalkan faktor koreksi ujung tabung ΔL . Jika resonansi pertama terjadi pada panjang tabung L_1 maka

$$L_1 + \Delta L = \frac{\lambda}{4} \quad (3.3)$$

dan jika resonansi kedua terjadi pada panjang tabung L_2 maka

$$L_2 + \Delta L = \frac{3\lambda}{4} \quad (3.4)$$

Tabung juga akan beresonansi pada panjang L yang lain sesuai dengan rumusan 3.2 dengan nilai n ganjil.

4. Prosedur

1. Rangkailah alat-alat eksperimen seperti pada gambar 3.1.
2. Menentukan panjang gelombang bunyi dengan frekuensi tetap
 - a. Tentukan nilai frekuensi sumber getar yang akan diberikan pada tabung dengan menggunakan audio generator, bila anda ragu diskusikan dengan asisten/dosen.
 - b. Nyalakan audio generator, atur panjang kolom udara dengan cara menaik-turunkan corong air secara perlahan sampai tabung resonansi merespon getaran audio generator sehingga terdengar bunyi yang paling nyaring. Ukur ketinggian kolom udara dalam tabung L_1
 - c. Turunkan posisi permukaan air untuk mendapatkan bunyi paling nyaring kedua, catat posisinya sebagai L_2 .
 - d. Ulangi langkah a hingga c sebanyak 10 kali untuk nilai frekuensi sumber getar (audio generator) yang sama.

3. Menentukan panjang gelombang bunyi dengan frekuensi yang berbeda-beda
 - a. Tentukan nilai frekuensi sumber getar yang akan diberikan pada tabung dengan menggunakan audio generator, bila anda ragu diskusikan dengan asisten/dosen.
 - b. Nyalakan audio generator, atur panjang kolom udara dengan cara menaik-turunkan corong air secara perlahan sampai tabung resonansi merespon getaran audio generator sehingga terdengar bunyi yang paling nyaring. Ukur ketinggian kolom udara dalam tabung L_1
 - c. Turunkan posisi permukaan air untuk mendapatkan bunyi paling nyaring kedua, catat posisinya sebagai L_2 .
 - d. Ulangi langkah a hingga c sebanyak 10 kali untuk nilai frekuensi sumber getar (audio generator) yang berlainan.
4. Tulis data yang anda peroleh dalam tabel pengamatan.

5. Tugas

5.1 Tugas Sebelum Percobaan

1. Jelaskan perbedaan gelombang transversal dan gelombang longitudinal? Sebutkan contohnya pada masing-masing gelombang
2. Sebutkan contoh yang menggunakan prinsip resonansi? jelaskan manakah system yang berperan sebagai sumber dan sistem yang berperan sebagai lingkungan?
3. Jika kecepatan rambat bunyi di udara Persamaan 5.2 digunakan untuk sistem berupa tabung (pipa organa) yang salah satu ujungnya tertutup dan ujung lain terbuka. Jelaskan hal apa yang mendasari munculnya persamaan 5.2 tersebut. Bagaimana syarat terjadinya resonansi untuk kasus pipa organa yang kedua ujungnya tertutup dan terbuka, Jelaskan pula hal apa yang mendasari nya!
4. Bagaimana anda mencari faktor koreksi ujung tabung ΔL dari dua jenis percobaan yang ada
5. Berdasarkan literatur, tentukanlah besar kecepatan rambat bunyi di udara, jika anda menggunakan frekuensi 100Hz, dapatkah anda memprediksi panjang kolom udara untuk bunyi nyaring pertama dan kedua? Jelaskan dan tentukan harganya!
6. Carilah nilai cepat rambat bunyi di udara pada kondisi-kondisi yang berbeda!, tuliskan secara lengkap sumber yang anda gunakan!
7. Berdasarkan prosedur percobaan yang akan anda lakukan, buatlah rancangan tabel data pengamatan yang akan anda gunakan!
8. Jelaskan teori kesalahan/sesatan pada pengolahan data yang akan anda gunakan dalam memperoleh hasil berdasarkan prosedur eksperimen di atas!

5.2 Tugas Setelah Percobaan

1. Berdasarkan hasil yang telah Anda peroleh pada prosedur pertama di atas, dengan menggunakan metode **statistik** carilah nilai cepat rambat bunyi di udara (v) dan faktor koreksi ujung tabung ΔL serta ketidakpastiannya!
2. Berdasarkan hasil yang telah Anda peroleh pada prosedur kedua di atas, buatlah grafik L_1 atau L_2 sebagai fungsi dari $\frac{1}{f}$! Kemudian dari grafik tersebut carilah nilai cepat rambat bunyi di udara (v) dan faktor koreksi ujung tabung ΔL serta ketidakpastiannya!
3. Bandingkan hasil yang anda peroleh dari pertanyaan a dan b, manakah yang lebih baik! Jelaskan!
4. Prediksilah bagaimana nilai cepat rambat bunyi di udara yang akan anda peroleh apabila eksperimen dilakukan pada malam hari! Jelaskan!
5. Prediksilah bagaimana nilai cepat rambat bunyi di udara yang akan anda peroleh apabila dalam eksperimen, Anda tidak menggunakan air ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$) melainkan minyak ($\rho = 0,87 \text{ g/cm}^3$)!

