

MODUL AJAR GELOMBANG BUNYI

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun :
Satuan Pendidikan : SMA
Kelas / Fase : XI (Sebelas) / F
Mata Pelajaran : Fisika
Alokasi Waktu : 3 x 4 JP
Tahun Penyusunan : 20 ... / 20 ...

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor kedalam kinematika dan dinamika gerak, usaha dan energi, fluida, getaran harmonis, gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep energi kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor. Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi, menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi. Peserta didik mampu memberi penguatan pada aspek fisika sesuai dengan minat untuk ke perguruan tinggi yang berhubungan dengan bidang fisika. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan profil pelajar pancasila khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong.

II. KOMPETENSI AWAL

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.

III. PROFIL PELAJAR PANCASILA

Beriman, bertakwa kepada Tuhan yang Maha Esa, bergotong royong, bernalar kritis, kreatif, inovatif, mandiri, berkebhinekaan global

IV. SARANA DAN PRASARANA

- | | | |
|----------|--------------|-------------------|
| 1. Gawai | 4. Buku Teks | 7. Handout materi |
|----------|--------------|-------------------|

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 2. Laptop/Komputer PC | 5. Papan tulis/White Board | 8. Infokus/Proyektor/Pointer |
| 3. Akses Internet | 6. Lembar kerja | 9. Referensi lain yang mendukung |

V. TARGET PESERTA DIDIK

Peserta didik reguler/tipikal: umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Blended learning melalui model pembelajaran dengan menggunakan *Project Based Learning* (PBL) terintegrasi pembelajaran berdiferensiasi berbasis *Social Emotional Learning* (SEL).

KOMPONEN INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Peserta didik 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.

II. PEMAHAMAN BERMAKNA

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

III. PERTANYAAN PEMANTIK

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 na adanya getaran yang menjalar ke telinga pendengar. Lalu bagaimana cara menentukan cepat rambat bunyi?

IV. KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PENDAHULUAN	
• Doa; absensi; menyampaikan tujuan pembelajaran; dan menyampaikan penilaian hasil pembelajaran • Memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi dan karakter yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila; yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bernalar kritis, 4) kreatif, 5) bergotong royong, dan 6) berkebinekaan global, yang merupakan salah satu kriteria standar kelulusan dalam satuan pendidikan.	
KEGIATAN INTI	
<i>Stimulus</i>	• Peserta didik diberi motivasi atau rangsangan untuk memusatkan perhatian pada topik materi : <i>Gelombang Bunyi</i>
<i>Identifikasi masalah</i>	• Guru memberikan kesempatan pada peserta didik untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin pertanyaan yang berkaitan dengan materi : <i>Gelombang Bunyi</i>
<i>Pengumpulan data</i>	• Mengamati dengan seksama materi : <i>Gelombang Bunyi</i>, dalam bentuk gambar/video/slide presentasi yang disajikan dan mencoba menginterpretasikannya • Mencari dan membaca berbagai referensi dari berbagai sumber guna menambah pengetahuan dan pemahaman tentang materi : <i>Gelombang Bunyi</i> • Mengajukan pertanyaan berkaitan dengan materi : <i>Gelombang Bunyi</i>
<i>Pembuktian</i>	• Berdiskusi tentang data dari materi : <i>Gelombang Bunyi</i>. • Peserta didik mengerjakan beberapa soal mengenai materi : <i>Gelombang Bunyi</i>.

<i>Menarik kesimpulan</i>	● Menyampaikan hasil diskusi tentang materi : <i>Gelombang Bunyi</i> berupa kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis, atau media lainnya untuk mengembangkan sikap jujur, teliti, toleransi, kemampuan berpikir sistematis, mengungkapkan pendapat dengan sopan ● Mempresentasikan hasil diskusi kelompok secara klasikal tentang materi : <i>Gelombang Bunyi</i>. ● Mengemukakan pendapat atas presentasi yang dilakukan tentang materi : <i>Gelombang Bunyi</i> dan ditanggapi oleh kelompok yang mempresentasikan ● Bertanya atas presentasi tentang materi : <i>Gelombang Bunyi</i> dan peserta didik lain diberi kesempatan untuk menjawabnya.
REFLEKSI DAN KONFIRMASI	
● Refleksi pencapaian siswa/formatif asesmen, dan refleksi guru untuk mengetahui ketercapaian proses pembelajaran dan perbaikan. ● Menginformasikan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya. ● Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa.	

