



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

FISIKA



KELAS
XI



GELOMBANG BUNYI DAN CAHAYA

FISIKA KELAS XI

PENYUSUN
ISSI ANISSA, M.Pd
SMAN 1 PROBOLINGGO

DAFTAR ISI

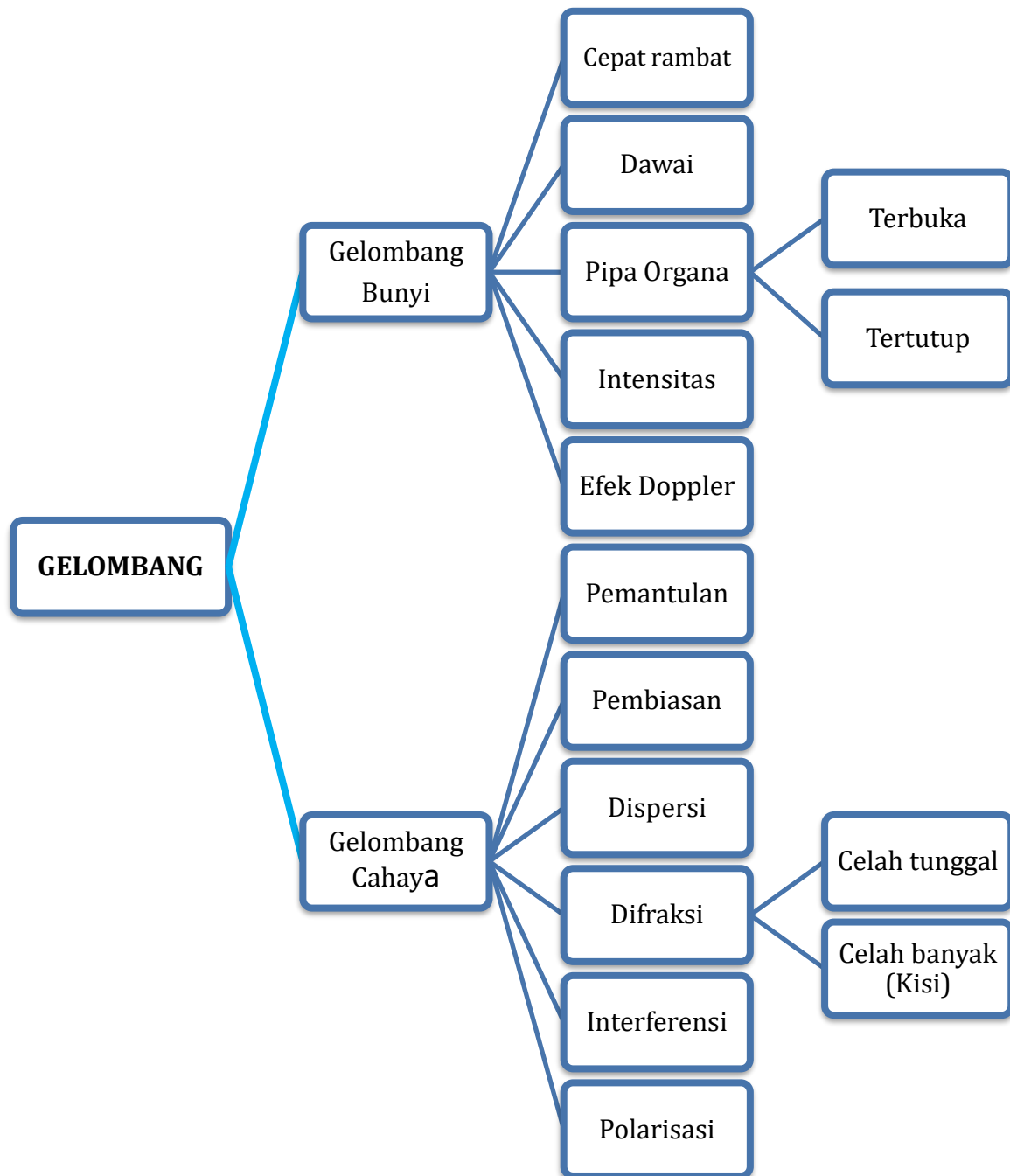
PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	5
PETA KONSEP	6
PENDAHULUAN	7
A. Identitas Modul	7
B. Kompetensi Dasar	7
C. Deskripsi Singkat Materi	7
D. Petunjuk Penggunaan Modul	8
E. Materi Pembelajaran	8
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	9
GELOMBANG BUNYI	9
A. Tujuan Pembelajaran	9
B. Uraian Materi	9
C. Rangkuman	18
D. Penugasan Mandiri	19
E. Latihan Soal	20
F. Penilaian Diri	23
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	25
PEMANTULAN, PEMBIASAN, DAN DISPERSI CAHAYA	25
A. Tujuan Pembelajaran	25
B. Uraian Materi	25
C. Rangkuman	28
D. Penugasan Mandiri	29
E. Latihan Soal	29
F. Penilaian Diri	34
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	35
DIFRAKSI, INTERFERENSI, DAN POLARISASI CAHAYA	35
A. Tujuan Pembelajaran	35
B. Uraian Materi	35
C. Rangkuman	40
D. Penugasan Mandiri	41
E. Latihan Soal	41
F. Penilaian Diri	45

EVALUASI	46
KUNCI JAWABAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51

GLOSARIUM

<i>Gelombang mekanik</i>	: gelombang yang membutuhkan medium dalam perambatannya
<i>Gelombang longitudinal:</i>	gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya
<i>Frekuensi</i>	: Banyaknya getaran dalam tiap sekon
<i>Intensitas</i>	: energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus
<i>Taraf intensitas</i>	: logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran
<i>Efek Doppler</i>	: peristiwa naik atau turunnya frekuensi gelombang bunyi yang terdengar penerima bunyi ketika sumber bunyi bergerak mendekat atau menjauh
<i>Gelombang longitudinal:</i>	Gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya
<i>Refraksi</i>	: perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain karena kerapatan optiknya berbeda
<i>Dispersi</i>	: peristiwa penguraian cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik melalui pembiasan atau pembelokan
<i>Difraksi</i>	: pembelokan cahaya ketika melewati celah sempit
<i>Celah tunggal</i>	: celah yang sangat kecil untuk dilewati cahaya
<i>Kisi</i>	: sebaris celah sempit yang saling berdekatan dalam jumlah banyak.
<i>Interferensi</i>	: paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru ketika memiliki beda fase yang sama
<i>Polarisasi</i>	: peristiwa terserapnya sebagian atau seluruh arah getar gelombang.
<i>Refleksi</i>	: atau pemantulan adalah pembalikan arah cahaya karena mengenai sebuah permukaan benda

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran : Fisika
Kelas : XI
Alokasi Waktu : 3 x 4 JP
Judul Modul : Gelombang Bunyi dan Cahaya

B. Kompetensi Dasar

- 3.10 Menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan cahaya dalam teknologi
4.10 Melakukan percobaan tentang gelombang bunyi dan/atau cahaya, berikut presentasi hasil percobaan dan makna fisisnya misalnya sonometer, dan kisi difraksi

C. Deskripsi Singkat Materi

Salam Cerdas bagi Generasi Muda yang Hebat! Bagaimana kabar Anda hari ini? Semoga selalu sehat, semangat, dan luar biasa. Walau banyak aral yang melintang yakinlah bahwa semua itu akan menjadikan Anda menjadi semakin unggul, dan berprestasi dalam segala hal. Selamat belajar kembali dalam Modul Fisika yang GEMAS (*Gampang, Edukatif, Menyenangkan, dan Asyik*).

Coba Anda ingat kembali ketika terdapat fenomena petir di langit. Biasanya Anda akan sontak menutup telinga sesaat setelah terlihat kilat dari kaca jendela kamar Anda. Anda menutup telinga tentunya karena bunyi halilintar yang akan terdengar setelah kilat terlihat. Mengapa antara kilat dan halilintar tidak bersama-sama sampai ke Bumi? Apa saja perbedaan gelombang bunyi dan gelombang cahaya?



Gambar 1. Petir. Sumber: <https://parade.com/>

Pada modul ini, Anda akan mempelajari tentang karakteristik gelombang bunyi dan gelombang cahaya beserta fenomena-fenomena yang menyertainya. Anda akan tahu lebih jelas perbedaan antara gelombang bunyi dan gelombang cahaya dengan belajar menerapkan sifat-sifat gelombang bunyi dan cahaya dalam teknologi. Pada uraian materi tentang gelombang, Anda akan belajar tentang perambatan bunyi di berbagai medium, sumber bunyi pada dawai dan pipa organa, intensitas bunyi dan taraf intensitas serta fenomena efek doppler yang erat dalam kehidupan sehari-hari. Sifat-sifat gelombang cahaya seperti pemantulan, pembiasan, dispersi, difraksi, interferensi dan polarisasi juga akan Anda pelajari. Harapannya dengan mempelajari materi ini, Anda akan mampu menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam berbagai kegiatan di kehidupan sehari-hari dan tentunya pemanfaatannya dalam berbagai bidang terutama dalam teknologi.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Sebelum mempelajari modul in lebih lanjut, sebaiknya ikuti petunjuk penggunaannya sebagai berikut.

1. Pelajari daftar isi modul dengan cermat dan teliti.
2. Pelajari setiap kegiatan belajar ini dengan membaca berulang-ulang sehingga kalian benar-benar paham dan mengerti
3. Jawablah latihan soal dengan tepat kemudian cocokkan hasil jawaban kalian dengan kunci jawaban yang sudah tersedia
4. Untuk mengembangkan kemampuan berpikir kreatif dan kritis, Anda dapat mengerjakan penugasan mandiri pada kegiatan belajar. Anda dapat memilih salah satu penugasan pada kegiatan belajar
5. Catatlah kesulitan yang kalian temui dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru saat tatap muka. Bacalah referensi lain yang berhubungan dengan materi modul agar pengetahuan Anda bisa bertambah.
6. Kerjakan evaluasi untuk mengetahui sejauh mana ketercapaian materi yang sudah kalian dapatkan.
7. Lakukan penilaian diri di akhir pembelajaran.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi tiga kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Gelombang Bunyi

Kedua : Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya

Ketiga : Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

GELOMBANG BUNYI

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1 ini, Anda diharapkan mampu menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi meliputi cepat rambat bunyi, bunyi pada dawai, pipa organa, intensitas, dan efek doppler. Anda juga diharapkan memiliki kemampuan untuk mempresentasikan penerapan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari dalam bentuk laporan imiah.

B. Uraian Materi

Pernah merasa bingung kenapa saat berbicara di alam terbuka, suara Anda bisa terdengar sampai jauh? Apalagi kalau Anda berada di atas gunung, suara lantang dari penduduk bisa terdengar sampai puncak gunung. Hal tersebut bisa terjadi karena adanya karakteristik dari gelombang bunyi. Penasaran? Ayo, belajar mengenai konsep gelombang bunyi bersama-sama.



Gambar 2. Orang berteriak di puncak gunung
Sumber: <https://travelingyuk.com/>



Gelombang Bunyi adalah gelombang yang merambat melalui medium tertentu. Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik yang digolongkan sebagai gelombang longitudinal. Gelombang bunyi ini menghantarkan bunyi ke telinga manusia. Bunyi/ suara dapat terdengar karena adanya getaran yang menjalar ke telinga pendengar. Lalu bagaimana cara menentukan cepat rambat bunyi? Simak uraian berikut.

1. Cepat Rambat Bunyi

Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang dapat merambat dalam medium padat, cair, dan gas. Cepat rambat bunyi tergantung pada sifat-sifat medium rambat, maka bunyi mempunyai cepat rambat yang dipengaruhi oleh dua faktor yaitu :

- a. Kerapatan partikel medium yang dilalui bunyi. Semakin rapat susunan partikel medium maka semakin cepat bunyi merambat, sehingga bunyi merambat paling cepat pada zat padat.
- b. Suhu medium, semakin panas suhu medium yang dilalui maka semakin cepat bunyi merambat.

