



Harmoni dalam Keberagaman

ILMU PENGETAHUAN ALAM (IPA) PAKET B SETARA SMP/MTs KELAS VIII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat
Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan
Tahun 2018

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Paket B Setara SMP/MTs Kelas VIII
Modul Tema 11 : Getaran, Gelombang, Bunyi dan Cahaya Di Sekitarku

- **Penulis:** Udik Pujiyanto, ST; Binti Ni'matul Khoir, S.Pd
- **Diterbitkan oleh:** Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan-
Ditjen Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat-Kementerian Pendidikan dan
Kebudayaan, 2018

iv+ 80 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

Modul Dinamis: Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip flexible learning sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan pusat kurikulum dan perbukuan kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, Desember 2018
Direktur Jenderal

Harris Iskandar

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Kata Pengantar.....	iii
Petunjuk Penggunaan Modul.....	1
Unit 1	3
Unit 1 Getaran, Gelombang, Bunyi di Sekitarku.....	3
1.1 Getaran	4
1.2 Gelombang.....	7
1.3 Bunyi	10
1.4 Sistem Pendengaran pada Manusia.....	19
1.5 Sistem Sonar pada Hewan	22
1.6 Pemanfaatan Gelombang Bunyi dalam Keidupan Sehari-hari	24
Rangkuman.....	26
Soal Evaluasi Unit 1	27
Unit 2	30
Unit 2 Kemilau Cahaya	30
2.1 Cahaya	31
2.2 Pembentukan Bayangan pada Cermin dan Lensa.....	35
2.3 Penglihatan Manusia	51
2.4 Penglihatan Serangga.....	59
2.5 Alat Optik	60
Rangkuman.....	66
Soal Evaluasi Unit 2	67
Kunci Jawaban	72
Kriteria Pindah/ Lulus Modul	77
Daftar Pustaka.....	78

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Bacalah petunjuk pada modul ini sehingga anda bisa memahami kegunaan, isi, serta tujuan yang ingin dicapai dalam mempelajari modul ini
2. Disarankan untuk menggunakan sumberdaya, kearifan lokal, tradisi dan budaya atau muatan daerah setempat sebagai ciri khas mata pelajaran.
3. Disarankan untuk menggunakan alat, bahan dan media sesuai yang tercantum pada setiap penugasan.
4. Disarankan untuk menggunakan berbagai referensi yang mendukung atau terkait dengan materi pembelajaran.
5. Bacalah dengan seksama uraian materi yang tertuang pada modul ini, agar anda mampu mengerjakan soal-soal evaluasi yang diberikan
6. Kerjakan penugasan pada setiap unit dan pokok bahasan pada modul, agar anda mampu memahami konsep dan memenuhi tujuan pembelajaran yang diharapkan.
7. Apabila anda mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang harus dipahami dari modul ini, coba diskusikan dengan teman kelompok belajar, atau kepada tutor yang membimbing anda.
8. Mampu menyelesaikan 70% dari semua materi dan penugasan maka Anda dapat dikatakan TUNTAS belajar modul ini.

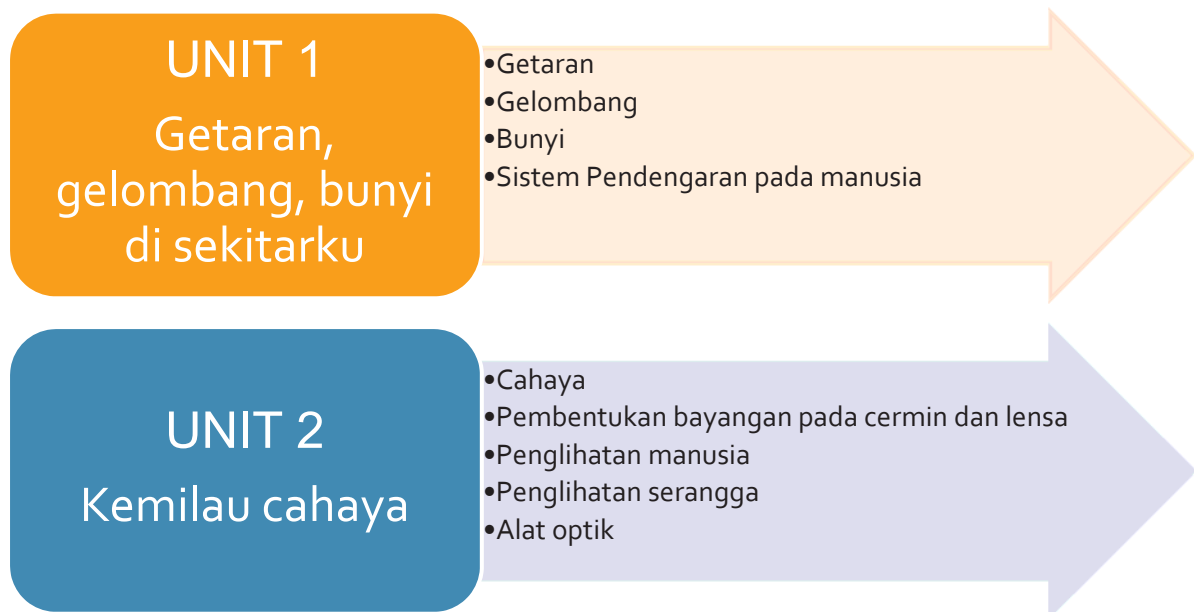
TUJUAN YANG DIHARAPKAN SETELAH MEMPELAJARI MODUL

