Kegiatan Belajar 1

SUMBER BUNYI

Waktu Pengerjaan : 3 Hari



Tujuan Pembelajaran

- Siswa dapat menentukan cepat rambat bunyi.
- Siswa dapat menentukan frekuensi gelombang pada dawai dan pipa organa.
- Siswa dapat menentukan hubungan antar besaran pada Efek Doppler.

Identifikasi Masalah

Apakah kamu pernah menonton pertandingan balap mobil secara langsung ataupun di televisi? Arena balap didominasi suara mesin menderu berasal dari mobil berkecepatan kilat yang sedang mengitari trek balap. Apakah kamu menyadari suara tersebut terdengar lebih tinggi jika mendekat ke arahmu dan terdengar rendah ketika menjauh? Perhatikan video berikut!



Fenomena Bunyi Mobil Balap terhadap Dua Pendengar
Sumber : Bo Manton via Youtube

Perumusan Hipotesis

Setelah menonton video di atas, bagaimana perbandingan bunyi mobil balap saat mendekati dan saat menjauhi kameramen? Bagaimana bunyi mobil balap yang didengar oleh pembalap sendiri di dalam mobil? apa yang menyebabkan perbedaan itu terjadi? Tuliskan hipotesismu!

LIVEWORKSHEETS

A. Cepat Rambat Bunyi

Saat kita bermain telepon kaleng yang dihubungkan dengan benang, kita dapat mendengar suara teman kita walau hanya berbisik. Bagaimana jika temanmu berbisik di udara dengan jarak cukup jauh denganmu? Bisikan temanmu pasti tidak akan terdengar. Dalam hal ini, kaleng dan benang merupakan benda padat yang berfungsi untuk merambatkan bunyi. Bunyi lebih cepat merambat melalui zat padat daripada zat lain seperti gas atau udara. Ini terjadi karena benda padat memiliki partikel yang lebih rapat untuk merambatkan bunyi.



Gambar 1.1 Bermain Telepon Kaleng
Sumber : Ruangguru

Bunyi hanya bisa merambat melalui medium, baik itu berbentuk padat, cair atau gas.

Tabel 1.1 Cepat Rambat Bunyi di Berbagai Medium

Medium	Kecepatan Rambat Bunyi (m/s)
Udara (0°C)	331
Udara (100°C)	386
Air	1490
Air Laut	1530
Alumunium	5100
Besi	5130

Bunyi ditransfer melalui rapatan dan regangan molekul-molekul medium sehingga tekanan dan suhu sangat mempengaruhi cepat rambat bunyi dalam suatu medium. Cepat rambat bunyi bergantung kepada sifat elastisitas material dan massa jenisnya. Kedua besaran ini

LIVEWORKSHEETS

akan mempengaruhi kecepatan perambatan energi getaran pada medium, baik itu pada fase padat, cair ataupun gas. Berikut penjelasan dari masing-masing medium:

1. Zat Padat

Cepat rambat gelombang bunyi pada benda padat cepat rambat bunyi dihitung dengan akar perbandingan modulus elastistas (E) terhadap massa jenis (ρ) bahan tersebut, menggunakan persamaan berikut.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

- v = kecepatan gelombang bunyi dalam batang (m/s)
- E = Modulus Young (N/m^2)
- p = massa jenis zat padat (kg/m^3)

2. Zat Cair

Pada benda cair, cepat rambat bunyi dipengaruhi oleh modulus Bulk (B) dan massa jenis (ρ) benda. Adapaun modulus Bulk benda adalah ukuran elastisitas bahan pada satuan volume.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

- v = kecepatan gelombang bunyi pada zat cair (m/s)
- B = Modulus Bulk (N/m^2)
- p = massa jenis zat cair (N/m^3)

3. Zat Gas

Jika gelombang longitudinal merambat pada medium udara atau gas, molekul-molekul gas akan membentuk pola rapatan dan renggangan. Rapatan dan regangan akan terjadi sangat cepat. sehingga tidak terjadi perpindahan kalor. Pada zat gas terjadi perubahan volume. Cepat rambat gelombang bunyi di udara tidak dipengaruhi oleh tekanan, melainkan dipengaruhi oleh suhu udara. Semakin tinggi suhu, maka semakin besar kelajuan bunyi.

$$v = \sqrt{\gamma\frac{P}{\rho}} = \sqrt{\gamma\frac{RT}{M}}$$

- v = kecepatan gelombang bunyi pada zat gas (m/s)
- γ = konstanta Laplace
- P = tekanan gas (atm)
- p = massa jenis gas (kg/m^3)
- R = tetapan umum gas (8300 J/k mol)
- T = suhu
- M = massa molekul gas (J/k mol)

LIVEWORKSHEETS

B. Resonansi

Pernahkan kamu melihat kaca jendela bergetar saat terjadi halilintar? Mengapa hal itu bisa terjadi? Untuk mengetahui jawabannya, coba perhatikan video berikut!