Cepat rambat bunyi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V = \lambda \cdot f$$

Keterangan :

v : cepat rambat bunyi

λ : panjang gelombang bunyi

f : frekuensi bunyi

Cepat rambat bunyi tergantung pada mediumnya:

a. Cepat rambat bunyi di dalam medium gas

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{Mr}}$$

v = cepat rambat bunyi (m/s)

 γ = tetapan Laplace

R = tetapan gas umum (J/mol K)

T = suhu mutlak (K)

Mr = massa molekul relatif (kg/mol)

b. Cepat rambat bunyi di dalam medium zat cair

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

v = cepat rambat bunyi (m/s)

B = modulus Bulk (N/m²) ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)

c. Cepat rambat bunyi di dalam medium zat padat

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

v = cepat rambat bunyi (m/s)

B = modulus Young (N/m²) ρ = massa jenis zat padat (kg/m³)**Contoh Soal**

Tentukan kecepatan perambatan gelombang bunyi di dalam air, jika diketahui modulus Bulk air $2,25 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$ dan massa jenis air 10^3 kgm^{-3} . Tentukan pula panjang gelombangnya, jika frekuensinya 1 kHz.

Penyelesaian:

Diketahui $B = 2,25 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$; $\rho = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$; $f = 10^3 \text{ Hz}$

Kecepatan perambatan bunyi

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

$$v = \sqrt{\frac{2,25 \times 10^9}{10^3}} = 1500$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{1000}$$

$$\lambda = 1,5 \text{ m}$$

2. Dawai

Ketika Anda memainkan gitar di bagian depan (dekat leher gitar), pasti bunyinya nyaring. Itu artinya, semakin pendek jaraknya, frekuensinya semakin tinggi (berbanding terbalik). Begitu pula dengan massa jenis, dan luas permukaan senarnya. Yang dimaksud dengan luas permukaan senar di sini penampang dari senar / dawai dan tentu kecil sekali kan penampangnya? Artinya, semakin kecil luas permukaannya maka frekuensinya besar. Adapun variabel yang berbanding lurus terhadap frekuensi adalah gaya.



Gambar 3. Orang bermain gitar
Sumber. zonabanten.pikiran-rakyat.com/

Coba Anda kamu memetik gitar dengan lebih kencang, pasti suaranya lebih nyaring. Bandingkan dengan petikan yang lembut dan pelan, pasti bunyi yang keluar akan lebih rendah.

Gitar merupakan alat musik yang menggunakan dawai sebagai sumber bunyinya. Gitar dapat menghasilkan nada-nada yang berbeda dengan jalan 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. Baca dengan baik uraian tentang nada-nada pada dawai.

Nada Dasar

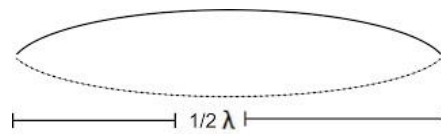
Nada Dasar terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $1/2$ gelombang seperti pada gambar.

Tali dengan panjang L membentuk $\frac{1}{2} \lambda$

Sehingga : $L = \frac{1}{2} \lambda$ maka $\lambda = 2L$

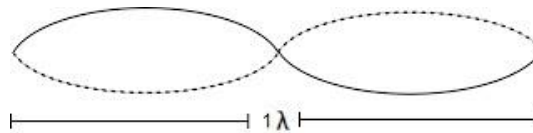
Maka frekuensi nada dasar adalah,

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



Gambar 4. Nada dasar dawai

Nada Atas ke 1



Gambar 5. Nada atas ke 1 dawai

Nada atas ke 1 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1 gelombang.

Tali dengan panjang L membentuk 1λ .

$L = 1 \lambda$ maka $\lambda = L$

Frekuensi nada atas ke 1 adalah,

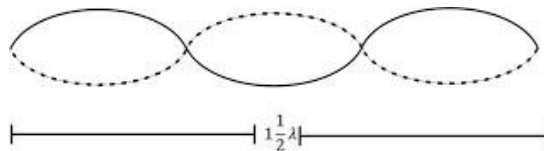
$$f_1 = \frac{2v}{2L} = \frac{v}{L}$$

Nada Atas ke 2

Nada atas ke 2 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $1 \frac{1}{2}$ gelombang.

Tali dengan panjang L membentuk $1 \frac{1}{2} \lambda$ atau $\frac{3}{2} \lambda$

$L = \frac{3}{2} \lambda$ maka $\lambda = \frac{2}{3} L$



Gambar 6. Nada atas ke 1 dawai

Frekuensi nada atas ke 2 adalah,

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

Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n

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

Frekuensi-frekuensi dan seterusnya disebut frekuensi alami atau frekuensi resonansi.

$$f_0 = \frac{v}{2L}, f_1 = 2 \left(\frac{v}{2L} \right), f_2 = 3 \left(\frac{v}{2L} \right)$$

Perbandingan frekuensi-frekuensi di atas, yaitu

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

3. Pipa Organa

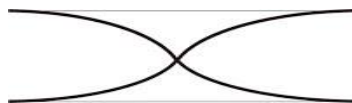
Adapun sumber bunyi yang menggunakan kolom udara sebagai sumber getarnya disebut juga pipa organa contohnya pada seruling, terompet, atau piano. Pipa organa dibagi menjadi pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.



Gambar 7. Seruling dan terompet contoh pipa organa

a. Pipa organa terbuka

Nada dasar



Gambar 8. Nada dasar pipa organa terbuka

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $\frac{1}{2}$ gelombang, maka nada yang dihasilkannya disebut nada dasar

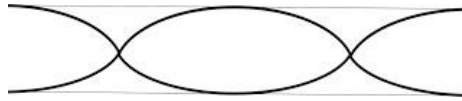
$$L = \frac{1}{2} \lambda \text{ maka } \lambda = 2L$$

sehingga persamaan frekuensi nada dasar untuk pipa organa terbuka

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

Nada atas ke 1

Jika sepanjang pipa organa terbentuk 1 gelombang , maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas ke 1



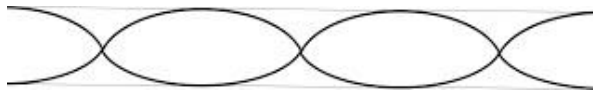
Gambar 9. Nada atas 1 pipa organa terbuka

Pipa organa dengan panjang L , dimana $L = 1 \lambda$ maka $\lambda = L$
Frekuensi nada atas ke 1 adalah

$$f_1 = \frac{2v}{2L} = \frac{v}{L}$$

Nada atas ke 2

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $3/2$ gelombang , maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas ke 2.



Gambar 10. Nada atas ke 2 pipa organa terbuka

Pipa organa dengan panjang L , dimana $L = 3/2 \lambda$ maka $\lambda = 2/3 L$
Persamaan nada atas ke 2 yaitu

$$f_1 = \frac{3v}{2L}$$

Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n pada pipa organa terbuka dapat ditentukan dengan rumus

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

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

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

b. Pipa organa tertutup

Nada dasar

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $1/4$ gelombang, maka nada yang dihasilkannya disebut nada dasar



Gambar 11. Nada dasar pipa organa tertutup

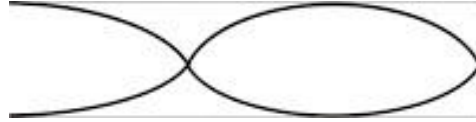
$$L = \frac{1}{4} \lambda \text{ maka } \lambda = 4L$$

Persamaan pipa organa tertutup untuk nada dasar adalah

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

Nada atas ke 1

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $3/4$ gelombang, maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas ke 1



Gambar 12. Nada atas ke 1 pipa organa tertutup

$$L = \frac{3}{4} \lambda \quad \text{maka } \lambda = \frac{4}{3}L$$

Persamaan pipa organa tertutup untuk nada atas ke 1 adalah

$$f_o = \frac{3v}{4L}$$

Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n pada pipa organa tertutup dapat ditentukan dengan rumus :

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

Perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa pipa organa tertutup dengan frekuensi nada dasarnya

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

Contoh Soal

Sebuah pipa organa yang terbuka kedua ujungnya memiliki nada dasar dengan frekuensi sebesar 300 Hz. Tentukan besar frekuensi dari :

- Nada atas pertama
- Nada atas kedua
- Nada atas ketiga

Pembahasan

Perbandingan nada-nada pada pipa organa terbuka memenuhi:
dengan:

f_o adalah frekuensi nada dasar

f_1 adalah frekuensi nada atas pertama

f_2 adalah frtekuensi nada atas kedua
dan seterusnya.

- Nada atas pertama (f_1)

$$f_1 / f_o = 2/1$$

$$f_1 = 2 \times f_o = 2 \times 300 \text{ Hz} = 600 \text{ Hz}$$

b) Nada atas kedua (f_2)

$$f_2 / f_0 = 3 / 1$$

$$f_2 = 3 \times f_0 = 3 \times 300 = 900 \text{ Hz}$$

c) Nada atas ketiga (f_3)

$$f_3 / f_0 = 4 / 1$$

$$f_3 = 4 \times f_0 = 3 \times 300 = 1200 \text{ Hz}$$

4. Intensitas dan Taraf Intensitas

Ketika bel tanda masuk sekolah berdering, pernahkah Anda tidak mendengarnya dengan jelas? Kira-kira kenapa hal itu bisa terjadi? Anda sudah pasti bisa menduga bahwa Anda tidak bisa mendengar dengan jelas karena posisi Anda yang agak jauh dari bel sebagai sumber bunyinya. Sebaliknya jika Anda berada dekat dengan sumber bunyi, tentu terdengar dengan jelas bahkan kadang sampai memekakkan telinga. Inilah yang dinamakan dnegan Intensitas Bunyi.

a. Intensitas Bunyi

Intensitas adalah besaran untuk mengukur kenyaringan bunyi. Intensitas bunyi yaitu energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus.

Rumus intensitas bunyi di suatu titik oleh beberapa sumber bunyi

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Keterangan :

I : Intensitas bunyi (W/m^2)

P : Energi tiap waktu atau daya (W)

A : Luas (m^2)

Dapat diketahui intensitas gelombang bunyi pada suatu titik berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya dari sumber bunyi, maka perbandingan intensitas bunyi di dua tempat yang berbeda jaraknya terhadap satu sumber bunyi adalah :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Ternyata kuat bunyi yang terdengar oleh telinga tidak berbanding lurus dengan besarnya intensitas bunyi. Misalnya, jika intensitas awal 10^{-5} Wm^{-2} dan dinaikkan menjadi $2 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$, ternyata telinga kita tidak mendengar bunyi dua kali lebih kuat, bahkan telinga merasa mendengar bunyi yang hampir sama kuatnya. Oleh karena jangkauan intensitas bunyi yang dapat didengar manusia sangat besar maka dibuatlah suatu besaran yang menyatakan intensitas dalam bilangan yang lebih kecil. Besaran ini dinamakan taraf intensitas bunyi disingkat TI.

b. Taraf Intensitas Bunyi

Yang dimaksud dengan taraf intensitas bunyi adalah *logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran*.

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

keterangan:

TI = taraf intensitas bunyi (dB decibel)

I = intensitas bunyi (watt/m^2)

I_0 = intensitas ambang pendengaran

($I_0 = 10^{-12} \text{ Watt/m}^2$)

Jika terdapat beberapa sumber bunyi yang identik maka taraf intensitasnya menjadi :

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

keterangan:

n = jumlah sumber bunyi

Contoh Soal

1. Intensitas gelombang bunyi pada jarak 5 m dari sumber bunyi adalah 2×10^{-4} watt/m². Pada jarak 10 m dari sumber bunyi intensitasnya adalah ...

Pembahasan :

$$\begin{aligned} \frac{I_1}{I_2} &= \frac{r_2^2}{r_1^2} \\ \frac{2 \cdot 10^{-4}}{I_2} &= \frac{10^2}{5^2} \\ I_2 &= 0,5 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

2. Sebuah sumber gelombang bunyi dengan daya 50 W memancarkan gelombang ke medium sekelilingnya yang homogen. Intensitas radiasi gelombang tersebut pada jarak 10

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{50}{4\pi \cdot 100} = 0,125 \pi \text{ m dari sumber adalah ...}$$

5. Efek Dopler

Perhatikan gambar kereta api di atas. Analogikan kecepatan kereta identik dengan kecepatan rambat gelombang. Panjang gerbong kereta api sekitar 12,5 meter. Jika kereta bergerak dengan kecepatan 72 km/jam = 20 m/s maka kita dapat identikkan dengan gelombang sebagai berikut :

$$\lambda = 12,5 \text{ m}$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

Maka frekuensi gelombang adalah

$$f = v \cdot \lambda = 20 \cdot 12,5 = 1,6 \text{ Hz.}$$

Atau periode gelombang adalah

$$T = 1/f = 0,625 \text{ s.}$$

Ini artinya, tiap gerbong akan melewati kita yang sedang berdiri setiap 0,625 detik.