Setelah mempelajari modul ini, peserta didik diharapkan dapat:

1. Mendeskripsikan karakteristik getaran, gelombang dan bunyi
2. Mendeskripsikan mekanisme mendengar pada manusia dan hewan
3. Membandingkan pengamatan tentang getaran, bunyi dan gelombang
4. Mendeskripsikan fenomena cahaya pada kehidupan sehari-hari
5. Mendeskripsikan pembentukan bayangan pada cermin, lensa mata manusia dan serangga
6. Membandingkan pengamatan cara kerja mata manusia dan serangga dengan beberapa alat optik

PENGANTAR MODUL

Modul ini memuat materi tentang (1) getaran, (2) gelombang, (3) gelombang bunyi dan (4) gelombang suara. Peserta didik akan mempelajari tentang konsep getaran, konsep gelombang, konsep bunyi, sistem pendengaran pada manusia, pemanfaatan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari, dan sistem sonar pada hewan di unit 1. Selanjutnya, peserta didik akan mempelajari tentang sifat-sifat cahaya, pembentukan bayangan pada cermin dan lensa, proses penglihatan pada manusia, proses pembentukan bayangan pada mata serangga, dan konsep alat optik di unit 2. Selain materi, modul ini juga memuat latihan soal, penugasan baik individu maupun kelompok, serta latihan evaluasi



UNIT 1

GETARAN, GELOMBANG, BUNYI DI SEKITARKU



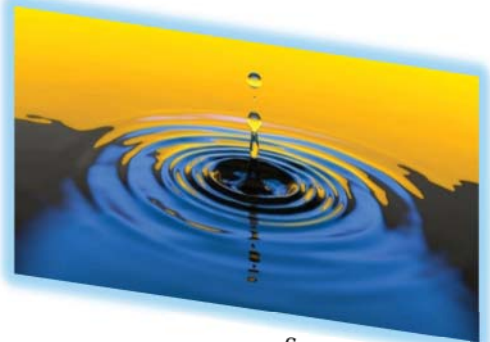
Sumber: bukubiruku.com

Gambar 1. Memetik gitar

Ketika kamu melemparkan batu ke kolam, Bagaimanakah bentuk permukaan air kolam tersebut? Ketika berlibur ke pantai dan kamu memperhatikan ombak di laut, bagaimanakah bentuk ombak tersebut?

Pertanyaan-pertanyaan di atas bisa terjawab dengan konsep getaran dan gelombang. Banyak fenomena di sekitar kita yang merupakan penerapan dari konsep getaran dan gelombang, namun terkadang kita masih belum memahami bagaimana fenomena tersebut bisa terjadi. Untuk itu kita perlu belajar dan memahami bagaimana konsep getaran dan gelombang. Di dalam modul ini akan disajikan uraian tentang getaran dan gelombang yang ada di sekitar kita sehari-hari.

Gitar adalah salah satu jenis alat musik yang sering dimainkan. Ketika kamu memetik gitar, bunyi yang dihasilkannya terdengar sampai ke telinga. Jika posisi tangan kiri yang memegang kunci gitar diubah-ubah, maka terdengarlah alunan nada-nada yang indah dan enak didengar. Bagaimana suara merdu dari gitar tersebut bisa sampai ke telinga kita?



Sumber: pxhere.com

Gambar 2. Gelombang permukaan air kolam



Sumber: pxhere.com

Gambar 3. Gelombang permukaan air laut

1.1 GETARAN

Untuk memahami tentang getaran, lakukanlah kegiatan berikut:

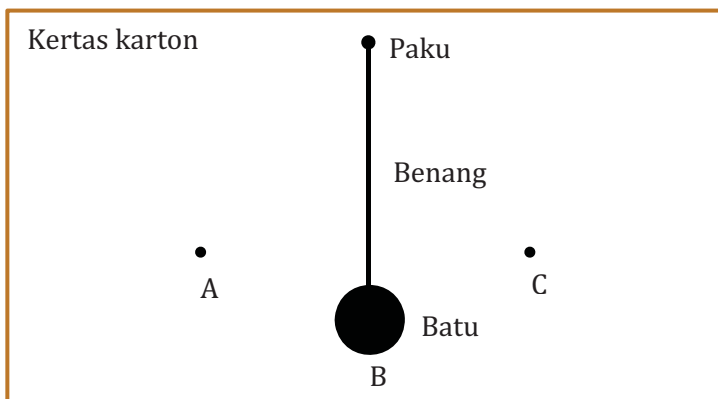
Penugasan 1 “Ayunan Sederhana”

Tujuan:

Mempelajari konsep Getaran

Alat dan Bahan:

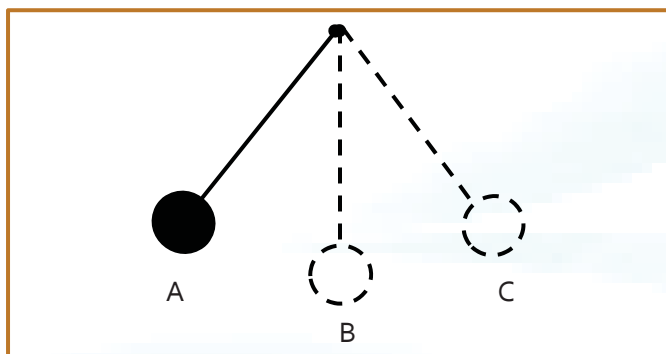
1. Paku
2. Batu
3. Benang
4. Kertas karton
5. Spidol