V. ASESMEN PEMBELAJARAN

a) Penilaian Sikap / Profil Pelajar Pancasila

Selama proses mengajar berlangsung guru mengamati profil pelajar Pancasila pada siswa dalam pembelajaran yang meliputi Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, Kebhinekaan Global, Mandiri, Bernalar Kritis, Gotong Royong dan Kreatif

b) Penilaian Pengetahuan

Penilaian pengetahuan yang dilakukan pada Capaian Pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin di capai adalah dengan tes tertulis

c) Penilaian Keterampilan

Penilaian keterampilan yang dilakukan pada Capaian Pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin di capai adalah dengan tes unjuk kerja / praktek

Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		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 bunyi dan taraf intensitas		
5	Saya dapat memahami Efek Doppler		

6	Saya dapat mempresentasikan penerapan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari dalam bentuk laporan ilmiah		
---	---	--	--

Catatan:

- Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran.
- Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

VI. PENGAYAAN DAN REMEDIAL

Remedial

Peserta didik yang hasil belajarnya belum mencapai target, guru melakukan pengulangan materi dengan pendekatan yang lebih individual dengan memberikan tugas individu tambahan untuk memperbaiki hasil belajar peserta didik yang bersangkutan

Pengayaan

Peserta didik yang daya tangkap dan daya kerjanya lebih dari peserta didik lain, guru memberikan kegiatan pengayaan yang lebih menantang dan memperkuat daya serapnya terhadap materi yang telah diajarkan guru.

PROGRAM REMEDIAL DAN PENGAYAAN

Sekolah :

Mata Pelajaran :

Kelas / Semester : /

No	Nama Peserta Didik	Rencana Program		Tanggal Pelaksanaan	Hasil		Kesimpulan
		Remedial	Pengayaan		Sebelum	Sesudah	
1							
2							
3							
4							
5							
dst							

VII. REFLEKSI GURU DAN PESERTA DIDIK

Lembar Refleksi Guru

No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Penguasaan Materi	Apakah saya sudah memahami cukup baik materi dan aktifitas pembelajaran ini?	
2	Penyampaian Materi	Apakah materi ini sudah tersampaikan dengan cukup baik kepada peserta didik?	

3	Umpan balik	Apakah 100% peserta didik telah mencapai penguasaan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai?	
---	-------------	---	--

Lembar Refleksi Peserta Didik

No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Perasaan dalam belajar	Apa yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna dalam kehidupan saya?	
3	Penguasaan Materi	Saya dapat menguasai materi pelajaran pada hari ini a. Baik b. Cukup c. kurang	
4	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5	Gotong Royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok?	

LAMPIRAN- LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD adalah panduan dalam melakukan aktivitas pembelajaran, yaitu:

Kelas/Semester : XI /
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :
Nama siswa :
Materi pembelajaran :
.....

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 eksploransi 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
1					
2					
3					
4					
5					
dst					

LAMPIRAN 2 BAHAN BACAAN GURU DAN PESERTA DIDIK

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)

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.

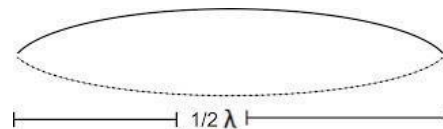
Tali dengan panjang L membentuk $1/2 \lambda$

Sehingga : $L = 1/2 \lambda$ maka $\lambda = 2L$

Maka frekuensi nada dasar adalah,

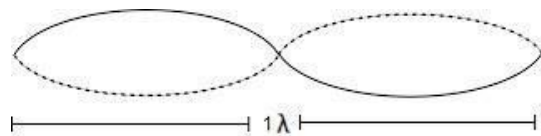
v

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



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.

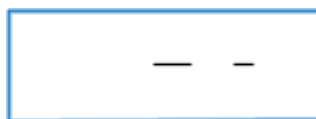
Tali dengan panjang L membentuk 1λ .

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

Frekuensi nada atas ke 1 adalah,

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

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

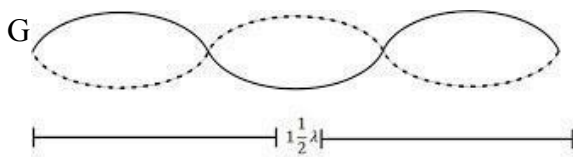


Nada Atas ke 2

Nada atas ke 2 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $1 1/2$ gelombang.

Tali dengan panjang L membentuk $1 1/2 \lambda$ atau $3/2 \lambda$

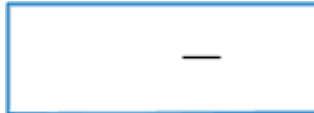
$L = 3/2 \lambda$ maka $\lambda = 2/3 L$



Frekuensi nada atas ke 2 adalah,

v

$= L$



Be 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

$1 : 2 : 3$



3.



pip
ter

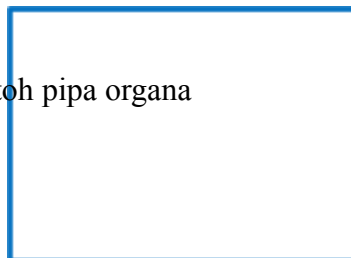


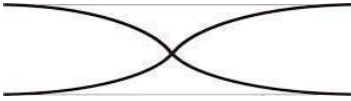
yang menggunakan kolom udara sebagai sumber getarnya disebut juga seruling, terompet, atau piano. Pipa organa dibagi menjadi pipa organa tertutup.