Gambar 13. Analogi kereta sebagai gelombang
Sumber : <http://profmikra.org/?p=298>

Sekarang, bagaimana jika berjalan ke arah datangnya kereta? Kalau ini dilakukan maka Anda akan melihat datangnya gerbong lebih cepat. Gerbong berikutnya akan mencapai kita lebih cepat daripada kalau kita berdiri. Ini berarti periode tibanya gerbong yang kita ukur lebih kecil atau frekuensi yang kita ukur lebih besar.

Sebaliknya, pada saat bersamaan kita bergerak searah gerak kereta, maka gerbong berikutnya akan mencapai kita lebih lambat. Periode tibanya gerbong yang kita deteksi menjadi lebih panjang. Atau frekuensi yang kita ukur menjadi lebih kecil. Jadi frekuensi tibanya gerbong yang kita ukur sangat bergantung pada keadaan kita. Diam, bergerak ke arah datangnya kereta, atau bergerak searah gerak kereta akan menghasilkan catatan frekuensi yang berbeda. Hal serupa bergantung pada gelombang. Dan fenomena ini dinamakah efek Doppler.

Efek Doppler adalah peristiwa naik atau turunnya frekuensi gelombang bunyi yang terdengar penerima bunyi ketika sumber bunyi bergerak mendekat atau menjauh. Contoh efek Doppler dapat dilihat pada gambar dibawah. Pada saat sumber suara diam, kedua penerima mendengar besar frekuensi yang sama. Saat sumber suara bergerak, salah satu penerima mendengar frekuensi yang lebih besar dari sebelumnya dan penerima lain mendengar frekuensi yang lebih kecil dari sebelumnya. Persamaan Efek Doppler adalah :

$$f_p = \frac{V \pm V_p}{V \pm V_s} \cdot f_s$$

Keterangan :

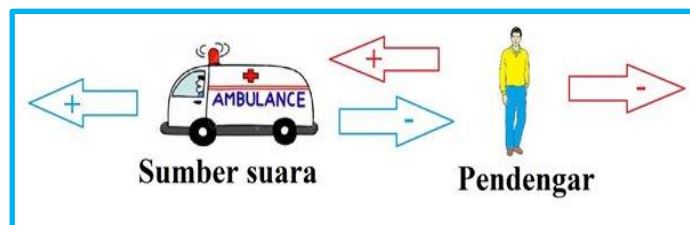
f_p = frekuensi pendengar (Hz)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v_p = kecepatan pendengar (m/s)

v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

v = cepat rambat udara (340 m/s)



Gambar 14. Tanda untuk Efek Doppler

Dalam rumus efek Doppler ada beberapa perjanjian tanda
 v_s bernilai positif (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar.
 v_s bernilai negatif (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar.
 v_p bernilai positif (+) jika pendengar mendekati sumber bunyi.
 v_p bernilai negatif (-) jika pendengar menjauhi sumber bunyi.

Contoh Soal

Setelah kamu mengetahui rumus efek Doppler di atas, sekarang kita kerjakan contoh soal ini *yuk!*

1. Sebuah kereta api bergerak dengan kecepatan 72 km/jam mendekati stasiun sambil membunyikan peluit yang berfrekuensi 940 Hz. Kecepatan bunyi di udara 340 m/s. Bunyi yang didengar oleh orang yang berada di stasiun berfrekuensi...

Diketahui:

$v_s = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$ (sumber bunyi mendekati pendengar (-))

$v_p = 0 \text{ m/s}$ (pendengar diam)

$f_s = 940 \text{ Hz}$

$v = 340 \text{ m/s}$

Ditanya: f_p ?

Jawab:

$$f_p = \frac{V + V_p}{V - V_s} f_s$$

$$f_p = \frac{340}{320} 940$$

$$f_p = 988,75$$

2. Sumber bunyi memancarkan bunyi dengan frekuensi 500 Hz saling mendekat dengan pendengar. Kecepatan sumber bunyi 40 m/s dan kecepatan pendengar 50 m/s. Jika

kecepatan bunyi di udara adalah 340 m/s, frekuensi bunyi yang didengar oleh pendengar adalah...

Diketahui:

$$f_s = 500 \text{ Hz}$$

$$v_s = 40 \text{ m/s (sumber bunyi mendekati pendengar (-))}$$

$$v_p = 50 \text{ m/s (pendengar mendekati sumber bunyi (+))}$$

$$v = 340 \text{ m/s}$$

Ditanya: f_p ?

Jawab:

$$\frac{v + v_p}{v - v_s} f_s = f_p$$

$$\frac{390}{340 - 40} 500 = f_p$$

$$\frac{390}{300} 500 = 650 \text{ H}$$

C. Rangkuman

1. Gelombang Bunyi adalah gelombang mekanik yang merambat melalui medium tertentu dengan arah sejajar dengan arah rambatannya.
2. Cepat rambat bunyi tergantung pada mediumnya :
medium gas

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{Mr}}$$

v = cepat rambat bunyi (m/s)

γ = tetapan Laplace

R = tetapan gas umum (J/mol K)

T = suhu mutlak (K)

Mr = massa molekul relatif (kg/mol)

medium zat cair

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

v = cepat rambat bunyi (m/s)

B = modulus Bulk (N/m²)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)

medium zat padat

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

v = cepat rambat bunyi (m/s)

B = modulus Young (N/m²)

ρ = massa jenis zat padat (kg/m³)

3. Frekuensi nada atas ke n pada dawai dapat ditentukan dengan persamaan :

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

4. Pada pipa organa terbuka, untuk menentukan frekuensi nada atas ke n dapat ditentukan dengan persamaan

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

5. Frekuensi nada atas ke n pada pipa organa tertutup dapat ditentukan dengan persamaan :

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

6. Intensitas adalah besaran untuk mengukur kenyaringan bunyi. Intensitas bunyi yaitu energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus.

$$I = \frac{p}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

7. Taraf intensitas bunyi adalah logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran.

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

keterangan:

TI = taraf intensitas bunyi (dB decibel)

I = intensitas bunyi (watt/m²)

I₀ = intensitas ambang pendengaran

(I₀ = 10⁻¹² Watt/m²)

Jika terdapat beberapa sumber bunyi yang identik maka taraf intensitasnya menjadi :

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

keterangan:

n = jumlah sumber bunyi

8. Efek Doppler adalah peristiwa naik atau turunnya frekuensi gelombang bunyi yang terdengar penerima bunyi ketika sumber bunyi bergerak mendekat atau menjauh.

$$f_p = \frac{V \pm V_p}{V \pm V_s} \cdot f_s$$

Keterangan :

f_p = frekuensi pendengar (Hz)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v_p = kecepatan pendengar (m/s)

v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

v = cepat rambat udara (340 m/s)

D. Penugasan Mandiri



MARI BEREKSPLORASI!

Setelah mempelajari gelombang bunyi, buatlah sebuah laporan yang mengkaji penerapan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari. Anda bisa mengkaji minimal lima kegiatan atau 5 benda yang prinsip kerjanya menerapkan gelombang bunyi. Lengkapilah dengan gambar apabila Anda memang mendokumentasinya sendiri. Jika mengkaji dari literatur maka Anda harus menyertakan sumbernya. Laporkan hasil eksplorasi Anda dengan membuat tabel pengamatan seperti berikut. Anda bisa mengerjakan dengan format lain namun tetap memuat komponen sesuai dengan tabel. Selamat Bereksplorasi.

Tabel Pengamatan

No	Nama Benda	Prinsip Kerja	Gambar/Foto	Komponen benda penerapan gel bunyi	Alasan

E. Latihan Soal

Cobalah menguji kemampuan Anda dengan menyelesaikan latihan soal pada kegiatan belajar 1 tanpa melihat terlebih dahulu pembahasan. Berikutnya, cocokkan hasil jawaban Anda dengan kunci jawaban dan pembahasan yang tersedia. Pahami langkah-langkahnya untuk memudahkan Anda memahaminya dan mampu menerapkan pada variasi soal yang lain.

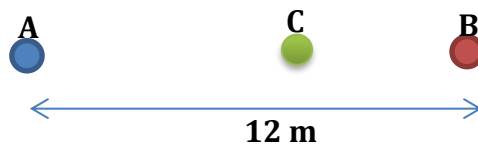
**Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!**

- Dua batang logam A dan B masing-masing memiliki besar modulus Young $0,2 \times 10^{11}$ Pa dan 4×10^{11} Pa. apabila perbandingan antara massa jenis logam A dan B adalah 20 : 1, perbandingan cepat rambat bunyi pada logam A dan B adalah ,,,,
 - 1 : 2
 - 1 : 4
 - 1 : 10
 - 1 : 20
 - 1 : 40
- Frekuensi bunyi dari suatu sumber bunyi oleh seorang pengamat akan terdengar.....
 - Bertambah, jika sumber bunyi dan pengamat bergerak searah dengan pengamat di depan dan kelajuan sumber bunyi lebih besar daripada kelajuan pengamat
 - Bertambah, jika sumber bunyi diam dan pengamat mendekati sumber bunyi
 - Berkurang, jika pengamat diam dan sumber bunyi diam menjauhi pengamat
 - Tetap, jika sumber bunyi dan pengamat diam tetapi medium bergerak relative menuju pengamat
 - Semua jawaban benar
- Pipa organa terbuka yang panjangnya 25 cm menghasilkan frekuensi nada dasar sama dengan frekuensi yang dihasilkan oleh dawai yang panjangnya 150 cm. jika cepat rambat bunyi di udara 340 m/s dan cepat rambat gelombang transversal pada dawai 510 m/s, mak dawai menghasilkan
 - Nada dasar
 - Nada atas pertama
 - Nada atas kedua
 - Nada atas ketiga

E. Nada atas keempat

4. Pipa organa menghasilkan resonansi berturut-turut dengan frekuensi 48 Hz, 800 Hz dan 1120 Hz. Nada dasar pipa organa tersebut adalah
- A. 80 Hz
- B. 160 Hz
- C. 180 Hz
- D. 240 Hz
- E. 360 Hz
5. Pada pipa organa terbuka nada atas kedua dihasilkan panjang gelombang sebesar x dan pada pipa organa tertutup nada atas kedua dihasilkan panjang gelombang sebesar y . bila kedua pipa panjangnya sama, maka $y/x = \dots$
- A. 2 : 1
- B. 3 : 4
- C. 4 : 3
- D. 5 : 6
- E. 6 : 5
6. Kereta bergerak dengan kelajuan 72 km/jam menuju stasiun sambil membunyikan pluitnya. Bunyi pluit kereta api tersebut terdengar oleh kepala stasiun dengan frekuensi 720 Hz. Kelajuan suara di udara 340 m/s, frekuensi peluit kereta api tersebut adalah
- A. 640 Hz
- B. 680 Hz
- C. 700 Hz
- D. 720 Hz
- E. 760 Hz
7. Sebuah mobil ambulans bergerak dengan kelajuan 30 m/s sambil membunyikan sirine yang menghasilkan fekuensi 900 Hz. Perbedaan frekuensi yang terdengar oleh seseorang yang diam di pinggir jalan ketika mobil ambulans mendekati dan menjauhinya jika cepat rambat bunyi di udara saat itu 340 m/s adalah sekitar
- A. 30 Hz
- B. 60 Hz
- C. 95 Hz
- D. 135 Hz
- E. 180 Hz

8. Perhatikan gambar berikut.



A dan B merupakan sumber bunyi yang memancar ke segala arah. Energy bunyi yang dipancarkan A dan B masing-masing 1,2 W dan 0,3 W. agar intensitas bunyi yang diterima C dari A dan B sama besarnya, maka C terletak.....