6. Daftar Pustaka

1. Halliday & Resnick, 1978. *Fisika*, Edisi ketiga, jilid 1 (Terjemahan Pantur Silaban Ph.D), Erlangga, Jakarta.
2. Tipler, Paul A, 1991. *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Edisi ketiga, Jilid 1 (Terjemahan Dra. Lea P M.Sc dan Rahmat W Adi, Ph.D), Erlangga, Jakarta.
3. M. Nelkon & P. Parker, 1975, *Advanced Level Physics*, Thrid Edition, Heinemann Educational Books, London.

7. Jawaban Tugas Awal

1. Jelaskan perbedaan gelombang transversal dan gelombang longitudinal? Sebutkan contohnya pada masing-masing gelombang

Penjelasan :

Gelombang transversal dan longitudinal dibedakan berdasarkan arah getar dan perambatannya. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarannya tegak lurus terhadap arah perambatan gelombang. Pada gelombang transversal, satu panjang gelombang adalah jarak yang sama dengan satu bukit gelombang dan satu lembah gelombang. Gelombang transversal dapat merambat melalui zat padat saja. Contoh dari gelombang transversal adalah gelombang pada tali, gelombang pada slinki dan gelombang cahaya.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getarannya berimpit atau sejajar dengan arah perambatan gelombang. Satu panjang gelombang pada gelombang longitudinal adalah satu rapatan ditambah satu regangan. Gelombang longitudinal dapat merambat melalui semua zat (padat, cair dan gas) Gelombang yang termasuk gelombang longitudinal misalnya gelombang bunyi dan gelombang tekanan udara.

2. Sebutkan contoh yang menggunakan prinsip resonansi? Jelaskan manakah system yang berperan sebagai sumber dan system yang berperan sebagai lingkungan?

Penjelasan :

Peristiwa resonansi merupakan peristiwa getaran sebuah benda karena pengaruh getaran benda lain dengan frekuensi yang sama. Peristiwa ini dapat kita amati pada tabung resonansi yang berisi air, melalui garfu tala, atau speaker media udara akan membawa energi bunyi untuk menggetarkan permukaan air hingga terdengar bunyi nyaring. Bunyi nyaring ini disebabkan karena getaran kolom udara ketika posisi kolom udara tersebut berada pada frekuensi yang sama dengan frekuensi pembangkit maka dia turut beresonansi.

3. Jika kecepatan rambat bunyi di udara(persamaan 5.2) digunakan untuk system berupa tabung(pipa organa) yang salah satu ujungnya tertutup dan ujung lain terbuka. Jelaskan hal yang mendasari munculnya persamaan 5.2 tersebut. Bagaimana syarat terjadinya resonansi untuk kasus pipa organa yang kedua ujungnya tertutup dan terbuka, jelaskan pula hal-hal yang mendasarinya!

Penjelasan :

Hal yang mendasarinya adalah panjang gelombang modus dasar adalah 4 kali panjang tabung, dan hanya harmonik-harmonik ganjil yang muncul. Selain itu pula karena udara tidak dapat bergetar melalui ujung tertutup, titik di ujung ini pastilah merupakan simpul simpangan(gelombang bunyi dalam tabung merupakan gelombang satu dimensi).

Untuk pipa organa yang kedua ujungnya tertutup syarat resonansinya adalah panjang tabung L harus merupakan suatu bilangan bulat kali setengah panjang gelombang. Hal yang mendasarinya adalah udara tidak dapat bergetar melalui ujung tertutup, di kedua ujung pipa pastilah merupakan simpul simpangan..