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

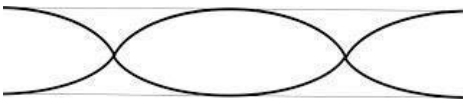
ν

$$\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L}$$



Nada atas ke 1

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



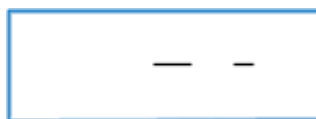
Gambar 9. Nada atas 1 pipa organa terbuka

Pipa organa dengan panjang L , dimana $L = 1 \lambda$ maka $\lambda = L$

Frekuensi nada atas ke 1 adalah

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

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



Nada atas ke 2

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $\frac{3}{2}$ gelombang, maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas ke 2.

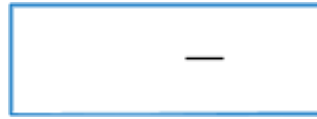


Gambar 10. Nada atas ke 2 pipa organa terbuka

Pipa organa dengan panjang L , dimana $L = \frac{3}{2} \lambda$ maka $\lambda = \frac{2}{3} L$

Persamaan nada atas ke 2 yaitu

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



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



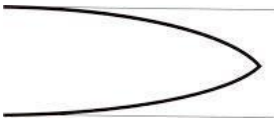
Frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa pipa organa terbuka merupakan bilangan bulat dengan perbandingan $f_n = (n + 1) \frac{v}{2L}$ $f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 2 : 3$



b. Pipa organa tertutup

Nada dasar

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $\frac{1}{4}$ gelombang, maka nada yang dihasilkannya disebut nada dasar



Gambar 11. Nada dasar pipa organa tertutup

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



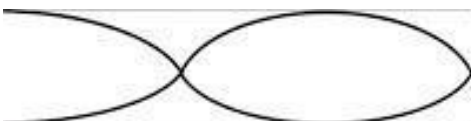
Persamaan pipa organa tertutup untuk nada dasar adalah

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



Nada atas ke 1

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $\frac{3}{4}$ gelombang, maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas ke 1



Gambar 12. Nada atas ke 1 pipa organa tertutup

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

Persamaan pipa organa tertutup untuk nada atas ke 1 adalah

◆v

f◆

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



Be pat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n pada pipa organa tertutup dapat ditentukan dengan rumus :



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

$$f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 3 : 5$$



Contoh Soal

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

- a) Nada atas pertama b) Nada atas kedua
- c) 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.

a) 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)

$$f_2 / f_0 = 3 / 1$$

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

$$f_3 / f_0 = 4 / 1$$

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

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

$$\frac{P}{A} = \dots$$

$$\frac{P}{4\pi r^2}$$

Keterangan :

I : Intensitas bunyi (W/m²)

P : Energi tiap waktu atau daya (W)

A : Luas (m²)

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 :

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

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 x 10⁻⁵ 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*.

$$TI = 10 \log \dots$$



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

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 :

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

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

$$I_2 = \frac{2 \times 10^{-4} \times 10^2}{25}$$

$$I_2 = 8 \times 10^{-4} \text{ watt/m}^2$$

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

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{50}{4\pi \times 10^2} = 0,125 \text{ W/m}^2$$

5. Efek Dopler

Pe... as. Analogikan kecepatan kereta identik dengan kecepatan... g kereta api sekitar 12,5 meter. Jika kereta bergerak dengan... ita dapat identikkan dengan gelombang sebagai berikut $\lambda =$

12

v =

M



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

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

Gambar 13. Analogi kereta sebagai gelombang

Sumber : <http://profmikra.org/?p=298>)Ini artinya, tiap gerbong akan melewati kita yang sedang berdiri setiap 0,625 detik.

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.

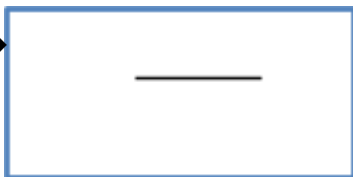
Sebaliknya, pada saat bersamaan kita bergerak searah gerak kereta, maka gerbong berikutnya akan mencapai kita lebih lambat. Periode tibanya gerbong yang kita deteksi menjadi lebih panjang. Atau frekuensi yang kita ukur menjadi lebih kecil. Jadi frekuensi tibanya gerbong yang kita ukur sangat bergantung 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 :

❖❖ =

$V \pm V_{\text{D}}$

$V \pm V_{\text{S}}$



. ❖❖

Keterangan :

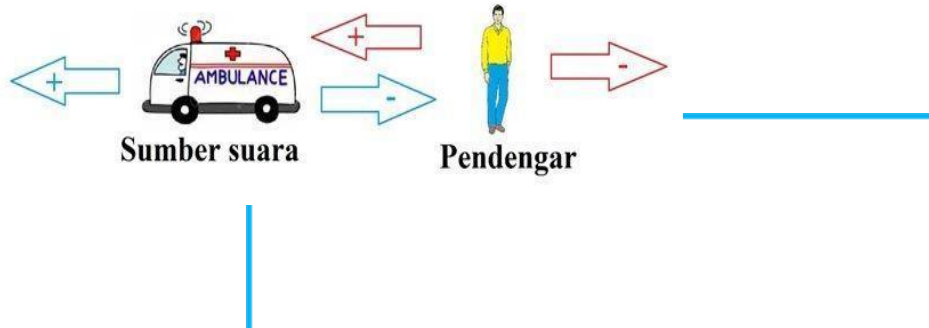
f_p = frekuensi pendengar (Hz)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v_p = kecepatan pendengar (m/s)