- A. 10 m dari A dan 2 m dari B
B. 9 m dari A dan 3 m dari B
C. 8 m dari A dan 4 m dari B
D. 7 m dari A dan 5 m dari B
E. 1 m dari A dan 11 m dari B

Pembahasan Soal Latihan

1. D

Gunakan persamaan :

$$v_A : v_B = \sqrt{\frac{E_A}{\rho_A}} : \sqrt{\frac{E_B}{\rho_B}}$$

$$v_A : v_B = \sqrt{\frac{0,2}{20}} : \sqrt{\frac{4}{1}}$$

$$v_A : v_B = 0,1 : 2$$

$$v_A : v_B = 1 : 20$$

2. E

$$v_s = - ; v_p = -$$

 $s \rightarrow p \rightarrow ; v_s > v_p$ maka $f_p > f_s$ (bertambah)

Pilihan jawaban b

$$v_s = 0 ; v_p = +$$

 $s \leftarrow p ;$ maka $f_p > f_s$ (bertambah)

Pilihan jawaban c

$$v_s = + ; v_p = 0$$

 $p \cdot s \rightarrow ;$ maka $f_p < f_s$ (berkurang)

Pilihan jawaban d

$$v_s = 0 ; v_p = 0$$

 $s \cdot p ;$ maka $f_p > f_s$ (tetap)

Pilihan jawaban e : semua jawaban benar

3. D

 $f_o \text{ pipa organa terbuka} = f_o \text{ dawai}$

$$\frac{v}{2l} = \frac{n+1}{2l} xv$$

$$\frac{340}{2 \times \frac{1}{4}} = \frac{n+1}{2 \times 1,5} 510$$

$$680 = \frac{(n+1) \times 510}{3} \rightarrow n = 3$$

4. B.

Perbandingan frekuensi di atas:

$$f_n : f_{n+1} : f_{n+2} : 480 : 800 : 1120 \rightarrow 3 : 5 : 7$$

Ini menunjukkan perbandingan frekuensi untuk pipa organa tertutup untuk

$$f_1 : f_2 : f_3 = 3 : 5 : 7 \text{ dan } f_0 : f_1 = 1 : 3, \text{ maka } f_0 = \frac{f_1}{3} = \frac{480}{3} = 160 \text{ Hz}$$

5. E

Hubungan panjang pipa dengan panjang gelombang untuk pipa organa terbuka

$$\text{adalah } l = \frac{1}{2}\lambda_0, \lambda_1, \frac{3}{2}\lambda_2, \dots$$

Untuk nada atas kedua berlaku :

$$l = \frac{3}{2}\lambda_2 \text{ atau } \lambda_2 = \frac{2}{3}l \rightarrow x = \frac{3}{2}l$$

Hubungan panjang pipa dengan panjang gelombang untuk pipa organa tertutup

$$\text{adalah } l' = \frac{1}{4}\lambda_0, \frac{3}{4}\lambda_1, \frac{5}{4}\lambda_2, \dots$$

Untuk nada atas kedua berlaku :

$$l' = \frac{5}{4} \lambda_2 \text{ atau } \lambda_2 = \frac{4}{5} l' \rightarrow y = \frac{4}{5} l'$$

Karena panjang kedua pipa sama ($l=l'$) maka perbandingan panjang gelombang adalah 6/5

6. B.

$$v_s = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$$

sumber mendekati pendengar, $v_s = -20 \text{ m/s}$, maka

$$f_s = \frac{v - v_s}{v} \times f_p = \frac{340 - 20}{340} \times 720 = 677,7 \text{ Hz}$$

7. E.

sumber bunyi mendekati pengamat

$$v_p = 0, v_s = +30 \text{ m/s}$$

$$f_{p1} = \frac{340 + 0}{340 - 30} \times 900 = 987 \text{ Hz}$$

sumber bunyi menjauhi pengamat

$$f_{p1} = \frac{340 + 0}{340 + 30} \times 900 = 827 \text{ Hz}$$

Maka, perbedaan frekuensi yang didengar = $987 - 827 = 160 \text{ Hz}$

8. C

misalkan jarak C dari A adalah r_A sehingga jarak C dari B adalah $r_B = (12 - r_A) \text{ m}$.
agar di C intensitas bunyi dari A sama dengan intensitas bunyi dari B, maka :

$$\frac{I_A}{P_A} = \frac{I_B}{P_B}$$

$$\frac{r_A^2}{r_B^2} = \frac{P_B}{P_A}$$

$$\frac{1,2}{r_A^2} = \frac{0,3}{(12 - r_A)^2}$$

$$\frac{4}{r_A^2} = \frac{1}{(12 - r_A)^2} \rightarrow r_A = 8 \text{ m}$$

$$r_B = 12 - 8 = 4 \text{ cm}$$

F. Penilaian Diri

Bagaimana Kemampuan Anda sekarang?

Mari cek kemampuan diri Anda dengan mengisi tabel berikut! Berilah tanda (√) pada kolom yang sesuai dengan Anda!

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1.	Saya dapat memahami konsep cepat rambat bunyi pada berbagai medium		
2.	Saya dapat menerapkan prinsip bunyi pada dawai		
3.	Saya dapat menerapkan prinsip bunyi pada pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup		
4.	Saya dapat memahami tentang intensitas bunti dan taraf intensitas		
5	Saya dapat memahami Efek Doppler		
6	Saya dapat mempresentasikan penerapan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari dalam bentuk laporan ilmiah		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PEMANTULAN, PEMBIASAN, DAN DISPERSI CAHAYA

A. Tujuan Pembelajaran



Setelah Anda telah mempelajari kegiatan belajar 1, berikutnya pelajarilah kegiatan belajar 2. Diharapkan setelah mempelajari kegiatan belajar 2 ini, Anda dapat menerapkan konsep dan prinsip gelombang cahaya yang meliputi pemantulan, pembiasan, dan dispersi cahaya. Anda juga diharapkan mampu melakukan percobaan pemantulan cahaya secara mandiri.

B. Uraian Materi

Setiap hari kita merasakan pengaruh Matahari yang menyinari Bumi. Siang hari tampak terang tidak seperti malam hari, pakaian basah menjadi kering, dan terasa panas menyengat ketika kita berjalan di siang hari. Hal ini dikarenakan radiasi cahaya matahari dapat mencapai permukaan bumi. Cahaya merupakan salah satu bentuk energi yang dapat kita lihat dan kita rasakan pengaruhnya. Cahaya termasuk gelombang karena memiliki sifat-sifat yang sama dengan gelombang. Termasuk gelombang apakah cahaya itu? Mengapa demikian?

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik karena bisa merambat tanpa memerlukan medium perantara. Cahaya juga merupakan gelombang transversal yang arah rambatannya tegak lurus dengan arah getarnya. Pada kegiatan belajar dua ini, Anda akan belajar tentang sifat-sifat gelombang cahaya meliputi pemantulan, pembiasan dan dispersi cahaya. Silahkan Anda pelajari uraian materi tentang sifat-sifat gelombang cahaya berikut ini.

1. Pemantulan

Pasti Anda pernah bercermin kan? Bayangan Anda dan bayangan di cermin pasti sama persis, mulai dari tinggi hingga jaraknya. Bayangan pada cermin tersebut adalah contoh dari peristiwa pemantulan cahaya. Apa itu peristiwa pemantulan cahaya? Simak, penjelasannya dengan seksama.

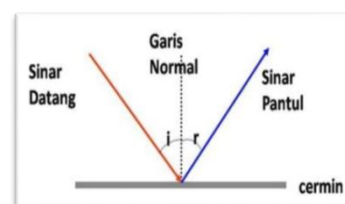


Gambar 15. bercermin

Pemantulan cahaya adalah pembalikan arah cahaya karena mengenai sebuah permukaan. Pemantulan cahaya dapat terjadi pada permukaan yang mengkilap, salah satu contohnya adalah cermin.

Hukum pemantulan cahaya yang dikemukakan oleh Snellius (1591 - 1626). Bunyi hukum pemantulan cahaya sebagai berikut:

- a. Sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada suatu bidang datar.
- b. Besar sudut datang sama dengan besar sudut pantul.



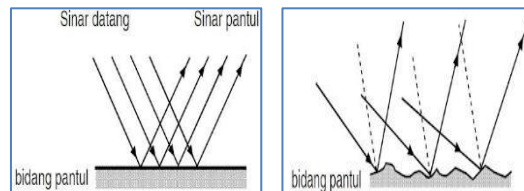
Gambar 16. Hukum pemantulan cahaya

Jenis-jenis PemantulanPemantulan Teratur

Berkas sinar-sinar sejajar dipantulkan sejajar juga banyak sinar pantul yang mengenai mata pengamat sehingga benda tampak bersinar terang terjadi pada benda-benda yang permukaannya halus (rata) seperti kaca, baja, dan aluminium.

Pemantulan baur (difus)

Berkas sinar-sinar sejajar dipantulkan ke segala arah hanya sedikit sinar pantul yang mengenai mata pengamat sehingga benda tampak suram terjadi pada benda yang mempunyai permukaan kasar (tidak rata).



Gambar 17. Pemantulan Teratur dan pemantulan baur

Mudahnya, perbedaan pemantulan teratur dan pemantulan baur yaitu saat kamu bercermin di cermin yang bersih itulah yang disebut pemantulan teratur, sedangkan saat kamu bercermin di cermin yang kotor itulah yang disebut pemantulan baur.

2. Pembiasan

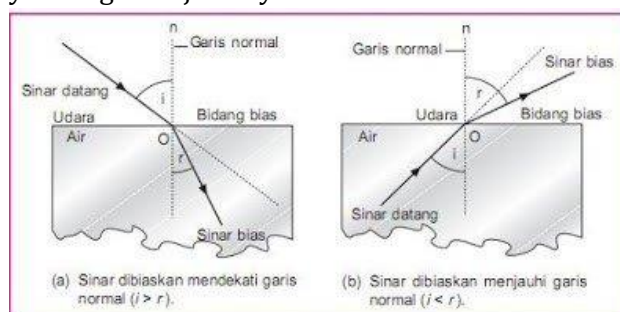
Gambar 18. Fatamorgana

Coba Anda perhatikan, terkadang Anda melihat genangan air di jalan raya, namun ketika mendekat, ternyata tidak genangan air apapun. Itulah yang kita kenal dengan istilah fatamorgana. Atau ketika kolam renang atau sungai yang airnya jernih terlihat seperti dangkal. Padahal kolam renang atau sungai tersebut sebenarnya dalam.

Peristiwa-peristiwa tersebut merupakan contoh dari pembiasan cahaya. Apa itu peristiwa pembiasan cahaya?

Pembiasan cahaya merupakan peristiwa perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain yang kerapatan optiknya berbeda. Penyebab terjadinya pembiasan cahaya dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Ketika sinar datang dari medium yang kurang rapat menuju medium yang lebih rapat maka sinar datang akan dibiaskan mendekati garis normal. Contohnya ketika sinar datang melalui medium udara menuju air.
2. Ketika sinar datang dari medium yang lebih rapat menuju medium yang kurang rapat maka sinar datang akan dibiaskan menjauhi garis normal. Contohnya ketika sinar datang melalui medium air menuju udara.



Gambar 19. Pembiasan Cahaya

Pembiasan cahaya dijelaskan menggunakan Hukum Snellius

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

keterangan :

n_1 = indeks bias medium 1

θ_1 = sudut datang

n_2 = indeks bias medium 2

θ_2 = sudut bias

3. Dispersi

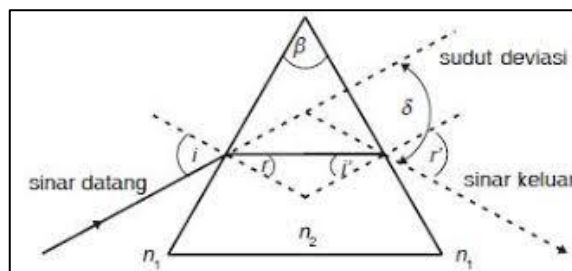


Anda tentu sering sekali melihat pelangi. Warnanya yang beraneka rupa menjadi salah satu fenomena yang sangat dinanti ketika hujan usai bahkan biasanya Anda mungkin bermain dengan benda-benda bening untuk membuat warna pelangi. Warna pelangi merupakan peristiwa penguraian cahaya yang dikenal dengan istilah dispersi.