Untuk pipa organa yang kedua ujungnya terbuka syarat resonansinya adalah panjang tabung L harus merupakan suatu bilangan bulat kali setengah panjang gelombang, dengan suatu koreksi ujung pada masing-masing ujung. Hal yang mendasarinya adalah gelombang bebas bergerak di kedua ujung terbuka sehingga terbentuk perut gelombang

- Untuk pipa organa terbuka,

$$L = \frac{1}{2}\lambda \text{ maka untuk nada tertentu persamaannya menjadi } L = \frac{n}{2}\lambda_n \text{ untuk } n=1,2,3,4, \dots$$

- Untuk pipa organa tertutup

$$L = \frac{1}{4}\lambda \text{ maka untuk nada tertentu persamaannya menjadi } L = \frac{n}{2}\lambda_n \text{ untuk } n=1,3,5,\dots$$

Pada percobaan resonansi kita menggunakan prinsip pipa organa tertutup. Sehingga mendapatkan persamaan 5.2

4. Bagaimana anda mencari faktor koreksi ujung tabung ΔL dari dua jenis percobaan yang ada

Penjelasan :

Yang harus diperhatikan pada percobaan ini adalah letak perut pada pipa organa terbuka, sehingga muncul faktor koreksi ujung tabung ΔL

Pada panjang tabung L_1

$$L_1 + \Delta L = \frac{\lambda}{4}$$

Pada panjang tabung L_2

$$L_2 + \Delta L = \frac{3\lambda}{4}$$

Sehingga didapat faktor koreksi ujung tabung berdasarkan persamaan diatas,

$$L_1 + \Delta L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow \lambda = 4(L_1 + \Delta L)$$

$$L_2 + \Delta L = \frac{3\lambda}{4}$$

$$L_2 + \Delta L = \frac{3}{4}(4(L_1 + \Delta L))$$

$$L_2 + \Delta L = 3L_1 + 3\Delta L$$

$$L_2 - 3L_1 = 3\Delta L - \Delta L$$

$$L_2 - 3L_1 = 2\Delta L$$

$$\frac{L_2 - 3L_1}{2} = \Delta L$$

5. Berdasarkan literatur, tentukanlah besar kecepatan rambat bunyi di udara. Jika anda menggunakan frekuensi 100 Hz, dapatkah anda memprediksi panjang kolom udara untuk bunyi nyaring pertama dan kedua? Jelaskan dan tentukan harganya !

Penjelasan :

Kecepatan rambat bunyi di udara berdasarkan literatur adalah 340 m/s (*Halliday Resnick, 661*). Kita dapat memprediksi panjang kolom udara untuk bunyi nyaring pertama dan kedua, dengan rumusan : $L = n \frac{\lambda_n}{4}$ dengan $\lambda = \frac{v}{f}$

L adalah panjang tabung. $n= 1,3,5,\dots$

Sehingga harga panjang kolom udara untuk bunyi nyaring pertam dan kedua adalah

Bunyi nyaring pertama :

$$\lambda = \frac{340}{100} = 3,40 \text{ m}$$

$$L = (1) \frac{3,4}{4} = 0,85 \text{ meter}$$

Bunyi nyaring kedua :

$$\lambda = \frac{340}{100} = 3,40 \text{ m}$$

$$L = (3) \frac{3,40}{4} = 2,55 \text{ meter}$$

Rumusan diatas menggunakan prinsip pipa organa dengan salah satu ujung terbuka dan tertutup. Panjang gelombang modus dasar adalah 4 kali panjang tabung, dan hanya

harmonik-harmonik ganjil yang muncul. Bunyi nyaring pertama terjadi ketika terbentuk panjang gelombang sebesar $\frac{1}{4}$ dan harmonik kedua dengan panjang gelombang sebesar $\frac{3}{4}\lambda$.

6. Carilah nilai cepat rambat bunyi di udara pada kondisi-kondisi yang berbeda! Tuliskan secara lengkap sumber yang anda gunakan!

Penjelasan:

Medium	Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	Laju	
		m/s	Kaki/s
Udara	0	331,3	1.087
Hidrogen	0	1.286	4.220
Oksigen	0	317,2	1.041
Air	15	1.450	4.760
Timah	20	1.230	4.030
Aluminium	20	5.100	16.700
Tembaga	20	3.560	11.700
Besi	20	5.130	16.800
Nilai-nilai ekstrim			
Granit		6.000	18.700
Karet yang diasapi	0	54	177

Sumber : Halliday Resnick Jilid 1 halaman 661

7. Berdasarkan prosedur percobaan yang akan anda lakukan, buatlah rancangan tabel data pengamatan yang akan anda gunakan!

Tabel Percobaan I (Frekuensi tetap)

NO	L_1 (Cm)	L_3 (Cm)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
...		
10		

Tabel Percobaan II (Frekuensi Berubah)

NO	Frekuensi (Hz)	L_1 (Cm)	L_3 (Cm)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
...			
10			

8. Jelaskan teori kesalahan/sesatan pada pengolahan data yang akan anda gunakan dalam memperoleh hasil berdasarkan prosedur eksperimen diatas!