v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

$v =$



Gambar 14. Tanda untuk Efek Doppler

Dalam rumus efek Doppler ada beberapa perjanjian tanda

vs bernilai positif (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar. vs bernilai negatif (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar. vp bernilai positif (+) jika pendengar mendekati sumber bunyi. vp 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:

vs = 72 km/jam = 20 m/s (sumber bunyi mendekati pendengar (-))

vp = 0 m/s (pendengar diam)

fs = 940 Hz

v = 340 m/s **Ditanya:** fp? **Jawab:**

$$f_p = \frac{V + V_P}{V - V_S} f_s$$

$$f_p = \frac{340 + 0}{340 - 20} \times 940$$

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

$$f_p = 988,75 \text{ Hz}$$

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:

fs = 500 Hz

vs = 40 m/s (sumber bunyi mendekati pendengar (-)) vp = 50 m/s (pendengar mendekati sumber bunyi (+)) v = 340 m/s

Ditanya: fp ?

Jawab:

$$f_p = \frac{V + V_P}{V - V_S} f_s$$

$$f_p = \frac{340 + 50}{340 - 40} \times 500$$

$$f_p = \frac{390}{300} \times 500$$

$$f_p = 635 \text{ Hz}$$

$$f_p = 635 \text{ Hz}$$

Gelombang mekanik : gelombang yang membutuhkan medium dalam perambatannya

Gelombang longitudinal : gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya

Frekuensi : Banyaknya getaran dalam tiap sekon

Intensitas : energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus

Taraf intensitas : logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran

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

Gelombang longitudinal : Gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya

Refraksi : perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain karena kerapatan optiknya berbeda

Dispersi : peristiwa penguraian cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik melalui pembiasan atau pembelokan

Difraksi : pembelokan cahaya ketika melewati celah sempit

Celah tunggal : celah yang sangat kecil untuk dilewati cahaya

Kisi : sebaris celah sempit yang saling berdekatan dalam jumlah banyak.

Interferensi : paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru ketika memiliki beda fase yang sama

Polarisasi : peristiwa terserapnya sebagian atau seluruh arah getar gelombang.

Refleksi : atau pemantulan adalah pembalikan arah cahaya karena mengenai sebuah permukaan benda

LAMPIRAN 4

DAFTAR PUSTAKA

- 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/>

MODUL AJAR

PEMANTULAN, PEMBIASAN, DAN DISPERSI CAHAYA

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun :
Satuan Pendidikan : SMA
Kelas / Fase : XI (Sebelas) / F
Mata Pelajaran : Fisika
Alokasi Waktu : 3 x 4 JP
Tahun Penyusunan : 20 ... / 20 ...

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor kedalam kinematika dan dinamika gerak, usaha dan energi, fluida, getaran harmonis, gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep energi kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor. Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi, menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi. Peserta didik mampu memberi penguatan pada aspek fisika sesuai dengan minat untuk ke perguruan tinggi yang berhubungan dengan bidang fisika. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan profil pelajar pancasila khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong.

II. KOMPETENSI AWAL

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.

III. PROFIL PELAJAR PANCASILA

Beriman, bertakwa kepada Tuhan yang Maha Esa, bergotong royong, bernalar kritis, kreatif, inovatif, mandiri, berkebhinekaan global

IV. SARANA DAN PRASARANA

1. Gawai

4. Buku Teks

7. Handout materi

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 2. Laptop/Komputer PC | 5. Papan tulis/White Board | 8. Infokus/Proyektor/Pointer |
| 3. Akses Internet | 6. Lembar kerja | 9. Referensi lain yang mendukung |

V. TARGET PESERTA DIDIK

Peserta didik reguler/tipikal: umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Blended learning melalui model pembelajaran dengan menggunakan *Project Based Learning* (PBL) terintegrasi pembelajaran berdiferensiasi berbasis *Social Emotional Learning* (SEL).

KOMPONEN INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Peserta didik dapat menerapkan konsep dan prinsip gelombang cahaya yang meliputi pemantulan, pembiasan, dan dispersi cahaya. Peserta didik juga diharapkan mampu melakukan percobaan pemantulan cahaya secara mandiri

II. PEMAHAMAN BERMAKNA

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

III. PERTANYAAN PEMANTIK

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?