Gambar 20. Pelangi (haipedia.com)

Dispersi adalah peristiwa penguraian cahaya polikromatik (putih) menjadi cahaya-cahaya monokromatik (me, ji, ku, hi, bi, ni, u) pada prisma lewat pembiasan atau pembelokan. Hal ini membuktikan bahwa cahaya putih terdiri dari harmonisasi berbagai cahaya warna dengan berbeda-beda panjang gelombang.

Gejala dispersi cahaya juga bisa diamati dari sebuah prisma. Seberkas sinar menuju prisma dengan sudut datang i . Sinar tersebut kemudian meninggalkan prisma dengan sudut keluar r' . Besarnya sudut penyimpangan antara sinar yang menuju prisma dengan sinar yang meninggalkan prisma disebut sebagai sudut deviasi. Besar sudut deviasi tergantung pada besar kecilnya sudut datang. Sudut deviasi terkecil disebut sudut deviasi minimum. Sudut deviasi minimum terjadi jika:



Gambar 21. Dispersi pada prisma

Sudut deviasi terkecil disebut deviasi minimum, terjadi jika $i = r' = i'$ serta $i' + r = \beta$. Besarnya sudut deviasi pada prisma dirumuskan dengan :

$$\delta_m = i' + r' - \beta$$

Keterangan :

δ_m = sudut deviasi minimum

β = sudut pembias prisma

Contoh Soal

1. Seseorang menyinari sebuah kaca tebal dengan sudut 30° terhadap garis normal. Jika cepat rambat cahaya di dalam kaca adalah 2×10^8 m/s, tentukan indeks bias kaca dan sudut biasnya.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\theta_i = 30^\circ$$

$$v_2 = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Ditanyakan: n_2 (indeks bias kaca) dan θ_r

Jawab:

■ Untuk mencari indeks bias kaca, gunakan persamaan:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1,5$$

Jadi, indeks bias kaca adalah 1,5

■ Untuk mencari sudut bias, gunakan hukum Snellius.

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin \theta_r} = \frac{1,5}{1}$$

$$\sin \theta_r = \frac{0,5}{1,5}$$

$$\sin \theta_r = 0,33$$

$$\theta_r = \sin^{-1}(0,33)$$

$$\theta_r = 19,27^\circ$$

Jadi, besar sudut biasnya adalah $19,27^\circ$.

2. Sebuah prisma terbuat dari kaca ($n = 1,5$) memiliki sudut pembias 60° diletakkan dalam medium air. Jika seberkas sinar datang dari air ($n=1,33$) memasuki prisma, berapakah sudut deviasi minimum prisma tersebut?

Penyelesaian :

Diketahui : $n_p = 1,5$

$$n_a = 1,33$$

$$\beta = 60^\circ$$

Ditanyakan: sudut deviasi minimum

Jawab :

$$\delta_{min} = \left(\frac{n_p}{n_a} - 1 \right) \beta$$

$$\delta_{min} = \left(\frac{1,5}{1,33} - 1 \right) 60^\circ$$

$$\delta_{min} = (1,17 - 1) 60^\circ$$

$$\delta_{min} = 10,2^\circ$$

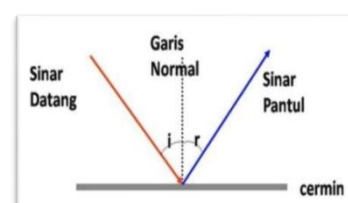
$$\delta_{min} = (1,17 - 1) 60^\circ$$

$$\delta_{min} = 10,2^\circ$$

C. Rangkuman

Rangkuman materi kegiatan belajar ini adalah sebagai berikut.

1. Pemantulan cahaya adalah pembalikan arah cahaya karena mengenai sebuah permukaan. Terdapat pemantulan teratur dan pemantulan baur.
2. Bunyi hukum pemantulan cahaya sebagai berikut:
 - a. Sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada suatu bidang datar.
 - b. Besar sudut datang sama dengan besar sudut pantul.



3. Pembiasan cahaya merupakan peristiwa perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain yang kerapatan optiknya berbeda
4. Pembiasan cahaya dijelaskan menggunakan Hukum Snellius

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$
5. Dispersi adalah peristiwa penguraian cahaya polikromatik (putih) menjadi cahaya monokromatik (merah, jingga, kuning, hijau, biru, ungu) pada prisma lewat pembiasan atau pembelokan.

D. Penugasan Mandiri



Mari Mencoba

Setelah mempelajari uraian materi pada kegiatan belajar 2, cobalah untuk melakukan percobaan mandiri di rumah untuk bisa lebih memahami karakteristik dari Pemantulan Cahaya. Ikuti langkah-langkahnya sesuai dengan petunjuk dan lakukan dengan teliti dan tanggungjawab. Selamat Mencoba



PEMANTULAN CAHAYA

Petunjuk Kerja :

1. Ambillah Laser pointer dan cermin, kemudian arahkan laser pointer ke posisi tegak lurus cermin. Amati posisi sinar pantulnya!
2. Lakukan langkah 1 dengan sudut sinar datang yang diubah-ubah, dan amati sinar pantul dari perubahan sudut. Buatlah data untuk 5 perubahan sudut (15°, 30°, 45°, 60°, 75°)
3. Catatlah hasil pengamatanmu di buku fisika dan laporkan hasilnya dan kesimpulan dari percobaan sederhana tentang pemantulan cahaya.

E. Latihan Soal

Berikutnya uji pemahaman Anda dengan menyelesaikan permasalahan pada latihan soal tentang Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya Kerjakan di buku Anda dan cek jawaban dengan kunci jawaban dan pembahasan setelah Anda mencoba untuk menjawab latihan soal.

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan lengkap dan tepat!

1. Seberkas sinar mengenai sistem optik yang terdiri dari dua cermin datar yang saling tegak lurus. Setelah berkas sinar mengalami pemantulan dua kali maka arah berkas sinar....
 A. menuju sinar datang
 B. memotong sinar datang
 C. tegak lurus sinar datang
 D. sejajar dan berlawanan sinar datang
 E. sejajar dan searah sinar datang

2. Dua buah cermin datar X dan Y disusun berhadapan membentuk sudut 135° . Seberkas cahaya laser datang pada cermin X dengan sudut 30° terhadap permukaan cermin, maka besar sudut yang dibentuk oleh berkas cahaya datang pada cermin X dan berkas cahaya pantul oleh cermin Y adalah...
- 45°
 - 60°
 - 70°
 - 75°
 - 90°
3. Pada pembiasan cahaya dari udara, makin kecil sudut datang.....
- Makin besar sudut bias
 - Sudut bias bernilai tetap
 - Makin kecil sudut bias
 - Tergantung dengan indeks biasnya
 - Sudut bias lebih kecil atau besar tergantung polarisasi cahaya
4. Peristiwa dispersi terjadi saat ...
- Cahaya polikromatik mengalami pembiasan oleh prisma
 - Cahaya mengalami pemantulan ketika memasuki air
 - Cahaya polikromatik mengalami polarisasi
 - Cahaya polikromatik mengalami pembelokan oleh kisi
 - Cahaya bikromatik mengalami interferensi konstruktif
5. Seberkas cahaya datang dari dalam air ($n_{\text{air}} = 4/3$) ke permukaan (batas air dan udara) dengan sudut datang 53° ($\sin 53^\circ = 0,8$ dan $\cos 53^\circ = 0,6$), maka berkas cahaya itu:
- dibiaskan seluruhnya
 - sebagian dibiaskan sebagian dipantulkan
 - mengalami polarisasi linear pada sinar pantul
 - seluruhnya dipantulkan
- Pernyataan di atas yang tepat adalah...
- (1), (2), (3)
 - (1) dan (3)
 - (2) dan (4)
 - (4) saja
 - (1), (2), (3), (4)
6. Cahaya merambat dari udara ke air. Bila cepat rambat cahaya di udara adalah 3×10^8 m/s dan indeks bias air $4/3$, maka cepat rambat cahaya di air adalah....
- $1,25 \cdot 10^8$ m/s
 - $2,25 \cdot 10^8$ m/s
 - $3,25 \cdot 10^8$ m/s
 - $3,50 \cdot 10^8$ m/s
 - $3,75 \cdot 10^8$ m/s
7. Seberkas cahaya bergerak ke salah satu sisi sebuah prisma bening yang terbuat dari bahan tertentu. Sudut pembias prisma adalah 15° . Prisma tersebut diputar sedemikian rupa sehingga diperoleh deviasi minimum sebesar 10° . Jika prisma tersebut berada di udara bebas ($n_u = 1$), indeks bias prisma tersebut adalah....
- $1/3$
 - $1/2$
 - $3/4$

- D. $5/3$
 - E. $5/4$
8. Cahaya datang dari air ke kaca. Indeks bias air = 1,33, indeks bias kaca = 1,54. maka indeks bias relatif kaca terhadap air dan kecepatan cahaya di kaca jika kecepatan cahaya di air sebesar $2,25 \times 10^8$ m/s masing-masing adalah....
- A. 1,16 dan $1,94 \times 10^8$ m
 - B. 1,26 dan $1,94 \times 10^{-8}$ m
 - C. 1,26 dan $2,94 \times 10^9$ m
 - D. 2,16 dan $2,94 \times 10^{-8}$ m
 - E. 2,26 dan $1,94 \times 10^8$ m

Kunci Jawaban dan Pembahasan

1. C

Pembahasan

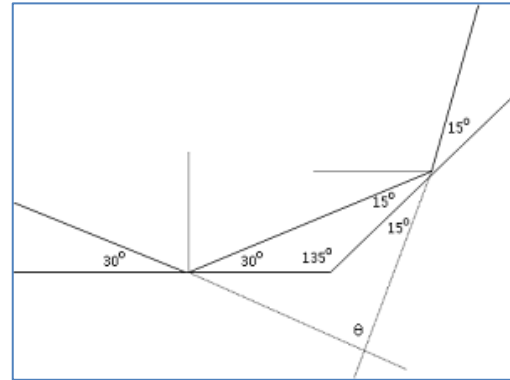
Menurut sinar pemantulan sudut datang sama dengan sudut pantul. Untuk sudut datang tampak setelah dua kali pemantulan maka sinar dipantulkan akan sejajar dan berlawanan dengan sinar datang

2. E

Berdasarkan gambar (segitiga yang ada θ) maka:

$$30^\circ + 30^\circ + 15^\circ + 15^\circ + \theta = 180^\circ$$

$$\theta = 90^\circ$$



3. C

Pembahasan

Berdasarkan Hukum Snellius :

$$\sin i / \sin r = n_2 / n_1 = \text{tetap}$$

Maka ketika i semakin kecil maka r juga semakin kecil

4. A

Pembahasan:

Ketika cahaya polikromatik jatuh pada sisi pembias prisma maka akan terjadilah penguraian cahaya polikromatik menjadi warna – warna komponennya. Hal tersebut dinamakan peristiwa difraksi.

5. D

Terlebih dahulu hitung sudut kritis

$$\frac{\sin i_k}{\sin r} = \frac{n_{\text{renggang}}}{n_{\text{rapat}}}$$

$$\sin i_k = 3/4 = 0,75$$

$$\sin i = \sin 53 = 0,8$$

$$0,8 > 0,75 \text{ maka } i > i_k$$

Karena sudut datang $i > i_k$ maka seluruh sinar dipantulkan

Jawaban: 4 saja

$$\frac{\sin i_k}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{\frac{4}{3}}$$

6. B

Diketahui:

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$n_{\text{air}} = 4/3$$

Ditanyakan: v_{air} **Jawab :**

$$n_{\text{air}} = c/v_{\text{air}}$$

$$v_{\text{air}} = c/n_{\text{air}} = 3 \times 10^8 \cdot 3/4$$

$$v_{\text{air}} = 2,25 \times 10^8$$

Jadi, cepat rambat cahaya di dalam air adalah $2,25 \times 10^8 \text{ m/s}$.