Cara kerja:

1. Ikatlah batu dengan benang, kemudian ikatlah ujung satunya pada paku yang sudah ditancapkan ke dinding dengan catatan batu jangan sampai mengenai dinding.
2. Tempelkan kertas karton di dinding sehingga menjadi latar dari batu tersebut.
3. Buatlah tiga titik A, B dan C seperti pada gambar.
4. Tariklah batu ke titik A, kemudian amatilah apa yang terjadi!
5. Buatlah kesimpulan tentang lintasan yang dilalui batu tersebut!

Saat batu ditarik ke titik A, batu tersebut akan berayun seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4 ayunan sederhana yang diberi simpangan

Batu akan berayun melalui lintasan A – B – C – B – A dan terus berayun melalui lintasan yang sama. Semakin lama simpangan AB dan simpangan BC akan semakin kecil sampai akhirnya batu akan berhenti berayun.

Peristiwa berayunnya batu di atas disebut dengan **getaran**. **Getaran** dapat didefinisikan sebagai gerakan

bolak balik secara periodik melalui titik kesetimbangan. Pada peristiwa di atas titik kesetimbangannya adalah titik B. Satu getaran adalah gerak dari satu titik kembali ke titik awal. Pada peristiwa di atas satu getaran adalah gerakan batu dari titik A – B – C – B – A.

Contoh peristiwa getaran selain ayunan sederhana di atas adalah senar gitar yang dipetik, gendang yang dipukul, pita suara ketika kita berbicara, pegas yang diberi beban kemudian diberi simpangan dan dibiarkan bergerak bolak-balik di sekitar titik kesetimbangannya, mistar plastik yang salah satu ujungnya ditahan tetap dan ujung yang lain diberi simpangan akan bergetar pula.

Parameter pada getaran

1. Amplitudo Getaran (A)

Amplitudo didefinisikan sebagai simpangan getaran maksimum diukur dari titik kesetimbangan (cm). Pada penugasan 1 amplitudo getarannya adalah BA atau BC karena simpangan batu tidak pernah melebihi titik A dan titik C.

2. Periode (T)

Periode didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali getaran penuh.

$$T = \frac{t}{n}$$

Keterangan:

T = periode (sekon)

t = waktu (sekon)

n = jumlah getaran

3. Frekuensi (f)

Frekuensi didefinisikan sebagai banyaknya getaran yang dilakukan tiap detik.

$$f = \frac{n}{t}$$

Keterangan:

f = frekuensi (Hertz)

t = waktu (sekon)

n = jumlah getaran

Hubungan antara periode dan frekuensi bisa dituliskan sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{T} \text{ atau } T = \frac{1}{f}$$

Agar kamu lebih memahami tentang periode dan frekuensi, lakukanlah aktivitas berikut!

Penugasan 2 “Periode dan Frekuensi”

Tujuan:

Mempelajari konsep periode dan frekuensi

Alat dan Bahan:

1. Paku
2. Batu
3. Benang 50 cm
4. Stopwatch

Cara kerja:

1. Buatlah ayunan sederhana dengan menggunakan batu, paku dan benang.
2. Berilah simpangan pada batu sejauh 6 cm dari titik kesetimbangan.
3. Lepaskan batu tersebut sehingga terjadi getaran.
4. Catatlah waktu yang diperlukan untuk membuat 5, 10, 15, 20, dan 25 getaran.
5. Catatlah hasil pengamatanmu dan hitunglah periode dan frekuensinya.

No	Jumlah Getaran	Waktu	Periode	Frekuensi
1	5			
2	10			
3	15			
4	20			
5	25			

6. Bagaimana hubungan antara periode dan frekuensi berdasarkan hasil pengamatan kalian?

Contoh Soal

Sebuah bandul bergetar 60 kali dalam 3 sekon. Berapakah frekuensi dan periode bandul tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui:

$n = 60$ kali

$t = 3$ sekon

Ditanya:

a. f ?

b. T ?

Jawab:

a. $f = \frac{n}{t} = \frac{60}{3} = 20 \text{ Hz}$

b. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0,5 \text{ s}$

1.2 GELOMBANG



Sumber: Giancoli.2005

Gambar 5 . Gelombang air karena adanya usikan/ gangguan

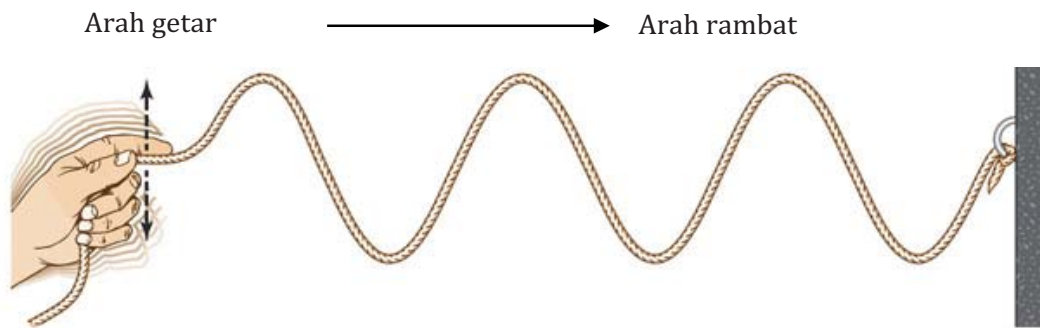
Gelombang merupakan getaran yang merambat. Contoh sederhana seperti pada gambar di atas. Benda yang kalian lemparkan tersebut akan menyebabkan terjadinya gelombang yang membentuk lingkaran-lingkaran yang merambat keluar, menjauhi dari tempat jatuhnya benda yang dilemparkan tadi. Jika di permukaan air tersebut terdapat gabus atau tumbuhan air yang mengapung, maka akan terlihat bahwa gabus atau tumbuhan air tersebut tidak ikut merambat menjauh, melainkan hanya bergerak naik dan turun secara periodik. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun gelombang air merambat menjauhi tempat jatuhnya benda yang dilemparkan, air tidak ikut merambat. Air hanya berfungsi sebagai medium perambatan gelombang. Secara umum berlaku bahwa ketika gelombang merambat, mediumnya tidak ikut merambat. Dalam perambatannya, gelombang membawa energi dari suatu tempat ke tempat lainnya.

JENIS GELOMBANG

Berdasarkan medium perambatnya, gelombang dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. **Gelombang mekanik** adalah gelombang yang dalam perambatannya memerlukan medium, misalnya gelombang tali, gelombang air, dan gelombang bunyi. **Gelombang elektromagnetik** adalah gelombang yang dapat merambat tanpa medium, misalnya gelombang radio, gelombang cahaya, dan gelombang radar.

Berdasarkan arah perambatannya, gelombang mekanik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

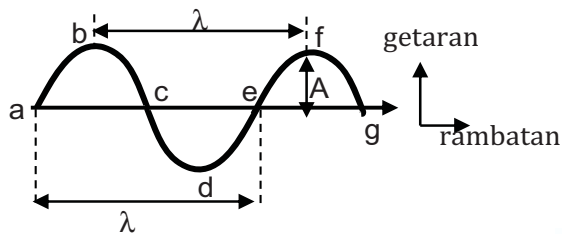
1. GELOMBANG TRANSVERSAL



Sumber: 1.bp.blogspot.com

Gambar 6. arah getar dan arah rambat gelombang tali

Ketika kamu menghentakkan tali secara vertikal sementara ujung yang satunya diikat ke dinding, akan terbentuk gelombang yang menjalar dari ujung yang kamu pegang ke ujung yang diikat di dinding. Arah gelombang tersebut mendatar (horizontal). Arah gelombang ini disebut dengan **arah rambat**, sedangkan hentakan yang kamu berikan disebut dengan **arah getar**. Gelombang seperti ini disebut dengan **gelombang transversal**. Jadi **Gelombang transversal** adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus terhadap arah perambatannya; misal gelombang pada tali, gelombang permukaan air, dan cahaya.

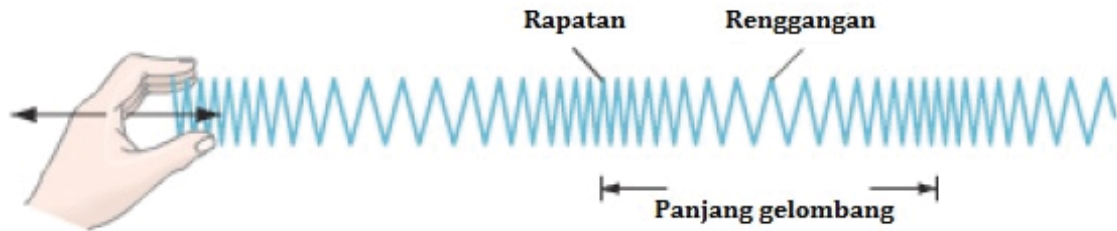


Gambar 7. skema gelombang transversal

Beberapa istilah pada gelombang transversal adalah sebagai berikut.

- Puncak gelombang = titik b dan f
- Bukit gelombang = lengkungan abc, efg
- Lembah gelombang = lengkungan cde
- Dasar gelombang = titik d
- Simpul gelombang = titik a, c, e, dan g
- Amplitudo (A) = simpangan terjauh diukur dari titik seimbang
- Panjang gelombang (λ) = jarak antara dua puncak yang berdekatan
- Satu gelombang (1λ) = terdiri dari satu bukit dan satu lembah

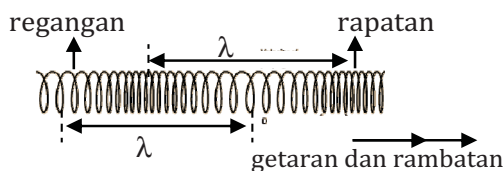
2. GELOMBANG LONGITUDINAL



Sumber: Giancoli.2005

Gambar 8. gelombang longitudinal pada slinki

Pada saat kamu mendorong slinki searah dengan panjangnya, gelombang akan merambat ke arah temanmu yang memegang ujung slinki satunya dengan bentuk rapatan dan renggangan. Arah rambatan gelombang yang timbul ternyata searah dengan arah getar yang kamu berikan. Gelombang seperti ini disebut dengan **gelombang longitudinal**. Jadi **gelombang longitudinal** adalah gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya; misal gelombang pada slinki, dan gelombang bunyi.