Resonansi pada Garpu Tala
Sumber : Animated Science via Youtube

Video di atas menunjukkan dua buah garpu tala yang mempunyai frekuensi sama diletakkan pada kotak yang diberi kotak udara. Jika garpu tala A kemudian dipukul dengan alat pemukul dan dibiarkan bergetar beberapa saat kemudian dipegang hingga berhenti bergetar, ternyata garpu tala B yang didekatnya terlihat masih bergetar. Hal tersebut bisa terjadi karena getaran yang dihasilkan oleh garpu tala A merambat di udara dan menggetarkan garpu tala B. Sama halnya pada suara halilintar yang mampu menggetarkan kaca. Peristiwa itu disebut resonansi. Resonansi adalah proses ikut bergetarnya suatu benda karena frekuensi alaminya sama dengan frekuensi dari suatu sumber bunyi.

Resonansi sangat penting di dalam dunia musik. Dawai tidak dapat menghasilkan nada yang nyaring tanpa adanya kotak resonansi. Pada gitar terdapat kotak atau ruang udara tempat udara ikut bergetar apabila senar gitar dipetik. Udara di dalam kotak ini bergerak dengan frekuensi yang sama dengan yang dihasilkan oleh senar gitar. Udara yang mengisi tabung gamelan juga akan ikut bergetar jika lempengan logam pada gamelan tersebut dipukul. Tanpa adanya tabung kolom udara di bawah lempengan logamnya, kita tidak dapat mendengar nyaringnya bunyi gamelan.

LIVEWORKSHEETS

C. Dawai dan Pipa Organa

Apakah kalian suka bermain musik? Tahukah kalian bagaimana cara kerja alat musik? Sumber bunyi musik dapat berupa dawai, pipa organa, kulit maupun logam. Semua sumber ini bekerja berdasarkan perubahan frekuensi dan amplitudo.



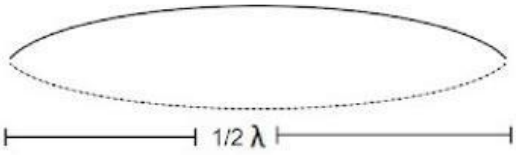
Gambar 1.2 Gitar sebagai Alat Musik Dawai
Sumber : iStock

1. Dawai

Pada saat memetik dawai/senar, akan menghasilkan gelombang stasioner dengan ujung terikat yang merupakan hasil superposisi gelombang. Frekuensi yang dihasilkan akan beresonansi dengan udara di sekitar dan sampai ke telinga kita. Gitar dapat menghasilkan nada-nada yang berbeda dengan menekan bagian tertentu pada senar itu saat dipetik. Nada yang dihasilkan dengan pola paling sederhana disebut nada dasar, kemudian secara berturut-turut pola gelombang yang terbentuk menghasilkan nada atas ke 1, nada atas ke 2, nada atas ke 3 ... dan seterusnya.

a. Nada Dasar

Nada dasar terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1/2 gelombang



Tali dengan panjang L membentuk ½ λ . Persamaan cepat rambat gelombang $v = \lambda \cdot f$, sehingga, untuk menentukan frekuensi, rumusnya menjadi:

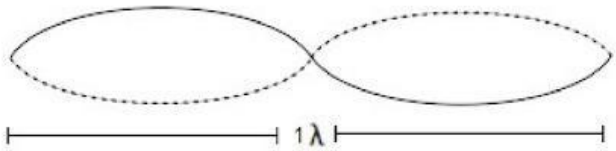
LIVEWORKSHEETS

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

Maka, untuk frekuensi nada dasar, subtitusikan λ = 2L, sehingga

$$f_0 = \frac{v}{2L}$$

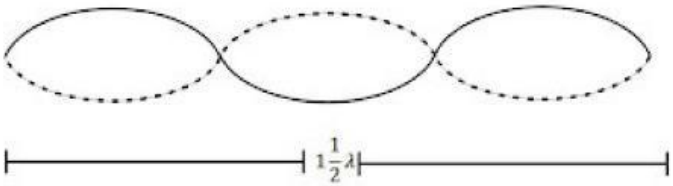
b. Nada Atas Kesatu



Nada atas ke 1 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1 gelombang. Tali dengan panjang L membentuk 1 λ . Frekuensi nada atas ke 1 , subsitusikan λ = L