IV. KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PENDAHULUAN	
	• Doa; absensi; menyampaikan tujuan pembelajaran; dan menyampaikan penilaian hasil pembelajaran • Memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi dan karakter yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila; yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bernalar kritis, 4) kreatif, 5) bergotong royong, dan 6) berkebinekaan global, yang merupakan salah satu kriteria standar kelulusan dalam satuan pendidikan.
KEGIATAN INTI	
<i>Stimulus</i>	• Peserta didik diberi motivasi atau rangsangan untuk memusatkan perhatian pada topik materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i>
<i>Identifikasi masalah</i>	• Guru memberikan kesempatan pada peserta didik untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin pertanyaan yang berkaitan dengan materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i>
<i>Pengumpulan data</i>	• Mengamati dengan seksama materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i>, dalam bentuk gambar/video/slide presentasi yang disajikan dan mencoba menginterpretasikannya • Mencari dan membaca berbagai referensi dari berbagai sumber guna menambah pengetahuan dan pemahaman tentang materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i> • Mengajukan pertanyaan berkaitan dengan materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i>
<i>Pembuktian</i>	• Berdiskusi tentang data dari materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i>.

	• Peserta didik mengerjakan beberapa soal mengenai materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i>.
<i>Menarik kesimpulan</i>	• Menyampaikan hasil diskusi tentang materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i> berupa kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis, atau media lainnya untuk mengembangkan sikap jujur, teliti, toleransi, kemampuan berpikir sistematis, mengungkapkan pendapat dengan sopan • Mempresentasikan hasil diskusi kelompok secara klasikal tentang materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i>. • Mengemukakan pendapat atas presentasi yang dilakukan tentang materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i> dan ditanggapi oleh kelompok yang mempresentasikan • Bertanya atas presentasi tentang materi : <i>Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya</i> dan peserta didik lain diberi kesempatan untuk menjawabnya.
REFLEKSI DAN KONFIRMASI	
• Refleksi pencapaian siswa/formatif asesmen, dan refleksi guru untuk mengetahui ketercapaian proses pembelajaran dan perbaikan. • Menginformasikan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya. • Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa.	

V. ASESMEN PEMBELAJARAN

- Penilaian Sikap / Profil Pelajar Pancasila
Selama proses mengajar berlangsung guru mengamati profil pelajar Pancasila pada siswa dalam pembelajaran yang meliputi Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, Kebhinekaan Global, Mandiri, Bernalar Kritis, Gotong Royong dan Kreatif
- Penilaian Pengetahuan
Penilaian pengetahuan yang dilakukan pada Capaian Pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin di capai adalah dengan tes tertulis
- Penilaian Keterampilan
Penilaian keterampilan yang dilakukan pada Capaian Pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin di capai adalah dengan tes unjuk kerja / praktek

Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		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		
---	--	--	--

Catatan:

- Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran.
- Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

VI. PENGAYAAN DAN REMEDIAL

Remedial

Peserta didik yang hasil belajarnya belum mencapai target, guru melakukan pengulangan materi dengan pendekatan yang lebih individual dengan memberikan tugas individu tambahan untuk memperbaiki hasil belajar peserta didik yang bersangkutan

Pengayaan

Peserta didik yang daya tangkap dan daya kerjanya lebih dari peserta didik lain, guru memberikan kegiatan pengayaan yang lebih menantang dan memperkuat daya serapnya terhadap materi yang telah diajarkan guru.

PROGRAM REMEDIAL DAN PENGAYAAN

Sekolah :

Mata Pelajaran :

Kelas / Semester : /

No	Nama Peserta Didik	Rencana Program		Tanggal Pelaksanaan	Hasil		Kesimpulan
		Remedial	Pengayaan		Sebelum	Sesudah	
1							
2							
3							
4							
5							
dst							

VII. REFLEKSI GURU DAN PESERTA DIDIK

Lembar Refleksi Guru

No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Penguasaan Materi	Apakah saya sudah memahami cukup baik materi dan aktifitas pembelajaran ini?	
2	Penyampaian Materi	Apakah materi ini sudah tersampaikan dengan cukup baik kepada peserta didik?	

3	Umpan balik	Apakah 100% peserta didik telah mencapai penguasaan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai?	
---	-------------	---	--

Lembar Refleksi Peserta Didik

No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Perasaan dalam belajar	Apa yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna dalam kehidupan saya?	
3	Penguasaan Materi	Saya dapat menguasai materi pelajaran pada hari ini a. Baik b. Cukup c. kurang	
4	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5	Gotong Royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok?	

LAMPIRAN- LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD adalah panduan dalam melakukan aktivitas pembelajaran, yaitu:

Kelas/Semester : XI /
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :
Nama siswa :
Materi pembelajaran :
.....

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

Petunjuk Kerja :

- PEMANTULAN CAHAYA1.** Ambillah Laser pointer dan cermin, kemudian arahkan laser pointer ke posisi tegak lurus cermin. Amati posisi sinar pantulnya!
- Lakukan langkah 1 dengan sudut sinar datang yang diubah-ubah, dan amati sinar pantul dari perubahan sudut. Buatlah data untuk 5 perubahan sudut (15o, 30o, 45o, 60o, 75o)
- Catatlah hasil pengamatanmu di buku fisika dan laporkan hasilnya dan kesimpulan dari percobaan sederhana tentang pemantulan cahaya.