Gambar 9. skema gelombang longitudinal

Panjang gelombang longitudinal (λ) adalah sama dengan jarak antara dua rapatan atau dua regangan yang berdekatan. Satu panjang gelombang longitudinal terdiri dari satu rapatan dan satu regangan

CEPAT RAMBAT GELOMBANG

Cepat rambat gelombang merupakan jarak yang ditempuh gelombang per satuan waktu. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v dan memiliki satuan m/s. Secara matematis, cepat rambat gelombang dirumuskan:

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

$$v = \lambda \cdot f$$

Keterangan:

v = cepat rambat gelombang (m/s)

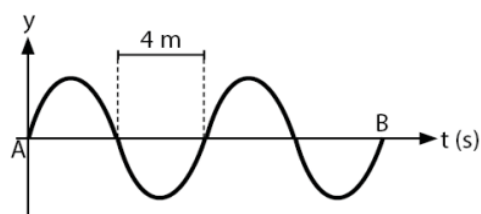
λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi gelombang (Hertz)

T = periode gelombang (sekon)

Contoh Soal

Perhatikan gambar berikut!



Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak A ke B adalah 8 detik. Berapakah cepat rambat gelombang tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui:

$n = 2$ gelombang

$t_{AB} = 8$ detik

$$\frac{1}{2} \lambda = 4 \text{ m} \rightarrow \lambda = 8 \text{ m}$$

Ditanya:

$v = ?$

Jawab:

$$f = \frac{n}{t} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ Hz}$$

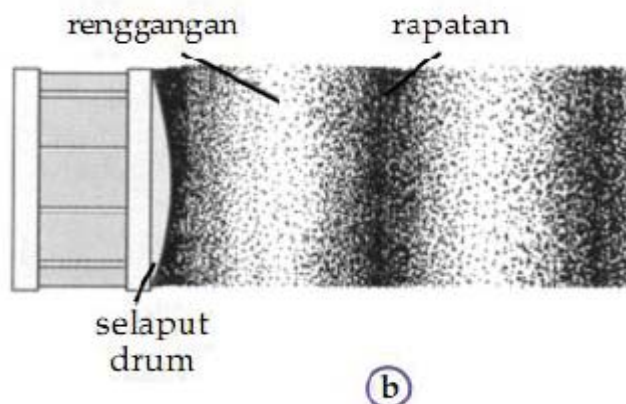
$$v = \lambda \cdot f = 8 \cdot 0,25 = 2 \text{ m/s}$$

1.3 BUNYI

Tuhan telah menciptakan telinga sebagai alat untuk mendengar. Setiap saat kamu bisa mendengar bunyi orang berbicara, suara nyanyian, suara musik, suara binatang, suara lonceng, dan sebagainya. Tahukah kalian apa yang menyebabkan hal itu terjadi? Perhatikan ilustrasi berikut!



Sumber: www.dsakids.com



Sumber: *Physics*, 1995

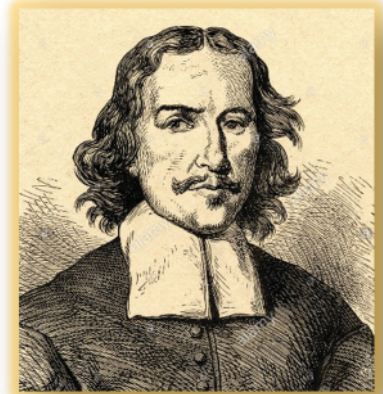
Gambar 10. a) drum

b) perambatan gelombang bunyi pada drum yang dipukul

Ketika drum ditabuh, seperti terlihat pada Gambar 10 (a), energi getaran dari drum menyebabkan partikel-partikel udara di sekitarnya bergetar mengikuti getaran drum. Kemudian, energi ini dipindahkan sehingga terbentuk rapatan dan renggangan di udara. Jika gelombang ini sampai ke indra pendengaran manusia, terdengarlah bunyi getaran drum tadi. Gambar 10 (b) mengilustrasikan bagaimana gelombang bunyi yang berasal dari drum merambat di udara.

Bunyi merupakan **gelombang mekanik**, yaitu gelombang yang memerlukan medium pada saat merambat. Bunyi juga termasuk ke dalam kelompok **gelombang longitudinal**, yaitu gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatnya.

Seorang ahli Fisika berkebangsaan Jerman **Otto von Guericke** (1602–1806) telah membuktikan bahwa gelombang bunyi merambat memerlukan medium. Percobaan Guericke yaitu dengan memasukkan bel ke dalam tabung yang telah divakumkan dengan cara memompa udaranya keluar tabung. Dia menemukan bahwa ketika bel dimasukkan ke dalam tabung hampa, bunyi bel tidak dapat terdengar. Hal ini membuktikan bahwa bel dapat terdengar jika ada udara sebagai medium penghantar gelombang bunyi.



Sumber: c8.alamy.com

Gambar 11 . Otto von Guericke

Dapatkah bunyi merambat pada zat cair?