$$f_1 = \frac{v}{L}$$

c. Nada Atas Kedua



Nada atas ke 2 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1 ½ gelombang. Tali dengan panjang L membentuk 1 ½ λ atau 3/2 λ. Frekuensi nada atas ke 2, subsitusikan λ = 2/3 L

$$f_2 = \frac{3v}{2L}$$

Berdasarkan uraian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n dapat ditentukan dengan rumus

$$f_n = (n+1)\frac{v}{2L}$$

Perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa dawai dengan frekuensi nada dasarnya merupakan bilangan bulat dengan perbandingan

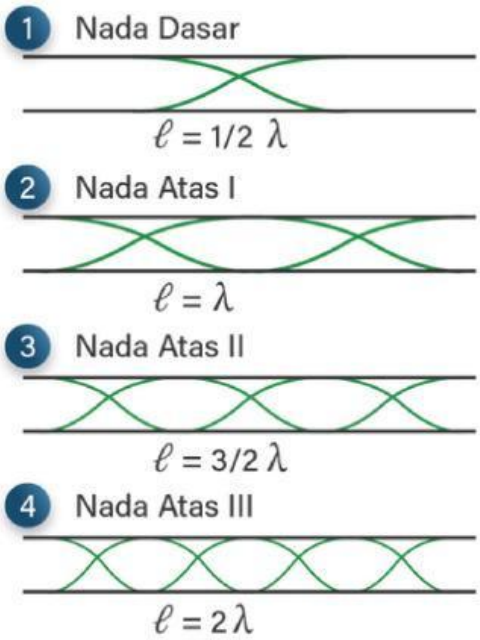
$$\mathbf{f_0 : f_1 : f_2 = 1 : 2 : 3}$$

LIVEWORKSHEETS

2. Pipa Organa

Seruling, terompet dan alat musik tiup lain memanfaatkan kolom udara yang ditiup sehingga udara yang bergetar akan menghasilkan suara yang teratur. Kolom tempat udara bergetar disebut pipa organa. Terdapat dua jenis pipa organa, yaitu pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.

a. Pipa Organa Terbuka



Gambar 1.3 Pola Gelombang Stasioner pada Pipa Organa Terbuka
Sumber: Zenius

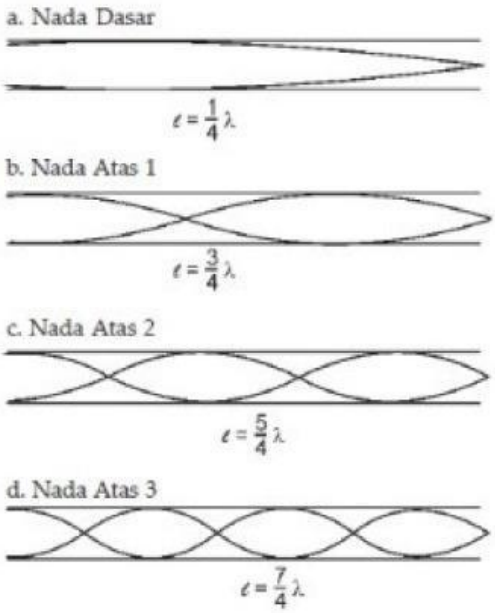
Pipa organa terbuka merupakan sebuah pipa dengan kolom udara tanpa penutup pada kedua ujungnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3. Adapun contoh dari alat musik pipa organa terbuka adalah pianika dan terompet. Frekuensi pada pipa organa terus naik dengan beda 1/2 λ sehingga perbandingannya

$$f_0 : f_1 : f_2 ... = 1 : 2 : 3 : ....$$

Frekuensi nadanya dinyatakan persamaan

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = (n+1)\frac{v}{2L}$$

b. Pipa Organa Tertutup



Gambar 1.4 Pola Gelombang Stasioner pada Pipa Organa Tertutup
Sumber: Zenius

Pada pipa organa tertutup, salah satu ujung dari kolom udara pada pipa berada dalam posisi tertutup. Hubungan panjang gelombang dan panjang kolom, dapat dilihat pada gambar. Perbandingan frekuensinya

