

## 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

$\lambda$  : 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)  
 $\gamma$  = 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/m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

c. Cepat rambat bunyi di dalam medium zat padat

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

$v$  = cepat rambat bunyi (m/s)  
 $E$  = modulus Young (N/m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = massa jenis zat padat (kg/m<sup>3</sup>)

### 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  $10^3 \text{ kgm}^{-3}$ . 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/](http://zonabanten.pikiran-rakyat.com/)

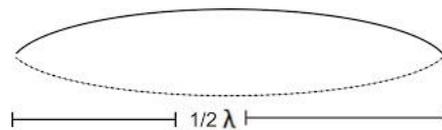
*Coba Anda kamu memetik gitar dengan lebih kencang, pasti suaranya lebih nyaring. Bandingkan dengan petikan yang lembut dan pelan, pasti bunyi yang keluar akan lebih rendah.*

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.

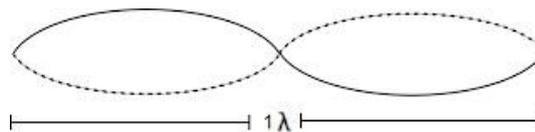
Tali dengan panjang L membentuk  $\frac{1}{2} \lambda$   
 Sehingga :  $L = \frac{1}{2} \lambda$  maka  $\lambda = 2L$   
 Maka frekuensi nada dasar adalah,



Gambar 4. Nada dasar dawai

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

**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 1  $\lambda$ .

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

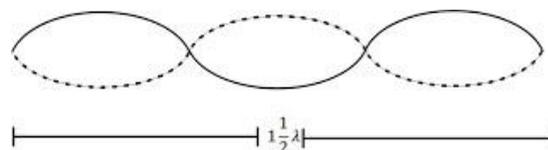
Frekuensi nada atas ke 1 adalah,

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

**Nada Atas ke 2**

Nada atas ke 2 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1 1/2 gelombang. Tali dengan panjang L membentuk 1 1/2  $\lambda$  atau 3/2  $\lambda$

$$L = 3/2 \lambda \text{ maka } \lambda = 2/3 L$$



Gambar 6. Nada atas ke 1 dawai

Frekuensi nada atas ke 2 adalah,

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

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-ferkuensi di atas, yaitu

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

### 3. Pipa Organa

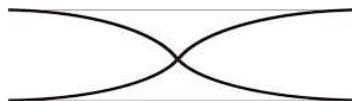
Adapun sumber bunyi yang menggunakan kolom udara sebagai sumber getarnya disebut juga pipa organa contohnya pada seruling, terompet, atau piano. Pipa organa dibagi menjadi pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.



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 1/2 gelombang , maka nada yang dihasilkannya disebut nada dasar

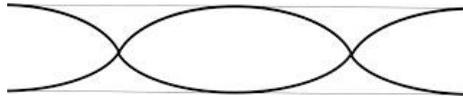
$$L = \frac{1}{2} \lambda \text{ maka } \lambda = 2L$$

sehingga persamaan frekuensi nada dasar untuk pipa organa terbuka

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

Nada atas ke 1

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



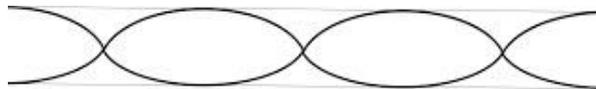
Gambar 9. Nada atas 1 pipa organa terbuka

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

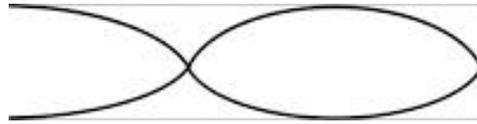
$$L = \frac{1}{4} \lambda \text{ maka } \lambda = 4L$$

Persamaan pipa organa tertutup untuk nada dasar adalah

$$f_0 = \frac{v}{4L}$$

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

$$f_1 = \frac{3v}{4L}$$

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:

$f_0$  adalah frekuensi nada dasar

$f_1$  adalah frekuensi nada atas pertama

$f_2$  adalah frtekuensi nada atas kedua  
dan seterusnya.

- Nada atas pertama ( $f_1$ )

$$f_1 / f_0 = 2/1$$

$$f_1 = 2 \times f_0 = 2 \times 300 \text{ Hz} = 600 \text{ Hz}$$

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 ( $f_3$ )

$$f_3 / f_0 = 4 / 1$$

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

#### 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 dengan 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 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$P$  : Energi tiap waktu atau daya ( $\text{W}$ )

$A$  : Luas ( $\text{m}^2$ )

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  $10^{-5} \text{ Wm}^{-2}$  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 ( $\text{watt}/\text{m}^2$ )

$I_0$  = intensitas ambang pendengaran

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

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  $2 \times 10^{-4}$  watt/m<sup>2</sup>. Pada jarak 10 m dari sumber bunyi intensitasnya adalah ...