Selain udara sebagai penghantar bunyi, zat cair (contohnya air) pun dapat dijadikan medium untuk menghantarkan bunyi. Ikan lumba-lumba dapat berkomunikasi dengan sesamanya menggunakan gelombang bunyi yang dapat diterima sesamanya karena gelombang bunyi tersebut merambat di dalam air. Perambatan bunyi di dalam air dapat kamu amati langsung ketika kamu sedang menyelam di dalam air. Misalnya kamu dan temanmu secara bersama-sama menyelam di dalam air. Kemudian, temanmu memukul benda di dalam air, kamu dapat mendengar bunyi benda yang dipukul temanmu tersebut. Selain pada udara dan zat cair, bunyi pun dapat merambat di dalam zat padat. Jadi, bunyi hanya tidak dapat merambat melalui hampa udara (vakum).

Syarat terjadi dan terdengarnya bunyi adalah sebagai berikut.

- Ada sumber bunyi (benda yang bergetar).
- Ada medium (zat antara untuk merambatnya bunyi).
- Ada penerima bunyi yang berada di dekat atau dalam jangkauan sumber bunyi.

Penugasan 3 “Perambatan bunyi pada zat padat”

Tujuan:

Mengamati perambatan bunyi pada zat padat

Alat dan Bahan:

1. Kaleng bekas yang tutupnya telah dibuang 2 buah
2. Paku
3. Palu
4. Benang

Cara kerja:

1. Lubangi alas kedua kaleng bekas dengan paku.
2. Siapkan benang sepanjang 10 m.
3. Setiap ujung benang dimasukkan ke dalam lubang kaleng.
4. Dengan bantuan temanmu, aturlah posisi benang sedemikian rupa sehingga benang tidak kendor.



Sumber: 1.bp.blogspot.com

Gambar 12 . Perambatan bunyi melalui benang

5. Gunakan kaleng sebagai corong untuk berbicara dan kaleng yang lain yang dipegang temanmu digunakan untuk mendengarkan ucapanmu.
6. Apakah temanmu dapat mendengar suaramu?
7. Lakukan kegiatan tersebut secara bergiliran sehingga alat ini berfungsi seperti telepon.
8. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan ini?

Tidak semua bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi dapat kita dengar. Perhatikan tabel berikut ini:

No.	Frekuensi bunyi	Nama Gelombang	Dapat didengar Oleh
1.	Kurang dari 20 Hz	Infrasonik	anjing dan jangkrik
2.	20 Hz – 20.000 Hz	Audiosonic	Manusia
3.	Lebih dari 20.000 Hz	Ultrasonik	Kalelawar, paus, dan lumba-lumba

CEPAT RAMBAT BUNYI

Pernahkah kamu melihat petir? Bunyi yang terdengar dan kilatan petir tampak tidak terjadi dalam waktu bersamaan. Sebenarnya, kilatan petir dan bunyinya terjadi secara bersamaan. Mengapa kita melihat kilatan petir terlebih dahulu, kemudian baru disusul bunyinya? Hal ini berkaitan dengan cepat rambat gelombang.



Sumber: id.yarsi.ac.id

Petir terdiri atas dua gelombang, yaitu gelombang cahaya yang berupa kilatannya dan gelombang bunyi. Kedua gelombang ini mempunyai cepat rambat gelombang yang berbeda. Cepat rambat gelombang cahaya lebih besar daripada cepat rambat gelombang bunyi, sehingga kilatan petir akan lebih dahulu kita lihat kemudian disusul bunyinya. Kondisi yang sama juga terjadi saat kamu mendengar bunyi pesawat di atasmu, namun ternyata pesawat terlihat sudah jauh berada di depan.

Kecepatan perambatan gelombang bunyi bergantung pada medium tempat gelombang bunyi tersebut dirambatkan dan suhu medium. Berikut adalah tabel cepat rambat bunyi di berbagai medium.

Medium	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
Udara (0 ⁰ c)	331
Udara (15 ⁰ c)	340
Air (25 ⁰ c)	1.940
Air laut (25 ⁰ c)	1.530
Alumunium (20 ⁰ c)	5.100
Tembaga (20 ⁰ c)	3560
Besi (20 ⁰ c)	5130

Cepat rambat bunyi didefinisikan sebagai hasil bagi jarak antara sumber bunyi dan pendengar dengan selang waktu yang diperlukan bunyi untuk merambat.

$$\text{cepat rambat bunyi (m/s)} = v = \frac{\text{jarak (m)}}{\text{waktu (s)}} = \frac{s}{t}$$

Seperti halnya getaran dan gelombang, bunyi memiliki frekuensi, periode dan kecepatan dalam rambatannya serta memiliki panjang gelombang bunyi. Dan hubungan antara kecepatan, panjang gelombang bunyi, frekuensi dan periode gelombang bunyi dapat dirumuskan :

$$v = \lambda \cdot f$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

f = frekuensi (Hz)

λ = panjang gelombang (m)

Contoh Soal

1. Bunyi halilintar terdengar setelah 10 detik dari terlihatnya kilat. Jika cepat rambat bunyi di udara saat itu 340 m/s. Berapakah jarak sumber bunyi ke pendengar?

Penyelesaian:

Diketahui:

$t = 10$ sekon

$v = 340$ m/s

Ditanya:

$s = ?$

Jawab:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$s = v \times t = 340 \times 10 = 3400 \text{ m}$$

Jadi jarak sumber bunyi ke pendengar adalah 3400 m atau 3,4 km

2. Seorang anak meniup harmonika. Frekuensi harmonika ketika ditiup 68 Hz dan cepat rambat bunyi terdengar 340 m/s. Berapa panjang gelombang bunyi harmonika?