7. D

Diketahui:

$$\beta = 15^\circ$$

$$\delta_{\text{min}} = 10^\circ$$

$$n_u = 1$$

Ditanyakan: indeks bias prisma (n_p)

Jawab:

Karena sudut bias prisma kecil, maka berlaku persamaan:

$$\delta_{\min} = \left[\frac{n_p}{n_a} - 1 \right] \beta$$

$$10^\circ = \left[\frac{n_p}{1} - 1 \right] 15^\circ$$

$$10^\circ = (n_p - 1)15^\circ$$

$$10^\circ = 15^\circ n_p - 15^\circ$$

$$15^\circ n_p = 10^\circ + 15^\circ$$

$$15^\circ n_p = 25^\circ$$

$$n_p = 25^\circ / 15^\circ$$

$$n_p = 5/3$$

Jadi, indeks bias prisma bening tersebut adalah 5/3.

8. A

Penyelesaian:

$$\text{Diketahui: } n_{\text{air}} = 1,33$$

$$n_{\text{kaca}} = 1,54$$

$$v_{\text{air}} = 2,25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Ditanyakan:

a. n_k

b. v_k

Jawab

$$\text{a. } n_k = \frac{n_{\text{kaca}}}{n_{\text{air}}} = \frac{1,54}{1,33} = 1,16$$

b. Kecepatan cahaya di kaca

$$\frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{kaca}}} = \frac{v_{\text{kaca}}}{v_{\text{air}}}$$

$$\frac{1,33}{1,54} = \frac{v_{\text{kaca}}}{2,22 \times 10^8}$$

$$v_{\text{kaca}} = \frac{1,33}{1,54} \times 2,25 \cdot 10^8$$

$$v_{\text{kaca}} = 1,94 \times 2,25 \cdot 10^8$$

F. Penilaian Diri

Bagaimana Kemampuan Anda sekarang?

Mari cek kemampuan diri Anda dengan mengisi tabel berikut! Berilah tanda (√) pada kolom yang sesuai dengan Anda!

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1.	Saya dapat memahami konsep pemantulan cahaya		
2.	Saya dapat memahami konsep pembiasan cahaya		
3.	Saya dapat memahami konsep dispersi cahaya		
4	Saya dapat melakukan percobaan sederhana tentang pemantulan cahaya		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

DIFRAKSI, INTERFERENSI, DAN POLARISASI CAHAYA

A. Tujuan Pembelajaran



Setelah Anda telah mempelajari kegiatan belajar 2, berikutnya pelajari kegiatan belajar 3. Diharapkan setelah mempelajari kegiatan belajar 3 ini, Anda dapat menerapkan sifat gelombang cahaya yang meliputi difraksi, interferensi, dan polarisasi. Anda juga dapat melakukan percobaan difraksi cahaya sederhana dengan teliti.

B. Uraian Materi

Anda tentu sering bermain gelembung sabun, pernahkah Anda melihat gelembung sabun yang tampaknya berwarna-warni seperti pelangi? Warna pada gelembung sabun bukan disebabkan oleh pembiasan tetapi terjadi karena interferensi konstruktif dan destruktif dari sinar yang dipantulkan oleh suatu lapisan tipis.



Gambar 22. Warna pelangi pada gelembung sabun

Atau mungkin Anda juga sering melihat bangunan rumah atau kantor yang jendelanya dibuat dengan celah-celah kecil? Atau kenapa Anda sering sekali memakai kacamata hitam ketika berada di pantai yang panas? Semua penjelasan itu akan Anda pelajari pada kegiatan belajar 3 ini yang akan membahas tentang sifat cahaya yang dapat mengalami difraksi, interferensi, dan polarisasi. Simak baik-baik uraian materi pada kegiatan belajar 3 ini.

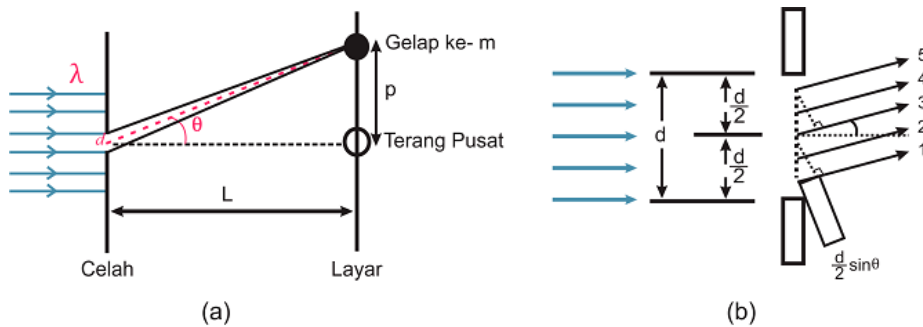
1. Difraksi

Pada jarak tertentu mata kita sulit membedakan posisi dua nyala lampu yang sangat berdekatan. Coba kamu perhatikan mengapa hal ini dapat terjadi? Gejala ini dikarenakan diameter pupil mata kita sangat sempit. Akibatnya adalah cahaya dua lampu tersebut ketika sampai ke mata kita mengalami difraksi. Apakah difraksi cahaya itu?

Difraksi cahaya adalah peristiwa pelenturan cahaya yang akan terjadi jika cahaya melalui celah yang sangat sempit. Kita dapat melihat gejala ini dengan mudah pada cahaya yang melewati sela jari-jari yang kita rapatkan kemudian kita arahkan pada sumber cahaya yang jauh, misalnya lampu neon. Atau dengan melihat melalui kisi tenun kain yang terkena sinar lampu yang cukup jauh.

Celah Tunggal

Difraksi merupakan fenomena penyebaran gelombang elektromagnetik yang muncul ketika gelombang tersebut melewati sebuah celah sempit. Penyebaran ini dapat dijelaskan oleh prinsip Huygens, yang mengatakan bahwa setiap bagian dari celah dapat dianggap sebagai sumber cahaya yang dapat berinterferensi dengan cahaya dari bagian celah yang lain.



Gambar 23. Difraksi pada celah tunggal

Gambar di atas merupakan proses difraksi cahaya ketika melewati celah tunggal. Ketika cahaya difraksi bergabung, maka ia akan menghasilkan pola terang atau gelap yang dihasilkan dari interferensi gelombang. Untuk interaksi minimum akan menghasilkan pola gelap dengan formulasi:

$$d \sin \theta = n \lambda$$

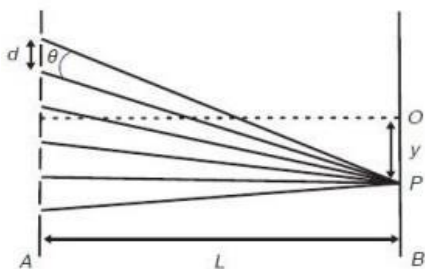
Dengan m merupakan urutan pita gelap. Jika sudut θ memiliki nilai yang kecil maka rumus di atas akan menjadi:

$$\frac{dp}{L} = n\lambda$$

Keterangan :
 d = lebar celah
 p = jarak antar terang
 L = jarak layar
 n = terang ke
 λ = panjang gelombang

Difraksi pada Kisi

Difraksi cahaya juga terjadi jika cahaya melalui banyak celah sempit terpisah sejajar satu sama lain dengan jarak konstan. Celah semacam ini disebut kisi difraksi atau sering disebut dengan kisi.



$$d \sin \theta = n \lambda \text{ atau } \frac{d \cdot y}{L} = n \lambda$$

d = konstanta = $1/N$
 N = Jumlah celah/kisi

Gambar 24. Difraksi pada kisi

2. Interferensi

Sudah tahukah kalian apakah interferensi itu? Interferensi adalah perpaduan dua gelombang atau lebih. Interferensi cahaya bisa terjadi jika ada dua atau lebih berkas sinar yang bergabung. Jika cahayanya tidak berupa berkas sinar maka interferensinya sulit diamati. Beberapa contoh terjadinya interferensi cahaya dapat kalian perhatikan pada penjelasan berikut.

Interferensi adalah paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru. Interferensi terjadi jika terpenuhi dua syarat berikut ini.

- Kedua gelombang cahaya harus koheren, dalam arti bahwa kedua gelombang cahaya harus memiliki beda fase yang selalu tetap, oleh sebab itu keduanya harus memiliki frekuensi yang sama.
- Kedua gelombang cahaya harus memiliki amplitudo yang hampir sama.

Interferensi celah ganda

Pola maksimum atau pola terang terjadi jika beda lintasan optik merupakan kelipatan setengah bulat panjang gelombang, pada interferensi celah ganda dirumuskan dalam persamaan :

$$d \sin \theta = n\lambda$$

Pola minimum atau pola gelap terjadi jika beda lintasan optik merupakan kelipatan setengah bulat panjang gelombang, pada interferensi celah ganda dirumuskan dalam persamaan :

$$d \sin \theta = (n + \frac{1}{2})\lambda$$

Interferensi lapisan tipis

Persaman interferensi maksimum

$$2nt = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

Persaman interferensi minimum

$$2nt = m\lambda$$

Keterangan :

t = tebal lapisan tipis

m = orde interferensi

n = indeks bias lapisan

λ = panjang gelombang

3. Polarisasi



Gambar 25. Kacamata hitam ketika

Pernahkah Anda menggunakan kacamata hitam? Dapatkah Anda membedakan intensitas atau tingkat kecerahan cahaya sebelum dan sesudah menggunakan kacamata? Ketika menggunakan kacamata, Anda akan mendapatkan cahaya di sekeliling Anda menjadi lebih redup. Kenyataan tersebut terjadi karena cahaya yang mengenai mata telah terpolarisasi oleh kacamata hitam Anda.

Polarisasi adalah peristiwa terserapnya sebagian atau seluruh arah getar gelombang. Berbeda dengan interferensi dan difraksi yang dapat terjadi baik pada gelombang transversal maupun longitudinal, polarisasi hanya terjadi pada gelombang transversal.

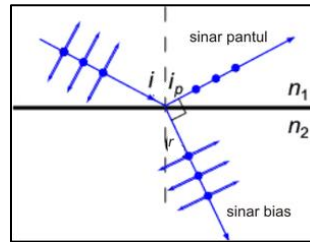
Polarisasi karena refleksi

Pemantulan akan menghasilkan cahaya terpolarisasi jika sinar pantul dan sinar biasnya membentuk sudut 90° . Arah getar sinar pantul yang terpolarisasi akan sejajar dengan bidang pantul. Oleh karena itu sinar pantul tegak lurus sinar bias, berlaku $i_p + r = 90^\circ$ atau $r = 90^\circ - i_p$. Dengan demikian, berlaku pula

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i_p}{\sin r} = \frac{\sin i_p}{\sin(90^\circ - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \tan i_p$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \tan i_p$$

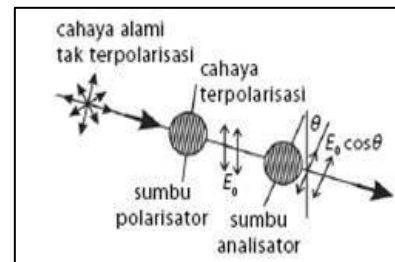
Dengan n_2 adalah indeks bias medium tempat cahaya datang n_1 adalah medium tempat cahaya terbiaskan, sedangkan i_p adalah sudut pantul yang merupakan sudut terpolarisasi.



Gambar 26. Polarisasi karena refleksi

Polarisasi karena absorpsi selektif

Polarisasi jenis ini dapat terjadi dengan bantuan kristal polaroid. Bahan polaroid bersifat meneruskan cahaya dengan arah getar tertentu dan menyerap cahaya dengan arah getar yang lain. Cahaya yang diteruskan adalah cahaya yang arah getarnya sejajar dengan sumbu polarisasi polaroid. Pada gambar 27 terdapat dua polaroid pertama disebut polarisator dan polaroid kedua disebut analisator dengan



Gambar 27. Dua buah polaroid

sumbu transmisi membentuk sudut θ . Seberkas cahaya alami menuju ke polarisator. Di sini cahaya dipolarisasi secara vertikal yaitu hanya komponen medan listrik E yang sejajar sumbu transmisi. Selanjutnya cahaya terpolarisasi menuju analisator. Di analisator, semua komponen E yang tegak lurus sumbu transmisi analisator diserap, hanya komponen E yang sejajar sumbu analisator diteruskan. Sehingga kuat medan listrik yang diteruskan analisator menjadi:

$$E_2 = E \cos \theta$$

Jika cahaya alami tidak terpolarisasi yang jatuh pada polaroid pertama (polarisator) memiliki intensitas I_0 , maka cahaya terpolarisasi yang melewati polarisator adalah:

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0$$

Cahaya dengan intensitas I_1 ini kemudian menuju analisator dan akan keluar dengan intensitas menjadi:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta$$

Polarisasi karena hamburan

Warna biru langit merupakan contoh penerapan hamburan cahaya yang selalu bisa Anda amati setiap hari. Jika cahaya dilewatkan pada suatu medium, partikel-partikel medium akan menyerap dan memancarkan kembali sebagian cahaya itu. Penyerapan dan pemancaran kembali cahaya oleh partikel-partikel medium ini dikenal sebagai fenomena hamburan. Pada peristiwa hamburan, cahaya yang panjang gelombangnya lebih pendek cenderung mengalami hamburan dengan intensitas yang besar.