Teori kesalahan yang digunakan

$$L = n \frac{\lambda_n}{4}$$

$$\lambda = 4L \rightarrow L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

$$4L = \frac{v}{f} \quad v = 4Lf$$

Dari rumus tersebut :

$$\frac{L}{\frac{1}{f}} = \tan \theta$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\frac{4L}{n} = \frac{v}{f}$$

$$v = \frac{\frac{4L}{n}}{\frac{1}{f}} = \frac{4}{n} \cdot \frac{L}{1/f}$$

Jika $\frac{L}{1/f} = \tan \theta$ maka $v = \frac{4}{n} \tan \theta$, sehingga teori kesalahan yang sering digunakan ialah teori kesalahan dengan metode grafik yaitu dengan menentukan $\Delta \tan \theta$ dari grafik.

$$L = n \frac{\lambda_n}{4}$$

$$\lambda = 4L$$

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$4L = \frac{v}{f}$$

$$v = 4Lf$$

Dari rumus tersebut :

$$\frac{L}{\frac{1}{f}} = \tan \theta$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\frac{4L}{n} = \frac{v}{f}$$

$$v = \frac{\frac{4L}{n}}{\frac{1}{f}} = \frac{4}{n} \cdot \frac{L}{1/f}$$

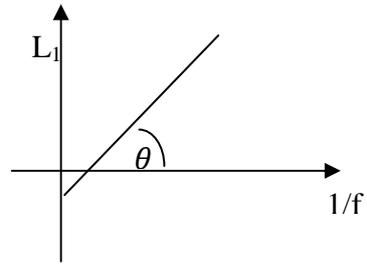
Jika $\frac{L}{1/f} = \tan \theta$ maka $v = \frac{4}{n} \tan \theta$, sehingga teori kesalahan yang sering digunakan ialah teori kesalahan dengan metode grafik yaitu dengan menentukan $\Delta \tan \theta$ dari grafik.

$$\Delta v = \frac{\Delta \tan \theta_1 + \Delta \tan \theta_2}{2}$$

$$\tan \theta = \frac{L_1}{\frac{1}{f}}$$

$$\tan \theta = L_1 f$$

$$\tan \theta = v$$



8. Tabel Data

Hari/tanggal : Sabtu, 6 Februari 2010

Pukul : 08-00 s/d selesai

	Awal	Akhir
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	$26,00 \pm 0,25$	$27,00 \pm 0,25$
Tekanan (cmHg)	$68,37 \pm 0,005$	$68,71 \pm 0,005$

1) Percobaan 1, frekuensi yang konstan yaitu 700Hz

Tabel 3.1

No.	$(l_1 \pm 0,05)$ m	$(l_2 \pm 0,05)$ m
1	0.125	0.335
2	0.105	0.33
3	0.105	0.335
4	0.106	0.338
5	0.115	0.334
6	0.106	0.333
7	0.106	0.332
8	0.104	0.338
9	0.107	0.336
10	0.105	0.336

2) Percobaan 2, frekuensi yang berubah-ubah

Tabel 3.2

No.	f (Hz)	l_1 (cm)	l_2 (cm)
1	400	17,5	61,8
2	460	15,7	54,9
3	500	14,3	48,5
4	550	11,3	44,5
5	600	10,2	39,6
6	650	9,0	35,5
7	700	7,7	33,7
8	750	6,6	30,5
9	800	5,7	28,5
10	850	4,6	26,0

**Pengolahan Data
Percobaan I**

Besarnya cepat rambat bunyi (v) jika frekuensi konstan (700Hz) diperoleh melalui metode statistik yaitu dengan persamaan : $v = 2f (l_2 - l_1)$.

No.	$(l_1 \pm 0,05)$ m	$ l_1 - \bar{l}_1 $	$ l_1 - \bar{l}_1 ^2 m^2$	$(l_2 \pm 0,05)$ m	$ l_2 - \bar{l}_2 $	$ l_2 - \bar{l}_2 ^2 m^2$
1.	0.125	0.0166	0.00027556	0.335	0.0003	0.00000009
2.	0.105	0.0034	0.00001156	0.33	0.0047	0.00002209
3.	0.105	0.0034	0.00001156	0.335	0.0003	0.00000009
4.	0.106	0.0024	0.00000576	0.338	0.0033	0.00001089
5.	0.115	0.0066	0.00004356	0.334	0.0007	0.00000049
6.	0.106	0.0024	0.00000576	0.333	0.0017	0.00000289
7.	0.106	0.0024	0.00000576	0.332	0.0027	0.00000729
8.	0.104	0.0044	0.00001936	0.338	0.0033	0.00001089
9.	0.107	0.0014	0.00000196	0.336	0.0013	0.00000169
10	0.105	0.0034	0.00001156	0.336	0.0013	0.00000169
Σ	0.1084		0.00003924	0.3347		0.00000581