Penyelesaian:

Diketahui:

$f = 68$ Hz

$v = 340$ m/s

Ditanya:

$\lambda = ?$

Jawab:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{68} = 5 \text{ m}$$

KARAKTERISTIK BUNYI

1. Tinggi Rendah dan Kuat Lemahnya Bunyi

Saat memainkan alat musik, kamu dapat menentukan tinggi rendahnya bunyi. Pada orang dewasa, suara perempuan lebih tinggi dibandingkan suara laki-laki. Pita suara laki-laki memiliki nada dasar 125 Hz, sedangkan perempuan memiliki nada dasar satu oktaf (dua kali) lebih tinggi yaitu sekitar 250 Hz. **Tinggi rendahnya nada ditentukan oleh frekuensi bunyi tersebut.** Semakin besar frekuensi bunyi maka akan semakin tinggi nada. Sebaliknya semakin kecil frekuensi bunyi maka akan semakin rendah nada, sedangkan **kuat lemahnya bunyi ditentukan oleh amplitudo.**

Penugasan 4 “Frekuensi Nada pada Senar”

Tujuan:

Mengetahui hal-hal yang mempengaruhi frekuensi senar

Alat dan Bahan:

Senar

Cara kerja:



Sumber: tribunnews.com

Gambar 14 . Seorang musisi memainkan gitar

1. Petiklah senar gitar nomor 1,3, dan 6 secara bergantian !
2. Dengarkan bunyi yang dihasilkan oleh masing-masing senar!
Bagaimana bunyi yang dihasilkan?
Semakin tinggi atau rendahkan frekuensinya?
Bagaimana hubungan ketebalan tali dawai dengan frekuensi?
3. Perbesar tegangan pada senar nomor 6 dengan cara memutar setelahnya, kemudian petiklah dan dengarkan nada yang dihasilkan. Kurangi tegangan senar kemudian petik kembali senar tersebut. Bandingkan bunyi senar yang dihasilkan ketika tegangan ditambah dan dikurangi!
Tinggi mana frekuensi nada saat tegangan senar ditambah atau dikurangi?
Bagaimana hubungan antara tegangan senar dengan frekuensi?
4. Petiklah senar nomor 6 tetapi dengan menekan kolom nomor 2,3,4 secara bergantian (panjang senar semakin pendek). Bandingkan bunyi yang dihasilkan !
Bagaimana hubungan antara panjang senar dengan frekuensi ?

Apa yang bisa kamu simpulkan berdasarkan kegiatan di atas?

Tinggi rendahnya frekuensi senar bergantung pada hal-hal berikut:

- a). Luas penampang senar
Semakin kecil luas penampang senar, frekuensi yang dihasilkan semakin tinggi.
- b). Tegangan senar
Semakin besar tegangan senar, frekuensi yang dihasilkan semakin tinggi
- c). Panjang senar
Semakin panjang senar, frekuensi yang dihasilkan semakin rendah.

2. Nada

Nada adalah bunyi yang memiliki frekuensi yang teratur seperti musik, sedangkan bunyi dengan frekuensi tidak beraturan seperti suara angin atau suara kaleng yang dipukul disebut **desah**.

3. Warna Bunyi (Timbre)

Nada do pada piano terdengar berbeda dengan nada do pada organ, demikian juga suara nyanyian dari dua orang yang berbeda akan terdengar berbeda meskipun dinyanyikan dengan frekuensi dan amplitudo yang sama. Warna bunyi ini disebabkan karena keadaan dan bentuk sumber bunyi yang berbeda-beda.

4. Resonansi

Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena adanya sumber getar. Syarat terjadinya resonansi adalah frekuensi benda yang bergetar sama dengan frekuensi sumber getar.

Banyak alat musik yang menggunakan resonansi udara. Contohnya : gitar, saksofon, clarinet, terompet biola, gamelan dan harmonica. Setiap alat musik yang memiliki selaput mengalami resonansi terhadap semua getaran baik yang memiliki frekuensi besar maupun kecil. Makin tipis suatu selaput, makin mudah untuk beresonansi.

Salah satu selaput tipis yang paling penting adalah selaput gendang telinga. Selaput ini mudah beresonansi dengan segala macam getaran. Selain memiliki keuntungan, resonansi juga mempunyai kerugian. Bunyi yang kuat dapat merusak gendang telinga, memecahkan gelas dan bahkan merobohkan bangunan.

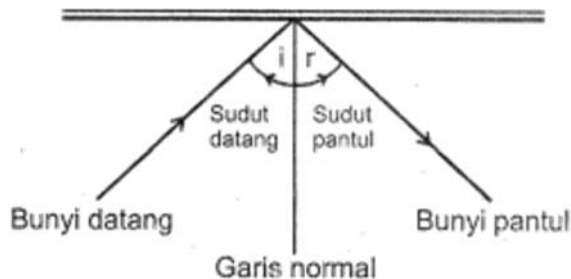
5. Pemantulan Bunyi

Gelombang bunyi akan mengalami pemantulan ketika terhalang oleh suatu pembatas. Pembatas gelombang bunyi dapat berupa tembok, tebing, atau pohon-pohon di tepi hutan.