Cahaya biru memiliki panjang gelombang lebih pendek daripada cahaya merah, maka cahaya itulah yang lebih banyak dihamburkan dan warna itulah yang sampai ke mata



Gambar 28. Warna biru langit

Contoh soal

1. Dalam percobaan difraksi sebuah celah lebarnya 1 mm disinari oleh cahaya monokromatik. Sebuah layar diletakkan sejauh 2 m di belakang celah. Pita gelap ke-

dua berjarak 0,96 mm dari terang pusat. Berapakah panjang gelombang yang digunakan dalam percobaan tersebut ?

Diketahui :

$$d = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$p = 0,96 \text{ mm} = 9,6 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$m = 2$$

$$\text{Ditanya : } \lambda \dots?$$

Jawab :

$$\frac{dp}{L} = n\lambda$$

$$\frac{10^{-3} \cdot 9,6 \cdot 10^{-4}}{2} = 2\lambda$$

$$\frac{10^{-3} \cdot 9,6 \cdot 10^{-4}}{4} = \lambda$$

$$\lambda = 2,4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

2. Sebuah celah ganda disinari dengan cahaya yang panjang gelombangnya 640 nm. Sebuah layar diletakkan 1,5 m dari celah. Jika jarak kedua celah 0,24 mm, tentukan jarak kedua pita terang yang berdekatan

Pembahasan:

Berdasarkan soal, dikatakan bahwa cahaya melewati cahaya celah ganda.

Besaran – besaran pada soal diketahui:

$$\lambda = 640 \text{ nm} = 6,4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$d = 0,24 \text{ mm} = 0,24 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$n = 1$$

Jarak kedua pita terang yang berdekatan dapat ditentukan melalui:

$$\frac{dy}{L} = n\lambda$$

$$\frac{(0,24 \times 10^{-3})y}{1,5} = (1) (6,4 \times 10^{-7})$$

$$y = 4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$y = 4,0 \text{ mm}$$

3. Seberkas cahaya monokromatis dijatuhkan pada dua celah sempit vertikal dan berdekatan dengan jarak $d = 0,01 \text{ mm}$. Pola interferensi yang terjadi ditangkap pada jarak 20 cm dari celah. Diketahui bahwa jarak antara garis gelap pertama di sebelah kiri ke garis gelap pertama di sebelah kanan adalah 7,2 mm. Tentukan panjang gelombang berkas cahaya!

Pembahasan:

Berdasarkan soal, besaran – besaran yang diketahui adalah, yaitu:

$$d = 0,01 \text{ mm} = 1 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$L = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$n = 1$$

$$y = 7,2 \text{ mm} = 7,2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Panjang gelombang berkas cahaya yang digunakan adalah

$$\frac{dy}{L} = n\lambda$$

$$\frac{(1 \times 10^{-5})(7,2 \times 10^{-3})}{0,2} = 1\lambda$$

$$\lambda = 3,6 \times 10^{-7} \text{ m} = 360 \text{ nm}$$

C. Rangkuman

Rangkuman materi kegiatan belajar ini adalah sebagai berikut.

1. Difraksi cahaya adalah peristiwa pelenturan cahaya yang akan terjadi jika cahaya melalui celah yang sangat sempit. Terdiri dari difraksi pada celah tunggal dan difraksi pada kisi.
2. Interferensi adalah paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru. Kedua gelombang cahaya harus koheren, artinya cahaya harus memiliki beda fase yang selalu tetap, harus memiliki frekuensi yang sama. Kedua gelombang cahaya harus memiliki amplitudo yang hampir sama.
3. Polarisasi adalah peristiwa terserapnya sebagian atau seluruh arah getar gelombang. Polarisasi pada gelombang transversal saja.
4. Polarisasi bisa terjadi karena pemantulan, absorpsi selektif dan karena hamburan. Warna langit biru merupakan salah satu contoh peristiwa polarisasi karena hamburan.

D. Penugasan Mandiri



Mari Mencoba

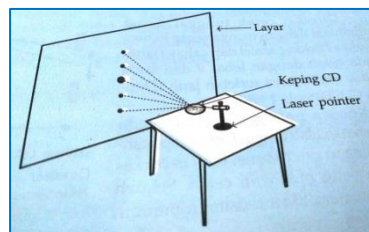
Setelah mempelajari uraian materi pada kegiatan belajar 3, cobalah untuk melakukan percobaan mandiri di rumah untuk bisa lebih memahami karakteristik dari Difraksi Cahaya. Ikuti langkah-langkahnya sesuai dengan petunjuk dan lakukan dengan teliti dan tanggungjawab. Selamat Mencoba



DIFRAKSI PADA CD

Petunjuk Kerja :

1. Susunlah alat dan bahan seperti pada gambar (laser pointer, layar, CD). Pastikan cahaya laser mengenai garis-garis pada CD.



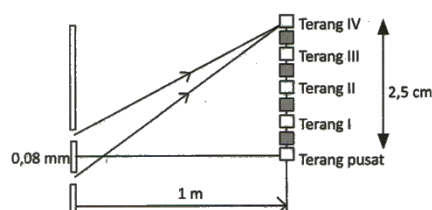
2. Amatilah pola yang terbentuk pada layar dengan cermat
3. Bagaimana pola yang tampak pada layar? Jelaskan!
4. Mengapa bisa tampak pola seperti itu? Jelaskan!
5. Catatlah hasil pengamatanmu di buku fisika dan laporkan hasilnya pada guru.

E. Latihan Soal

Berikutnya uji pemahaman Anda dengan menyelesaikan permasalahan pada latihan soal tentang Difraksi, Interferensi, Polarisasi. Kerjakan di buku Anda dan cek jawaban dengan kunci jawaban dan pembahasan setelah Anda mencoba untuk menjawab latihan soal.

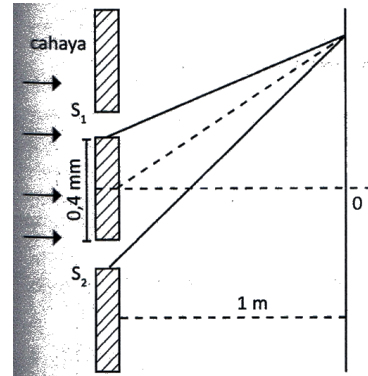
Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan lengkap dan tepat!

1. Pada suatu percobaan interferensi celah ganda dihasilkan data seperti gambar berikut ini. Maka nilai panjang gelombang yang digunakan adalah



- A. $4,0 \times 10^{-4}$ mm
- B. $4,5 \times 10^{-4}$ mm

- C. $5,0 \times 10^{-4}$ mm
 D. $6,0 \times 10^{-4}$ mm
 E. $7,5 \times 10^{-4}$ mm
2. Gambar berikut merupakan percobaan interferensi pada celah ganda. Jika garis terang kedua dari pusat interferensi 3 mm maka panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah
- A. 6×10^{-7} m
 B. 8×10^{-7} m
 C. 18×10^{-7} m
 D. 20×10^{-7} m
 E. 34×10^{-7} m



3. Pada percobaan Young digunakan celah ganda yang terpisah pada jarak 0,063 mm sedangkan pola gelap terangnya diamati pada layar yang berjarak 4 m dibelakang celah. Jika pada percobaan tersebut digunakan cahaya laser dengan panjang gelombang 630 nm maka jarak antara pola gelap pertama di sebelah kanan dan kiri adalah ...
- A. 2 cm
 B. 4 cm
 C. 8 cm
 D. 10 cm
 E. 12 cm
4. Suatu berkas cahaya tak terpolarisasi merambat pada arah sumbu x menuju ke sebuah polarisator yang mampu memisahkan berkas datang menjadi dua berkas, yaitu berkas A terpolarisasi hanya searah sumbu z dan berkas B yang terpolarisasi pada arah sumbu y. Berkas cahaya kemudian dilewatkan lagi polarisator kedua dengan orientasi yang sama dengan polarisator pertama. Berapa persen perubahan intensitas berkas B setelah lewat polarisator kedua?
- A. 0 %
 B. 25 %
 C. 50 %
 D. 75 %
 E. 100 %
5. Jika suatu cahaya putih dilewatkan suatu kisi difraksi maka warna cahaya yang mengalami deviasi paling dekat terhadap bayangan pusat adalah ...
- A. Jingga
 B. Merah
 C. Kuning
 D. Hijau
 E. Biru
6. Cahaya yang tidak terpolarisasi dapat dijadikan cahaya terpolarisasi melalui
- (1) Pemantulan
 - (2) Pembiasan ganda
 - (3) Absorpsi selektif
 - (4) Interferensi
- Manakah yang tepat dari pernyataan di atas.....
- A. 1, 2, 3

- B. 1 dan 3
 - C. 2 dan 4
 - D. 4 saja
 - E. 1, 2, 3, 4
7. Cahaya suatu sumber melalui dua celah sempit yang terpisah 0,1 mm. Jika jarak antara dua celah sempit terhadap layar 100 cm dan jarak antara garis gelap pertama dengan garis terang pertama adalah 2,95 mm, maka perbandingan panjang gelombang yang digunakan adalah ... mm.
- A. 2.100
 - B. 1.080
 - C. 590
 - D. 490
 - E. 440

Jawaban dan Pembahasan

1. C.

Pembahasan :

Berdasarkan soal yang diketahui berupa :

$$d = 0,08 \text{ mm} = 8 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$N = 4$$

Panjang gelombang yang dihasilkan sebagai berikut :

$$\frac{dy}{L} = n\lambda$$

$$\lambda = \frac{dy}{nL} = \frac{(8 \times 10^{-5})(2,5 \times 10^{-2})}{(4)(1)} = 5 \times 10^{-7}$$

$$\lambda = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mm.}$$

2. A

Pembahasan :

Berdasarkan soal diketahui nilai

$$n = 2$$

$$y = 3 \text{ mm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Panjang gelombang yang dihasilkan sebagai berikut :

$$\frac{dp}{L} = n\lambda$$

$$\frac{(4 \times 10^{-4})(3 \times 10^{-3})}{1} = 2\lambda$$

$$\lambda = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

3. B

Pembahasan:

Berdasarkan soal diketahui besaran – besaran berikut.

$$d = 0,063 \text{ mm} = 6,3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$\lambda = 630 \text{ nm} = 6,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$n = 1$$

Jarak antara gelap pertama di sebelah kanan dan gelap pertama di sebelah kiri dapat dihitung sebagai berikut.

$$\frac{dy}{L} = n\lambda$$

$$\frac{(6,3 \times 10^{-5})y}{4} = 1 (6,3 \times 10^{-7})$$

$$y = 4 \times 10^{-2} \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

4. A

Pembahasan

Cahaya alami dengan berkas B dan berkas A memiliki $I = I_0$. Polarisator awal menyerap berkas A sehingga $I_1 = \frac{1}{2}I_0$. Sementara itu, polarisator kedua memiliki sumbu transmisi sama dengan polarisator awal. Oleh karena itu, dapat diartikan $\theta = 0^\circ$ sehingga $I_2 = I_1$. Jika $I_2 = I_1 = \frac{1}{2}I_0$ maka intensitas berkas B setelah lewat berkas kedua tidak berubah sehingga besarnya 0 %.