$$\bar{l}_1 = \frac{\Sigma l_1}{n} = \frac{1,084}{10} = 0,1084$$

$$\begin{aligned} \Delta l_1 &= \sqrt{\frac{\Sigma |l_1 - \bar{l}_1|^2}{(n - 1)}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00003924}{9}} \\ &= 0,00208806 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\therefore l_1 = (0,1084 \pm 2,088 \times 10^{-3}) \text{ m}$$

$$\bar{l}_2 = \frac{\Sigma l_2}{n} = \frac{3,347}{10} = 0,3347$$

$$\begin{aligned} \Delta l_2 &= \sqrt{\frac{\Sigma |l_2 - \bar{l}_2|^2}{(n - 1)}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00000581}{9}} \\ &= 0,000803465 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\therefore l_2 = (0,3347 \pm 8,035 \times 10^{-4}) \text{ m}$$

Dari rumus

$$l_2 + C = 3/4\lambda$$

$$l_1 + C = 1/4\lambda$$

$$l_2 - l_1 = 1/2\lambda$$

$$= v/2f$$

$$v = 2f (l_2 - l_1) \text{ m/s}$$

Jadi,

$$v = 2f (\bar{l}_2 - \bar{l}_1) \text{ m/s}$$

$$= 2 (700\text{H}) (0,3347 - 0,1084)$$

$$= 316,82 \text{ m/s}$$

$$dv = \frac{\partial v}{\partial l_1} dl_1 + \frac{\partial v}{\partial l_2} dl_2$$

$$dv = -2f dl_1 + 2f dl_2$$

$$\frac{dv}{v} = \frac{-2f dl_1}{2f(l_2 - l_1)} + \frac{2f dl_2}{2f(l_2 - l_1)}$$

$$\Delta v = \frac{|\Delta l_2 - \Delta l_1|}{(l_2 - l_1)}$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{|\Delta l_2 - \Delta l_1|}{(\bar{l}_2 - \bar{l}_1)} = \frac{1,284 \times 10^{-3}}{0,3347 - 0,1084} = 5,67 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Maka besarnya cepat rambat bunyi di udara jika frekuensi dijaga konstan adalah :

$$\therefore v = (316,82 \pm 5,67 \times 10^{-3}) \text{ m}$$

Faktor koreksi ujung tabung:

$$\bar{c} = \frac{1}{2} (\bar{l}_2 - 3\bar{l}_1) = \frac{1}{2} (0,3347 - 3 \times 0,1084) = 4,75 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta c = \frac{1}{2} (\Delta l_2 - 3\Delta l_1) = \frac{1}{2} (8,035 \times 10^{-4} - 3 \cdot 2,088 \times 10^{-3}) \text{ m} = 0,8855 \times 10^{-3} \text{ m}$$

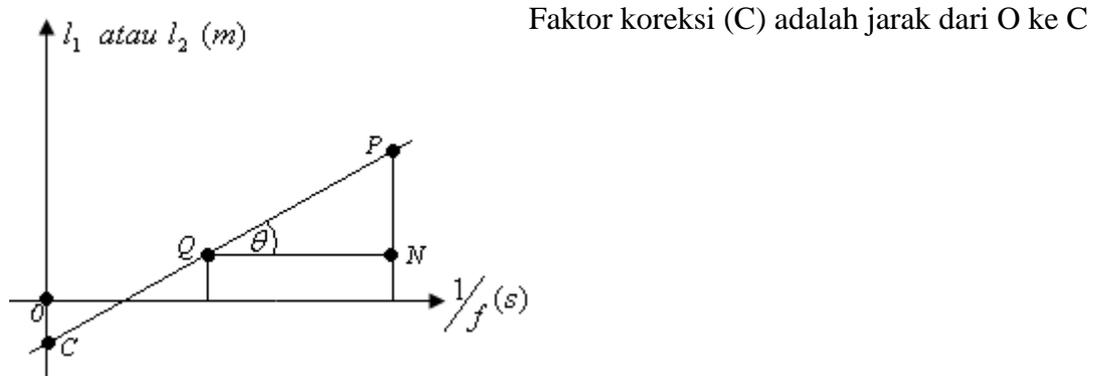
Berdasarkan teori bahwa factor koreksi $\bar{c} \pm \Delta c = 4,75 \times 10^{-3} \pm 0,8855 \times 10^{-3} \text{ m}$

Percobaan II

Besarnya cepat rambat bunyi (v) jika frekuensi berubah-ubah, diperoleh melalui metode grafik.