LAMPIRAN 2

BAHAN BACAAN GURU DAN PESERTA DIDIK

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

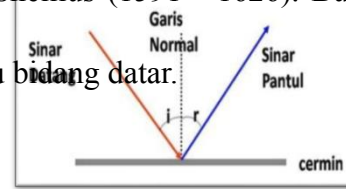


Pemantulan cahaya adalah pembalikan arah pada cahaya yang mengenai sebuah permukaan. Pemantulan cahaya dapat terjadi pada permukaan yang halus dan mengkilap. Salah satu contohnya adalah cermin.

Hukum pemantulan cahaya yang dikemukakan oleh Alhazan (1000-1626). 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.

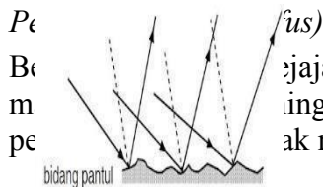
Gambar 16. Hukum pemantulan cahaya



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.



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 tidak rata).

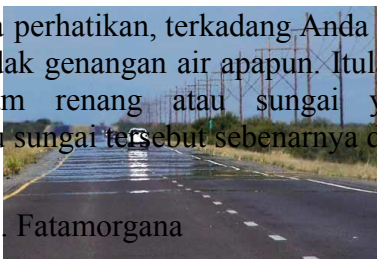


Gambar 17. Pemantulan Teratur dan pemantulan baur

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

Coba Anda perhatikan, terkadang Anda melihat genangan air di jalan raya, namun ketika mendekat, ternyata tidak ada 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.



Gambar 18. Fatamorgana

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

datang akan dibiaskan menjauhi garis normal. menuju udara.



m Snellius

ke

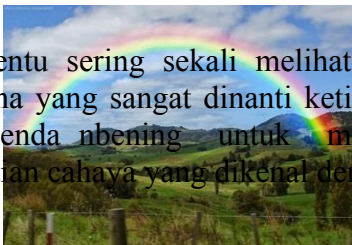
n_1 = indeks bias medium 1

◆◆1 = sudut datang

n_2 = indeks bias medium 2

◆◆1 = sudut bias

3. Dispersi



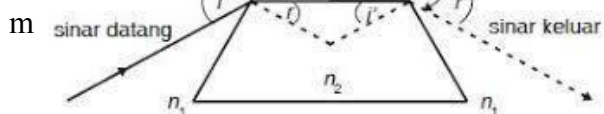
Anda tentu sering sekali melihat pelangi. Warnanya yang beraneka rupa menjadi salah satu fenomena yang sangat dinanti ketika hujan usai bahkan biasanya Anda mungkin bermain dengan benda-benda bening untuk membuat warna pelangi. Warna pelangi merupakan peristiwa penguraian cahaya yang dikenal dengan istilah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

inar tersebut kemudian meninggalkan prisma dengan antara sinar yang menuju prisma dengan sinar yang deviasi. Besar sudut deviasi tergantung pada besar kecil disebut sudut deviasi minimum. Sudut deviasi



Gambar 21. Dispersi pada prisma

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

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

Keterangan :

δ_m = sudut deviasi minimum

i' = sudut pembias prisma

LAMPIRAN 3

GLOSARIUM

Gelombang mekanik : gelombang yang membutuhkan medium dalam perambatannya

Gelombang longitudinal : gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya

Frekuensi : Banyaknya getaran dalam tiap sekon

Intensitas : energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus

Taraf intensitas : logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran

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

Gelombang longitudinal : Gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya

Refraksi : perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain karena kerapatan optiknya berbeda

Dispersi : peristiwa penguraian cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik melalui pembiasan atau pembelokan

Difraksi : pembelokan cahaya ketika melewati celah sempit

Celah tunggal : celah yang sangat kecil untuk dilewati cahaya

Kisi : sebaris celah sempit yang saling berdekatan dalam jumlah banyak.

Interferensi : paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru ketika memiliki beda fase yang sama

Polarisasi : peristiwa terserapnya sebagian atau seluruh arah getar gelombang.

Refleksi : atau pemantulan adalah pembalikan arah cahaya karena mengenai sebuah permukaan benda

LAMPIRAN 4

DAFTAR PUSTAKA

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/>

DIFRAKSI, INTERFERENSI, DAN POLARISASI CAHAYA

- #### IV. SARANA DAN PRASARANA

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 2. Laptop/Komputer PC | 5. Papan tulis/White Board | 8. Infokus/Proyektor/Pointer |
| 3. Akses Internet | 6. Lembar kerja | 9. Referensi lain yang mendukung |

V. TARGET PESERTA DIDIK

Peserta didik reguler/tipikal: umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Blended learning melalui model pembelajaran dengan menggunakan *Project Based Learning* (PBL) terintegrasi pembelajaran berdiferensiasi berbasis *Social Emotional Learning* (SEL).