Pembahasan :

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

$$\frac{2 \cdot 10^{-4}}{I_2} = \frac{10^2}{5^2}$$

$$I_2 = 0,5 \cdot 10^{-4}$$

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 :

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

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

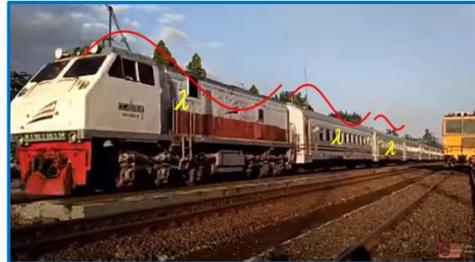
Maka frekuensi gelombang adalah

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

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 :

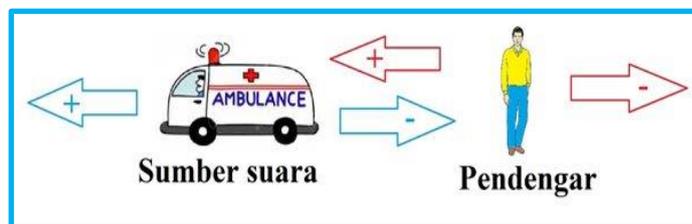
$f_p$  = frekuensi pendengar (Hz)

$f_s$  = 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)  
 $\gamma$  = 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/m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

medium zat padat

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

$v$  = cepat rambat bunyi (m/s)  
 $B$  = modulus Young (N/m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = massa jenis zat padat (kg/m<sup>3</sup>)

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/m<sup>2</sup>)

I<sub>0</sub> = intensitas ambang pendengaran

(I<sub>0</sub> = 10<sup>-12</sup> Watt/m<sup>2</sup>)

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<sub>p</sub> = frekuensi pendengar (Hz)

f<sub>s</sub> = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v<sub>p</sub> = kecepatan pendengar (m/s)

v<sub>s</sub> = 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.

## 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.*

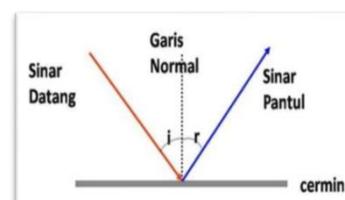


Gambar 15. bercermin

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

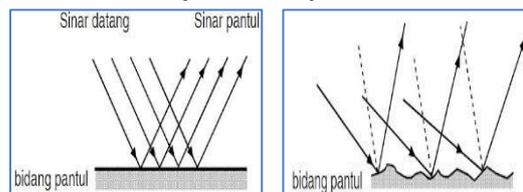
Jenis-jenis Pemantulan

*Pemantulan 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**



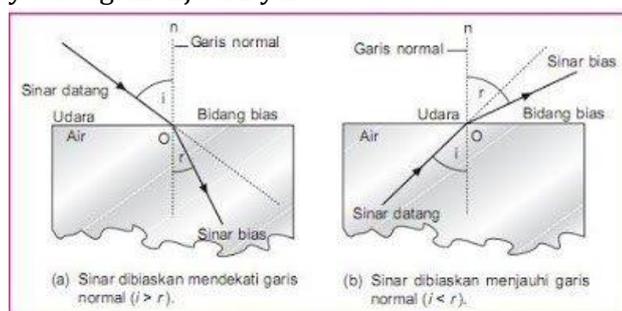
Gambar 18. Fatamorgana

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

$\theta_1$  = sudut datang

$n_2$  = indeks bias medium 2

$\theta_2$  = sudut bias

### 3. Dispersi

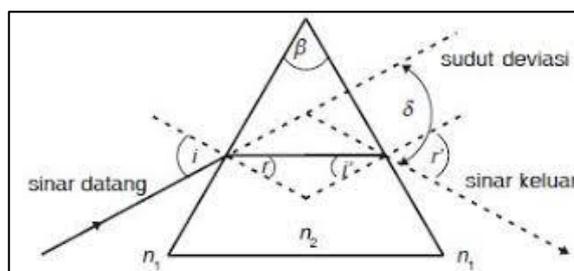


Anda tentu sering sekali melihat pelangi. Warnanya yang beraneka rupa menjadi salah satu fenomena yang sangat dinanti ketika hujan usai bahkan biasanya Anda mungkin bermain dengan benda-benda bening untuk membuat warna pelangi. Warna pelangi merupakan peristiwa penguraian cahaya yang dikenal dengan istilah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