No.	$1/f \cdot 10^{-3} (s)$	$l_1 (cm)$	$l_2 (cm)$
1	2,50	17,5	61,8
2	2,38	15,7	54,9
3	2,00	14,3	48,5
4	1,82	11,3	44,5
5	1,67	10,2	39,6
6	1,59	9,0	35,5
7	1,43	7,7	33,7
8	1,33	6,6	30,5
9	1,25	5,7	28,5
10	1,18	4,6	26,0

Pada metode grafik ini, digunakan hubungan antara l_1 dengan $1/f$ atau antara l_2 dengan $1/f$.



Faktor koreksi (C) adalah jarak dari O ke C

Dari grafik di atas kita dapat menentukan cepat rambat bunyi udara yaitu :

$$l_1 + c = \frac{1}{4} \lambda = \frac{v}{4f}$$

$$l_1 = \frac{v}{4f} - c$$

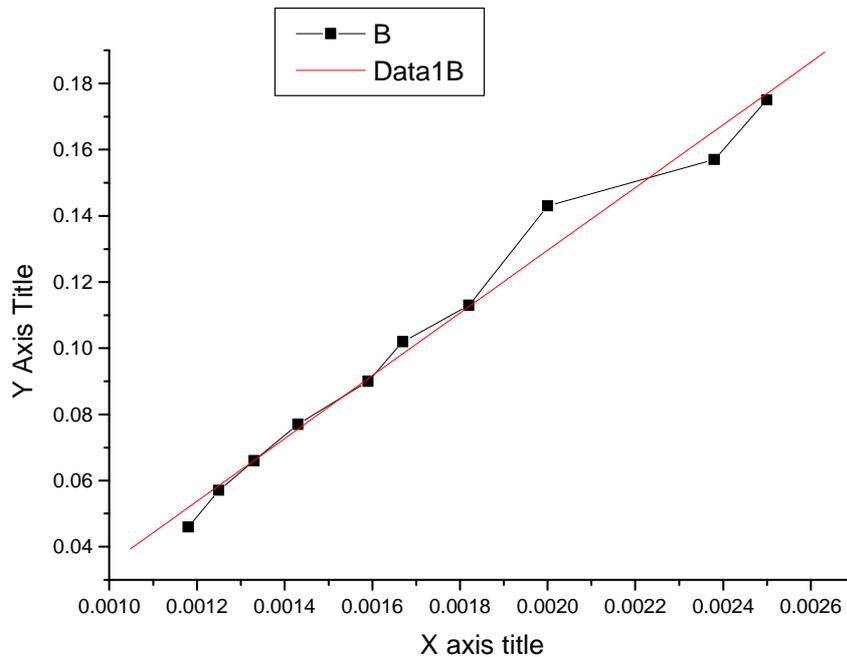
$$v = \frac{4PN}{QN} = 4 \tan \theta$$

$$l_2 + c = \frac{3}{4} \lambda = \frac{3v}{4f}$$

$$l_2 = \frac{3v}{4f} - c$$

$$v = \frac{4PN}{3QN} = \frac{4}{3} \tan \theta$$

Grafik hubungan l_1 terhadap $1/f$



Parameter	Value	Error
A	-0.05993	0.008
B	94.77174	4.52272

R	SD	N	P
0.99101	0.00623	10	<0.0001

$$y = ax + b, y = 94,77x - 0,05$$

$a = \tan \alpha$ dan $b =$ faktor koreksi

Berdasarkan grafik dan hasil penurunan rumus maka kita dapat mengetahui besar cepat rambat bunyi di udara.