KOMPONEN INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Peserta didik dapat menerapkan sifat gelombang cahaya yang meliputi difraksi, interferensi, dan polarisasi. Anda juga dapat melakukan percobaan difraksi cahaya sederhana dengan teliti

II. PEMAHAMAN BERMAKNA

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

III. PERTANYAAN PEMANTIK

Kalian 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 kalian juga sering melihat bangunan rumah atau kantor yang jendelanya dibuat dengan celah-celah kecil? Atau kenapa kalian 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.

IV. KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PENDAHULUAN	
• Doa; absensi; menyampaikan tujuan pembelajaran; dan menyampaikan penilaian hasil pembelajaran • Memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi dan karakter yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila; yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, 2) mandiri, 3) bernalar kritis, 4) kreatif, 5) bergotong royong, dan 6) berkebinekaan global, yang merupakan salah satu kriteria standar kelulusan dalam satuan pendidikan.	
KEGIATAN INTI	
<i>Stimulus</i>	• Peserta didik diberi motivasi atau rangsangan untuk memusatkan perhatian pada topik materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i>

<i>Identifikasi masalah</i>	● Guru memberikan kesempatan pada peserta didik untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin pertanyaan yang berkaitan dengan materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i>
<i>Pengumpulan data</i>	● Mengamati dengan seksama materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i>, dalam bentuk gambar/video/slide presentasi yang disajikan dan mencoba menginterpretasikannya ● Mencari dan membaca berbagai referensi dari berbagai sumber guna menambah pengetahuan dan pemahaman tentang materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i> ● Mengajukan pertanyaan berkaitan dengan materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i>
<i>Pembuktian</i>	● Berdiskusi tentang data dari materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i>. ● Peserta didik mengerjakan beberapa soal mengenai materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i>.
<i>Menarik kesimpulan</i>	● Menyampaikan hasil diskusi tentang materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i> berupa kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis, atau media lainnya untuk mengembangkan sikap jujur, teliti, toleransi, kemampuan berpikir sistematis, mengungkapkan pendapat dengan sopan ● Mempresentasikan hasil diskusi kelompok secara klasikal tentang materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i>. ● Mengemukakan pendapat atas presentasi yang dilakukan tentang materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i> dan ditanggapi oleh kelompok yang mempresentasikan ● Bertanya atas presentasi tentang materi : <i>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya</i> dan peserta didik lain diberi kesempatan untuk menjawabnya.
REFLEKSI DAN KONFIRMASI	
● Refleksi pencapaian siswa/formatif asesmen, dan refleksi guru untuk mengetahui ketercapaian proses pembelajaran dan perbaikan. ● Menginformasikan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya. ● Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa.	

V. ASESMEN PEMBELAJARAN

a) Penilaian Sikap / Profil Pelajar Pancasila

Selama proses mengajar berlangsung guru mengamati profil pelajar Pancasila pada siswa dalam pembelajaran yang meliputi Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, Kebhinekaan Global, Mandiri, Bernalar Kritis, Gotong Royong dan Kreatif

b) Penilaian Pengetahuan

Penilaian pengetahuan yang dilakukan pada Capaian Pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin di capai adalah dengan tes tertulis

c) Penilaian Keterampilan

Penilaian keterampilan yang dilakukan pada Capaian Pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin di capai adalah dengan tes unjuk kerja / praktek

Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		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		

Catatan:

- Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran.
- Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

VI. PENGAYAAN DAN REMEDIAL

Remedial

Peserta didik yang hasil belajarnya belum mencapai target, guru melakukan pengulangan materi dengan pendekatan yang lebih individual dengan memberikan tugas individu tambahan untuk memperbaiki hasil belajar peserta didik yang bersangkutan

Pengayaan

Peserta didik yang daya tangkap dan daya kerjanya lebih dari peserta didik lain, guru memberikan kegiatan pengayaan yang lebih menantang dan memperkuat daya serapnya terhadap materi yang telah diajarkan guru.

PROGRAM REMEDIAL DAN PENGAYAAN

Sekolah :

Mata Pelajaran :

Kelas / Semester : /

No	Nama Peserta Didik	Rencana Program		Tanggal Pelaksanaan	Hasil		Kesimpulan
		Remedial	Pengayaan		Sebelum	Sesudah	
1							
2							
3							
4							
5							
dst							

VII. REFLEKSI GURU DAN PESERTA DIDIK

Lembar Refleksi Guru

No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Penguasaan Materi	Apakah saya sudah memahami cukup baik materi dan aktifitas pembelajaran ini?	
2	Penyampaian Materi	Apakah materi ini sudah tersampaikan dengan cukup baik kepada peserta didik?	
3	Umpan balik	Apakah 100% peserta didik telah mencapai penguasaan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai?	

Lembar Refleksi Peserta Didik

No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Perasaan dalam belajar	Apa yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna dalam kehidupan saya?	
3	Penguasaan Materi	Saya dapat menguasai materi pelajaran pada hari ini a. Baik b. Cukup c. kurang	
4	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5	Gotong Royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok?	

LAMPIRAN- LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD adalah panduan dalam melakukan aktivitas pembelajaran, yaitu:

Kelas/Semester : XI /
Mata Pelajaran :
Hari/Tanggal :
Nama siswa :
Materi pembelajaran :
.....