$\delta_m$  = sudut deviasi minimum

$\beta$  = sudut pembias prisma

#### Contoh Soal

1. Seseorang menyinari sebuah kaca tebal dengan sudut  $30^\circ$  terhadap garis normal. Jika cepat rambat cahaya di dalam kaca adalah  $2 \times 10^8$  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  $\theta_r$

**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  $60^\circ$  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 :

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

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

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

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

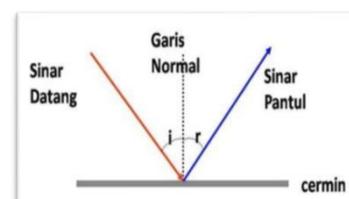
$$\delta_{min} = (1,17 - 1) 60^\circ$$

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

## C. Rangkuman

Rangkuman materi kegiatan belajar ini adalah sebagai berikut.

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



## KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

### DIFRAKSI, INTERFERENSI, DAN POLARISASI CAHAYA

#### A. Tujuan Pembelajaran



Setelah Anda telah mempelajari kegiatan belajar 2, berikutnya pelajarilah 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.

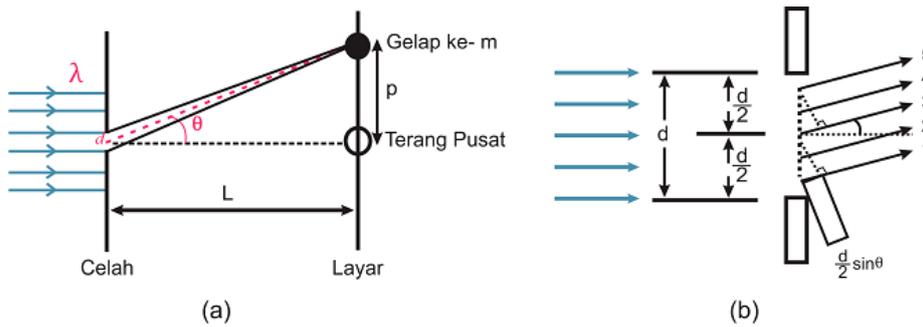
##### 1. Difraksi

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:

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

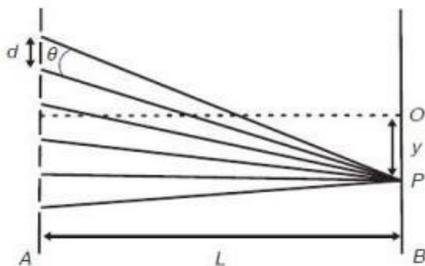
Dengan m merupakan urutan pita gelap. Jika sudut  $\theta$  memiliki nilai yang kecil maka rumus di atas akan menjadi:

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

Keterangan :  
 d = lebar celah  
 p = jarak antar terang  
 L = jarak layar  
 n =terang ke  
 $\lambda$  = 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.

- a. 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.
- c. 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 :

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

### Interferensi lapisan tipis

Persamaan interferensi maksimum

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

Persamaan interferensi minimum

$$2nt = m\lambda$$

Keterangan :

t = tebal lapisan tipis

m = orde interferensi

n = indeks bias lapisan

$\lambda$  = 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.

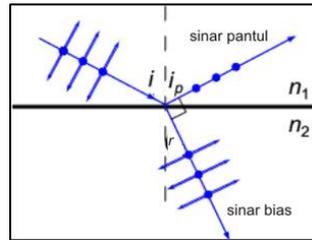
### Polarisasi karena refleksi

Pemantulan akan menghasilkan cahaya terpolarisasi jika sinar pantul dan sinar biasnya membentuk sudut  $90^\circ$ . 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

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

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

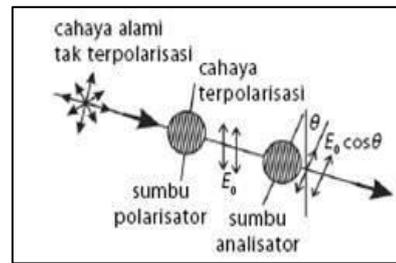
Dengan  $n_2$  adalah indeks bias medium tempat cahaya datang  $n_1$  adalah medium tempat cahaya terbiaskan, sedangkan  $i_p$  adalah sudut pantul yang merupakan sudut terpolarisasi.



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  $\theta$ . 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.



Gambar 28. Warna biru langit

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

**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 :

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

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

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

$$m = 2$$

Ditanya :  $\lambda$  ...?

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  $d = 0,01$  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.