$$f_0 : f_1 : f_2 : ... = 1 : 3 : 5 : ...$$

Frekuensi tiap tingkatan dinyatakan dalam persamaan

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = (2n+1)\frac{v}{4L}$$

LIVEWORKSHEETS

Contoh Soal

1. Sebuah pipa mempunyai panjang 100 cm dan pipa tersebut akan difungsikan menjadi pipa organa tertutup. Jika laju bunyi diudara adalah 340 m/s, tentukanlah frekuensi nada dasarnya!

   Jawab :
   L = 100 cm = 1 m
   V = 340 m/s

   Nada dasar ketika difungsikan menjadi pipa organa tertutup adalah

$$f_n = \left(\frac{2n+1}{4L}\right) v \Rightarrow f_o = \left(\frac{2(0)+1}{4(1)}\right)(340)\text{Hz} = 85\text{Hz}$$

   Jadi, frekuensi nada dasar pipa organa tertutup tersebut adalah 85 Hz.

2. Pipa organa terbuka A dan pipa organa tertutup B mempunyai panjang yang sama. Tentukanlah perbandingan frekeunsi nada atas pertama antara pipa organa A dan pipa organa B!

   Jawab:
   $L_A = L_B = L$
   $V_A = V_B = V$
   $n_A = n_B = 1$

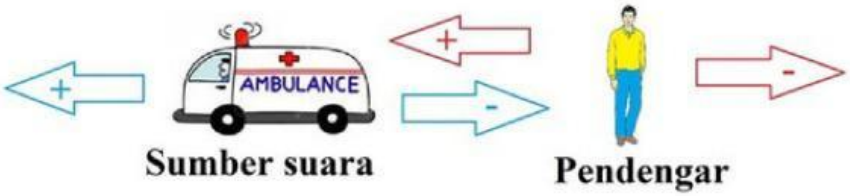
   Perbandingan nada atas pertama antara pipa organa A dan pipa organa B adalah

$$\frac{f_{1A}}{f_{1B}} = \left(\frac{n+1}{2L}\right) v \times \left(\frac{4L}{2n+1}\right)\frac{1}{v} \Rightarrow \frac{f_{1A}}{f_{1B}} = \left(\frac{1+1}{2}\right) \times \left(\frac{4}{2(1)+1}\right) = \frac{4}{3}$$

   Jadi, perbandingan nada atas pertama antara pipa organa A dan pipa organa B adalah 4 : 3

LIVEWORKSHEETS

D. Efek Doppler



Gambar 1.5 Efek Doppler pada Mobil Ambulans dan Pendengar
Sumber:RumusHitung.com

Pernahkah kamu perhatikan ketika ada ambulans datang dari kejauhan bunyi sirinenya sudah terdengar oleh kita? Tahukan kamu bahwa bunyi yang kita dengar berbeda dengan bunyi sirinenya aslinya? Mengapa demikian? Hal ini karena perbedaan frekuensi yang didengar dan yang dihasilkan. Keadaan ini biasa disebut efek Doppler. Apakah itu? Bagaimana pengertian dan rumus efek Doppler? Simak penjelasan berikut!

Efek Doppler ditemukan oleh ilmuwan fisika asal Austria yang bernama Christian Johanm Doppler. Efek Doppler menjelaskan fenomena yang berkaitan dengan pergerakan sumber bunyi terhadap pendengar yang relatif satu sama lain dan menyebabkan frekuensi yang didengar berbeda dari frekuensi yang dihasilkan sumber bunyi. Efek Doppler dirumuskan dengan persamaan berikut:



Gambar 1.6 Christian Doppler
Sumber: Wikipedia

$$fp = \frac{v \pm Vp}{v \pm Vs} fs$$

- Vp = kelajuan pengamat (m/s)
- Vs = kelajuan sumber (m/s)
- fs = frekuensi sumber bunyi (Hz)
- fp = frekuensi yang didengar pengamat (Hz)
- v = cepat rambat bunyi (m/s)

- Vs (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar.
- Vs (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar.
- Vp (+) jika pendengar mendekati sumber bunyi.
- Vp (-) jika pendengar menjauhi sumber bunyi.

LIVEWORKSHEETS