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

Petunjuk Kerja :

DIFRAKSI PADA CD1. 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.

LAMPIRAN 2

BAHAN BACAAN GURU DAN PESERTA DIDIK

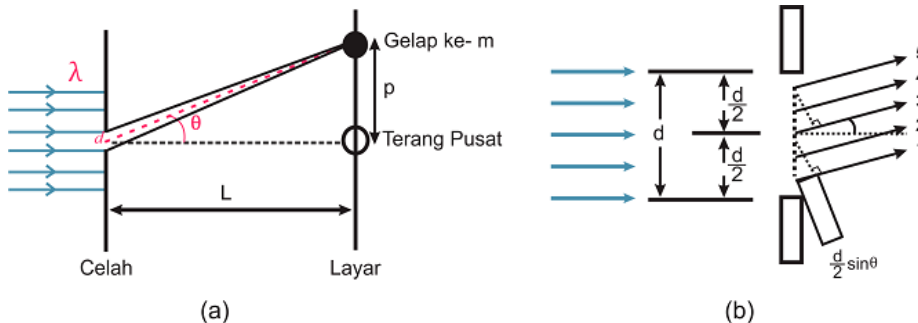
1. Difraksi

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:

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

$$L$$



Keterangan :

d = lebar celah

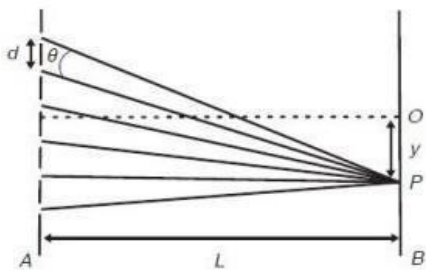
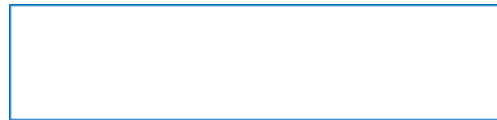
p = jarak antar terang

L = jarak layar n =terang ke

λ = panjang gelombang

Difraksi pada Kisi

sa de $d \sin \theta = n \lambda$ atau $\frac{d \cdot y}{L} = n \lambda$ jika cahaya melalui banyak celah sempit terpisah sejajar Celah semacam ini disebut kisi difraksi atau sering disebut



Gambar 24. Difraksi pada kisi

d = konstanta = $1/N$

N = Jumlah celah/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 :

$$d \sin \theta = m \lambda$$

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

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

Interferensi lapisan tipis

Persamaan interferensi maksimum

$$2nt = m \lambda$$

Keterangan :

t = tebal lapisan tipis m = orde interferensi

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

n = indeks bias lapisan

λ = panjang gelombang

3. Polarisasi



Gambar 25. Kacamata hitam ketika

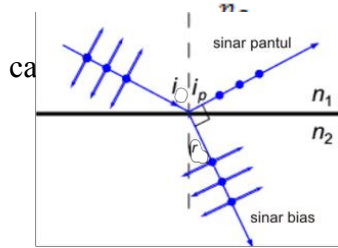
Pernahkah Anda menggunakan kacamata hitam? Dapatkah Anda membedakan intensitas atau tingkat kecerahan cahaya sebelum dan sesudah menggunakan kacamata? Ketika menggunakan kacamata, Anda akan mendapatkan cahaya di sekeliling Anda menjadi lebih redup. Kenyataan tersebut terjadi karena cahaya yang mengenai 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 $i_p + r = 90^\circ$

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



indeks bias medium tempat cahaya datang n_1 adalah medium tempat gkan i_p adalah sudut pantul yang merupakan sudut terpolarisasi.



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.



Gambar 28. Warna biru langitCahaya biru memiliki panjang gelombang lebih pendek daripada cahaya merah, maka cahaya itulah yang lebih banyak dihamburkan dan warna itulah yang sampai ke mata

LAMPIRAN 3

GLOSARIUM

Gelombang mekanik : gelombang yang membutuhkan medium dalam perambatannya

Gelombang longitudinal : gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya

Frekuensi : Banyaknya getaran dalam tiap sekon

Intensitas : energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus

Taraf intensitas : logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran

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

Gelombang longitudinal : Gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya

Refraksi : perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain karena kerapatan optiknya berbeda

Dispersi : peristiwa penguraian cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik melalui pembiasan atau pembelokan

Difraksi : pembelokan cahaya ketika melewati celah sempit

Celah tunggal : celah yang sangat kecil untuk dilewati cahaya

Kisi : sebaris celah sempit yang saling berdekatan dalam jumlah banyak.

Interferensi : paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru ketika memiliki beda fase yang sama

Polarisasi : peristiwa terserapnya sebagian atau seluruh arah getar gelombang.

Refleksi : atau pemantulan adalah pembalikan arah cahaya karena mengenai sebuah permukaan benda

LAMPIRAN 4

DAFTAR PUSTAKA

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/>