5. E

Pembahasan

Jika cahaya putih dilewatkan pada kisi difraksi maka warna cahaya yang mengalami deviasi dengan sudut deviasi terkecil. Sudut deviasi terkecil akan diperoleh jika panjang gelombang cahaya yang digunakan kecil. Berdasarkan pilihan warna tersebut, warna biru memiliki panjang gelombang terkecil.

6. A

Pembahasan

Pernyataan yang salah adalah no 4 yaitu interferensi maka 1, 2, dan 3 adalah pernyataan yang benar

7. C

Pembahasan:

Berdasarkan soal diketahui bahwa

$$d = 0,1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$n = 0,5$$

$$y = 2,95 \text{ mm} = 2,95 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Panjang gelombang yang digunakan:

$$\frac{dy}{L} = n\lambda$$

$$\frac{(0,1 \times 10^{-3})(2,95 \times 10^{-3})}{1} = 0,5 \lambda$$

$$\lambda = 5,9 \times 10^{-7} \text{ m} = 590 \text{ nm}$$

F. Penilaian Diri

Bagaimana Kemampuan Anda sekarang? Mari cek kemampuan diri Anda dengan mengisi tabel berikut! Berilah tanda (√) pada kolom yang sesuai dengan Anda!

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1.	Saya dapat memahami konsep difraksi cahaya		
2	Saya dapat memahami konsep interferensi cahaya		
3	Saya dapat memahami konsep polarisasi cahaya		
4	Saya dapat melakukan percobaan sederhana tentang difraksi cahaya		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

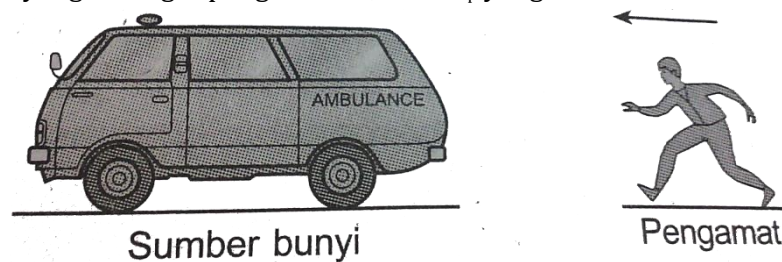
EVALUASI

Setelah mempelajari seluruh kegiatan belajar, maka ujilah pemahaman Anda dengan menyelesaikan evaluasi materi gelombang bunyi dan gelombang cahaya.

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Udara pada keadaan normal $\gamma=1,4$ (gas diatomik), $p=1$ atm, $\rho =1,3$ kg/m³. Tentukanlah cepat rambat gelombang bunyi di udara.
A. 0,30 m/s
B. 0,33 m/s
C. 33 m/s
D. 330 m/s
E. 3300 m/s
2. Dawai piano yang panjangnya 0,5 m dan massanya 10^{-2} kg ditegangkan sebesar 200 N, maka frekuensi nada dasar piano adalah...
A. 100 Hz
B. 200 Hz
C. 400 Hz
D. 600 Hz
E. 800 Hz
3. Sepotong dawai menghasilkan nada dasar f . Bila dipendekkan lagi 8 cm tanpa mengubah tegangan, dihasilkan frekuensi $1,25 f$. Jika dawai dipendekkan 2 cm lagi, maka frekuensi yang dihasilkan adalah....
A. $2f$
B. $1,5 f$
C. $1,33 f$
D. $1,24 f$
E. f
4. Sebuah pipa organa tertutup mempunyai frekuensi dasar 300 Hz. Pernyataan yang tidak tepat terkait dengan pipa organa tertutup adalah...
A. bila tekanan udara semakin besar frekuensi dasarnya bertambah besar
B. bila suhu udara semakin besar, frekuensi nada dasarnya bertambah besar
C. frekuensi nada atas kedua terjadi pada frekuensi 900 Hz
D. pipa organa terbuka dengan frekuensi dasar sama mempunyai panjang dua kali pipa organa tertutup
E. jika pipa organa diisi gas, frekuensi dasarnya bertambah besar
5. Pipa organa terbuka A dan tertutup B mempunyai panjang yang sama. Perbandingan frekuensi nada atas pertama pipa organa A dan B adalah....
A. 1 : 1
B. 2 : 1
C. 2 : 3
D. 3 : 2
E. 4 : 3
6. Pada malam hari kita akan lebih jelas mendengarkan bunyi dari tempat yang relatif jauh daripada siang hari. Hal ini disebabkan pada malam hari
A. kerapatan udara lebih rendah daripada siang hari
B. bunyi lebih sedikit dihamburkan
C. bunyi tidak mengalami interferensi

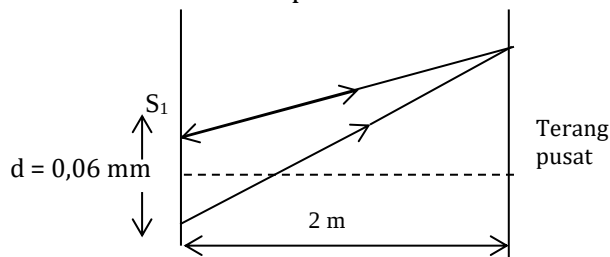
- D. pada malam hari lebih tenang
E. tekanan udara lebih rendah
7. Pada jarak 3 meter dari sumber ledakan terdengar bunyi dengan taraf intensitas 50 dB. Pada jarak 30 meter dari sumber ledakan bunyi itu terdengar dengan taraf intensitas....dB
A. 5
B. 20
C. 30
D. 35
E. 45
8. Mobil ambulans dan seorang pengamat masing-masing bergerak dengan kecepatan v_s dan v_p (dengan $v_s > v_p$) seperti terlihat pada gambar di atas. Mobil ambulans membunyikan sirine berfrekuensi f_s dan kecepatan bunyi di udara = v . Jika frekuensi bunyi sirine yang didengar pengamat = f , maka f_p yang memenuhi adalah...



- A. $\left(\frac{v+v_p}{v+v_s}\right) f_p$, dengan $f_p < f_s$
B. $\left(\frac{v+v_p}{v+v_s}\right) f_p$, dengan $f_p > f_s$
C. $\left(\frac{v-v_p}{v-v_s}\right) f_p$, dengan $f_p > f_s$
D. $\left(\frac{v-v_p}{v-v_s}\right) f_p$, dengan $f_p < f_s$
E. $\left(\frac{v+v_p}{v-v_s}\right) f_p$, dengan $f_p > f_s$
9. Pada saat cepat rambat bunyi di udara sebesar 345 m/s, frekuensi dasar pipa organa tertutup di salah satu ujungnya adalah 220 Hz. Jika nada atas kedua pipa organa tertutup ini panjang gelombangnya sama dengan nada atas ketiga pipa organ terbuka kedua ujungnya, maka panjang pipa organa terbuka itu adalah...
A. 37 cm
B. 43 cm
C. 63 cm
D. 75 cm
E. 87 cm
10. Apabila kita hendak menaikkan tinggi nada dari suatu dawai maka dapat dilakukan dengan cara
A. panjang dawai diperbesar
B. panjang dawai diperkecil
C. penampang dawai diperbesar
D. tegangan dawai diperkecil
E. dawai diganti dengan dawai yang lain jenisnya
11. Cahaya datang pada salah satu sisi prisma sama sisi dengan sudut datang 45° . Jika indeks bias prisma $\sqrt{2}$, maka sudut deviasinya adalah...

- A. 30°
 - B. 45°
 - C. 58°
 - D. 60°
 - E. 75°
12. Cahaya merupakan gelombang transversal. Hal ini dibuktikan berdasarkan percobaan yang menunjukkan adanya
 - A. difraksi
 - B. refraksi
 - C. polarisasi
 - D. refleksi
 - E. interferensi
 13. Peristiwa dispersi terjadi saat ...
 - A. Cahaya polikromatik mengalami pembiasan oleh prisma
 - B. Cahaya mengalami pemantulan ketika memasuki air
 - C. Cahaya polikromatik mengalami polarisasi
 - D. Cahaya polikromatik mengalami pembelokan oleh kisi
 - E. Cahaya bikromatik mengalami interferensi konstruktif
 14. Sebuah celah ganda disinari dengan cahaya yang panjang gelombangnya 640 nm. Sebuah layar diletakkan 1,5 m dari celah. Jika jarak kedua celah 0,24 mm, jarak kedua pita terang yang berdekatan adalah ...
 - A. 4,0 mm
 - B. 6,0 mm
 - C. 8,0 mm
 - D. 9,0 mm
 - E. 9,6 mm
 15. Cahaya terpolarisasi acak dikenakan pada polarisator bersumbu transmisi vertikal. Cahaya yang keluar dari polarisator dilewatkan analisator dengan arah sumbu transmisi 60° terhadap sumbu transmisi polarisator. Perbandingan intensitas cahaya yang keluar dari analisator terhadap intensitas cahaya yang masuk polarisator adalah ...
 - A. 100 %
 - B. 50 %
 - C. 25 %
 - D. 12,5 %
 - E. 6,25 %
 16. Pada suatu percobaan interferensi 2 celah yang terpisah sejauh 0,2 mm dengan sebuah layar ditaruh sejauh 1 m dibelakang celah, frinji terang no. 3 ditemukan terpisah sejauh 7,5 mm dari frinji terang utama(sentral). Panjang gelombang yang digunakan adalah ...
 - A. 5×10^{-10} cm
 - B. 5×10^{-8} cm
 - C. 5×10^{-6} cm
 - D. 5×10^{-5} cm
 - E. 5×10^{-2} cm
 17. Produksi pelangi oleh proses yang terjadi antara cahaya matahari dan tetes – tetes air hujan disebabkan oleh peristiwa – peristiwa berikut ...
 - A. Pantulan dan pembiasan
 - B. Pantulan, pembiasan difraksi

- C. Difraksi dan pembiasan
 D. Pantulan dan interferensi
 E. Hanya pantulan
18. Diinginkan untuk mengurangi pantulan dari suatu permukaan kaca ($n = 1,6$) dengan menempelkan lapisan transaran yang tipis terbuat dari MgF_2 ($n = 1,38$) pada permukaan kaca itu. Tebal lapisan itu (dalam $\text{\AA}$) yang diperlukan agar diperoleh pantulan minimu, apabila cahaya dengan $\lambda = 500 \text{ nm}$ datang secara normal adalah ...
- A. 310
 B. 510
 C. 910
 D. 2.500
 E. 10.500
19. Seorang siswa melakukan percobaan difraksi menggunakan kisi yang memiliki 300 garis/mm. Pada layar diperoleh pola terang orde pertama berjarak 1,8 mm dari terang pusat dan layar berjarak 30 mm dari kisi. Pernyataan yang benar berdasarkan data tersebut adalah...
- A. Orde kedua terbentuk pada jarak 9 mm
 B. Orde kedua terbentuk pada jarak 18 mm
 C. Orde kedua terbentuk pada jarak 36 mm
 D. Panjang gelombang yang digunakan 200 nm
 E. Panjang gelombang yang digunakan 2000 nm
20. Gambar berikut ini merupakan sketsa lintasan sinar oleh difraksi celah ganda.



Jika A adalah titik terang orde ke-3 dan panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah 500 nm maka jarak A dari terang pusat adalah ...

- A. 9,0 cm
 B. 7,5 cm
 C. 6,0 cm
 D. 5,0 cm
 E. 4,5 cm

KUNCI JAWABAN

1. D
2. A
3. C
4. E
5. E
6. A
7. C
8. E
9. C
10. B
11. A
12. C
13. A
14. A
15. D
16. D
17. A
18. C
19. D
20. D

DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, D.C. 2005. Physics. New York : Pretice Hall. Inc
- Kamajaya, K dan Purnama, W. 2014. Fisika untuk Kelas XII SMA. Bandung : Grafindo
- Kangenan, Marthen. 2016. Fisika untuk SMA Kelas XII. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Resnick, Halliday and Walker. 2009. Fundamental of physics 6th edition : John Wiley & Son.
- Widodo, Tri. 2009. Fisika : Untuk SMA / MA Kelas X. Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional
- <https://fisikamemangasyik.wordpress.com/fisika-3/optik-fisis/a-polarisasi-cahaya/>
- <https://fisikakontekstual.com/materi-gelombang-cahaya/>