$$v = 4 \tan \alpha$$

$$v = 4 \times 94,77$$

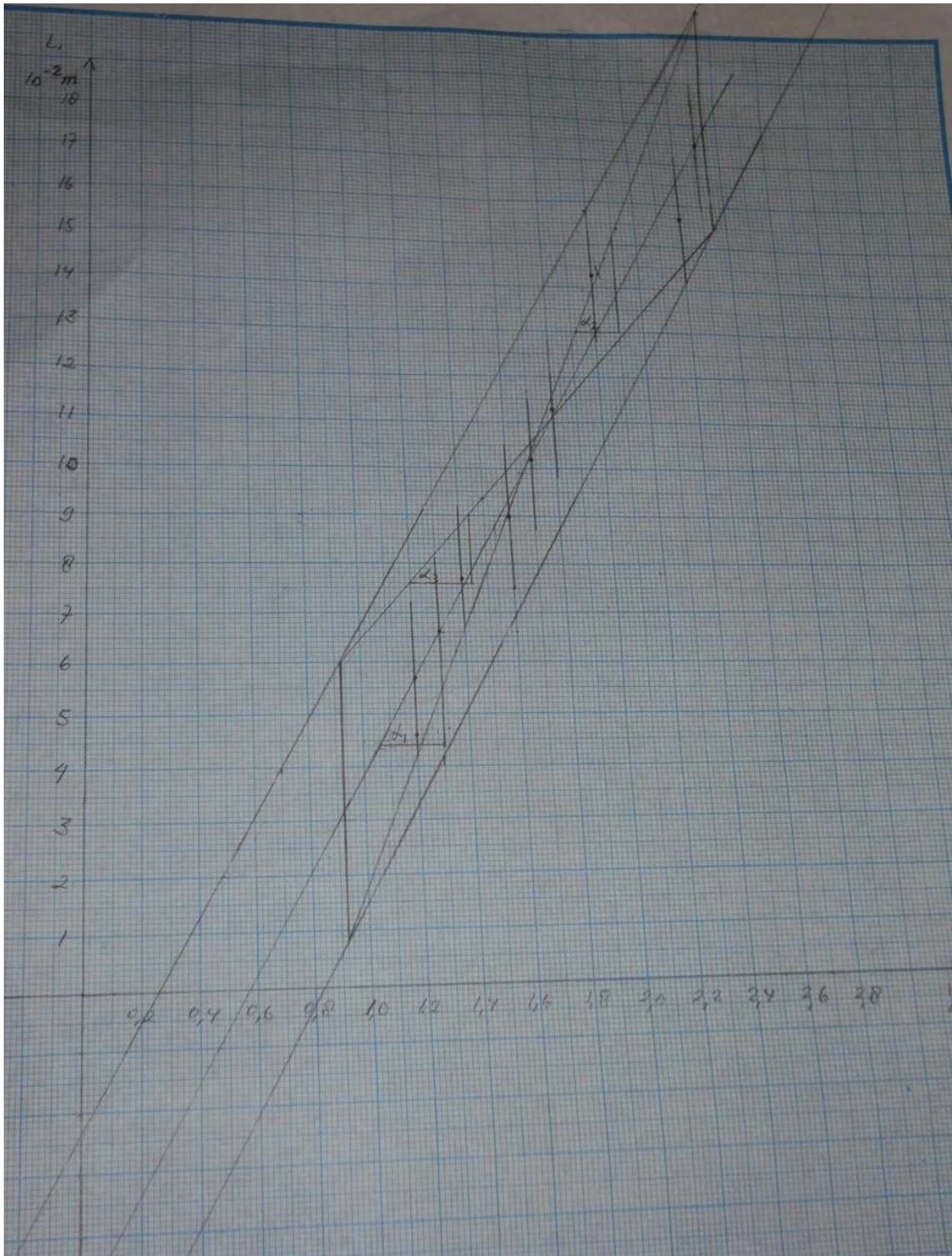
$$v = 379,08 \text{ m/s}$$

Dan $\Delta v = 4 \Delta \tan \alpha$
 $= 4 \times 0,006$
 $= 0,024$

Maka cepat rambat bunyi di udara berdasarkan grafik adalah $379,08 \pm 0,024$ m/s, dengan persentase kesalahan sebesar $\frac{0,024}{379,08} \times 100\% = 0,0063\%$

Dengan faktor koreksinya adalah sebesar $-0,05\text{m} = -5\text{cm}$

Untuk grafik hubungsn l_1 dengan $1/f$



Pegolahan data dari grafik diatas adalah sebagai berikut

$$\tan \alpha_1 = \frac{22 \times 10^{-3}}{2.12 \times 10^{-5}} = 91,7 \text{ m}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{22 \times 10^{-3}}{2 \times 9 \times 10^{-5}} = 122 \text{ m}$$

$$\tan \alpha_3 = \frac{14 \times 10^{-3}}{2.12 \times 10^{-5}} = 58,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Delta \tan \alpha_1 &= |\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2| \\ &= |9,17 - 122| \\ &= 30,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \tan \alpha_2 &= |\tan \alpha_1 - \tan \alpha_3| \\ &= |9,17 - 58,3| \\ &= 33,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \tan \alpha &= \frac{\Delta \tan \alpha_1 + \Delta \tan \alpha_2}{2} \\ &= \frac{30,1 + 33,4}{2} \\ &= 31,85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_1 = \frac{1}{4} \lambda$$

$$V = \lambda f \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

$$L_1 = \frac{1}{4} \frac{v}{f}$$

$$\frac{l_1}{1/f} = \frac{1}{4} v$$

$$V = 4 \tan \alpha$$

$$V = 4(\tan \alpha_1)$$

$$= 4(9,17 \text{ m/s})$$

$$= 366,8 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = 4(\Delta \tan \alpha)$$

$$= 4(31,85 \text{ m/s})$$

$$= 127,4 \text{ m/s}$$

Maka cepat rambat bunyi di udara berdasarkan grafik adalah $(366,8 \pm 127,4) \text{ m/s}$, dengan presisi sebesar $\% = \frac{127,4}{366,6} \times 100\% = 34,8\%$

9. Analisis Data

9.1 Percobaan Pertama

Berdasarkan hasil pengolahan data yang kami lakukan, diperoleh harga cepat rambat bunyi di udara. Kami melakukan pengolahan data dengan dua metoda, yaitu metoda statistik dan metoda grafik.

Berdasarkan metoda statistik, dengan menggunakan frekuensi 700Hz di peroleh

besarnya cepat rambat bunyi di udara, yaitu sebesar

$$v = (v \pm \Delta v) = (316,82 \pm 5,67 \times 10^{-3}) \text{ m/s}$$

Dengan % kesalahan presisi

$$\frac{\Delta v}{v} \times 100\% = \frac{5,67 \times 10^{-3}}{316,82} \times 100\% = 0,0018$$

$$\text{Faktor koreksi ujung tabung: } \Delta l = 4,75 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Pada saat akan melakukan eksperimen kami melakukan cek alat dengan cara menentukan tekanan dan suhu kemudian kami sesuaikan dengan literatur. Pada literatur 340 m/s, kami membuat prediksi bahwa l_1 terletak pada jarak 25 cm, dan l_2 berada pada jarak 75 cm. Ketika kami coba, bunyi nyaring yang terdengar mendekati harga-harga yang diprediksi.

Harga cepat rambat bunyi di udara yang kami dapatkan sedikit menyimpang dari harga cepat rambat bunyi yang terdapat pada literatur (331,3) m/s. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya:

- 1) Adanya perbedaan suhu dan tekanan di ruangan
- 2) Terlalu cepat menaik turunkan corong
- 3) Adanya kesulitan menentukan l_1 dan l_2 (menentukan bunyi yang paling nyaring) karena gangguan dari luar. Terutama saat menentukan letak l_1
- 4) Kurang tepatnya menentukan l_1 dan l_2 karena permukaan air yang tidak tepat diam.
- 5) Adanya perbedaan pendapat tentang letak bunyi nyaring.
- 6) Pembulatan dalam perhitungan
- 7) Kesalahan paralaks

9.2 Percobaan Kedua

Pada percobaan kedua dengan frekuensi yang berubah-ubah, cepat rambat bunyi di dapatkan dengan menggunakan metode grafik,

Dengan metode grafik manual diperoleh cepat rambat bunyi di udara yaitu sebesar

$$(366,8 \pm 127,4) \text{ m/s, dengan presisi sebesar } \% = \frac{127,4}{366,6} \times 100\% = 34,8\%.$$

Dengan metode grafik origin diperoleh cepat rambat bunyi di udara yaitu sebesar (379,08±0,024) m/s dengan % kesalahan akurasi

$$\begin{aligned} & \frac{|\bar{v} - v_{udara}|}{v_{udara}} \times 100\% \\ &= \frac{|379,08 - 331,3|}{331,3} \times 100\% \\ &= 14,42 \% \end{aligned}$$

Dan % presisi kesalahan

$$\frac{\Delta v}{v} \times 100\% = \frac{0,024}{379,08} \times 100\% = 0,06\%$$

Factor koreksi ujung tabung $\Delta L = -0,05 \text{ m} = -5 \text{ cm}$

Besar cepat rambat bunyi di udara yang kami dapatkan dengan menggunakan metode grafik juga menyimpang dari harga cepat rambat bunyi di udara yang ada pada literature (331,3) m/s. hal ini disebabkan oleh beberapa factor, diantaranya:

- 1) Penggambaran grafik, dimana ketebalan dari garis grafik tersebut merupakan factor utama.
- 2) Tidak tepatnya menentukan gradient garis ($\tan\alpha$)
- 3) Perbedaan suhu dan tekanan udara di ruangan, ρ_{air} yang tidak tepat 1 gr/sm^3 .
- 4) Terlalu cepat menaikturunkan corong.
- 5) Pembulatan pada perhitungan
- 6) Kesalahan paralaks

10. Kesimpulan

1. Pada data statistik

$$v = (v \pm \Delta v) = (316,82 \pm 5,67 \times 10^{-3})$$

ketidakpastian 0,0018%

$$\text{factor koreksi ujung tabung } \bar{c} \pm \Delta c = 4,75 \times 10^{-3} \pm 0,8855 \times 10^{-3}$$

2. Pada data grafik

Untuk grafik manual

$$V = (366,8 \pm 127,4) \text{ m/s,}$$

$$\% = \frac{127,4}{366,6} \times 100\% = 34,8\%.$$

Untuk grafik origin.

$$V = (379,08 \pm 0,024) \text{ m/s}$$

ketidakpastian 0,0016%

$$\text{factor koreksi ujung tabung } \Delta L = -0,05 \text{ m} = -5 \text{ cm}$$