Hukum Pemantulan Bunyi.

Peristiwa pemantulan bunyi selalu mengikuti hukum pemantulan. Hukum pemantulan bunyi menyatakan:

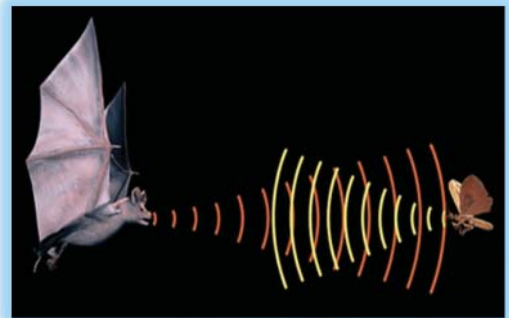
1. Bunyi yang datang, bunyi pantul, dan garis normal selalu terletak pada satu bidang pantul.
2. Sudut datang (i) sama dengan sudut pantul (r).



Gambar 15 . hukum pemantulan bunyi

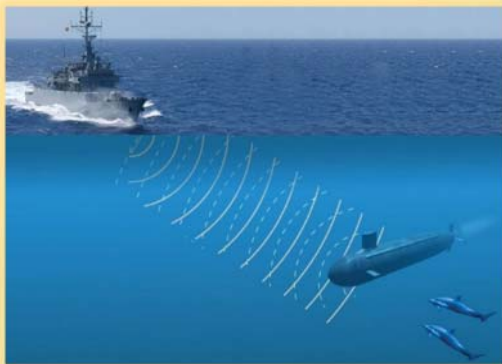
Manfaat Pemantulan Bunyi.

Banyak peralatan yang memanfaatkan pemantulan bunyi. Contohnya: Stetoskop, megafon, pengeras suara, dan pipa bicara. Bahkan hewan seperti kelelawar juga memanfaatkan pemantulan bunyi. Kelelawar boleh dikatakan buta, tetapi dapat mengenal keadaan disekitarnya. Kelelawar mengeluarkan bunyi ultrasonik yang tidak dapat ditangkap oleh telinga manusia. Bunyi tersebut kemudian dipantulkan oleh mangsa atau penghalang disekitarnya.



Sumber: i0.wp.com

Gambar 16 . pemantulan bunyi pada kelelawar



Sumber: teamuv.org

Gambar 17 . pemantulan bunyi dimanfaatkan untuk mengukur kedalaman laut

Pemantulan bunyi juga dapat dimanfaatkan untuk mengukur kedalaman laut. Untuk maksud tersebut, digunakan kapal yang dilengkapi dengan transmitter (sebagai sumber getar) dan hidrofons (sebagai alat penerima bunyi pantul). Gelombang yang dipancarkan oleh transmitter dipantulkan oleh dasar laut, kemudian selang waktu antara pemancaran dan penerimaan bunyi yang dipantulkan dasar laut dihitung, sehingga kedalaman laut dapat dihitung.

Bunyi pantul menempuh jarak bolak-balik, sehingga rumus jarak tempuhnya dapat ditulis :

$$2S = v \times t \text{ atau } S = \frac{v \times t}{2}$$

Keterangan:

S = jarak yang ditempuh (m)

v = cepat rambat bunyi di medium (m/s)

t = waktu tempuh bunyi (sekon)

Contoh Soal

Sebuah kapal mengeluarkan gelombang sonar yang kemudian terpantul oleh permukaan bawah laut dalam waktu 5 sekon. Jika cepat rambat gelombang sonar dalam air laut 380 m/s, tentukan kedalaman laut di tempat tersebut!

Penyelesaian:

Diketahui:

t = 5 sekon

v = 380 m/s

Ditanya:

s = ?

Jawab:

$$s = \frac{v \times t}{2} = \frac{380 \times 5}{2} = 950 \text{ m}$$

Jadi kedalaman laut tersebut adalah 950 m

✚ Jenis-Jenis Bunyi Pantul.

a). Gaung

Gaung adalah bunyi pantul yang terdengar hampir bersamaan dengan bunyi asli. Gaung menyebabkan bunyi asli menjadi tidak jelas. Gaung terjadi bila jarak antara sumber bunyi dan dinding pemantul cukup jauh, terutama dalam ruangan besar dan kosong.

Pemantulan yang berulang-ulang dapat mengganggu telinga kita. Kata yang seharusnya bersuku kata tiga kedengarannya menjadi empat atau lima suku. Sementara suku-suku yang berda di tengah menjadi tidak jelas. Perhatikan contoh berikut:

Bunyi aslinya : se – ri – bu

Bunyi pantul :se... ri..... bu

Bunyi yang terdengar : sebu

Untuk menghindari gaung maka biasanya dinding gedung bioskop, studio radio dan TV dilapisi dengan peredam bunyi. Bahan peredam bunyi dapat berupa karton, wol, karet, dan busa.

b). Gema

Gema adalah bunyi pantul yang terdengar sesudah bunyi asli. Gema biasa terjadi saat kamu berteriak di lereng gunung atau lapangan terbuka. Saat itu kamu akan mendengar bunyi pantul yang persis sama dengan bunyi asli dan terdengar setelah bunyi asli. Perhatikan contoh berikut:

Bunyi aslinya : se – ri – bu

Bunyi pantul : se – ri – bu

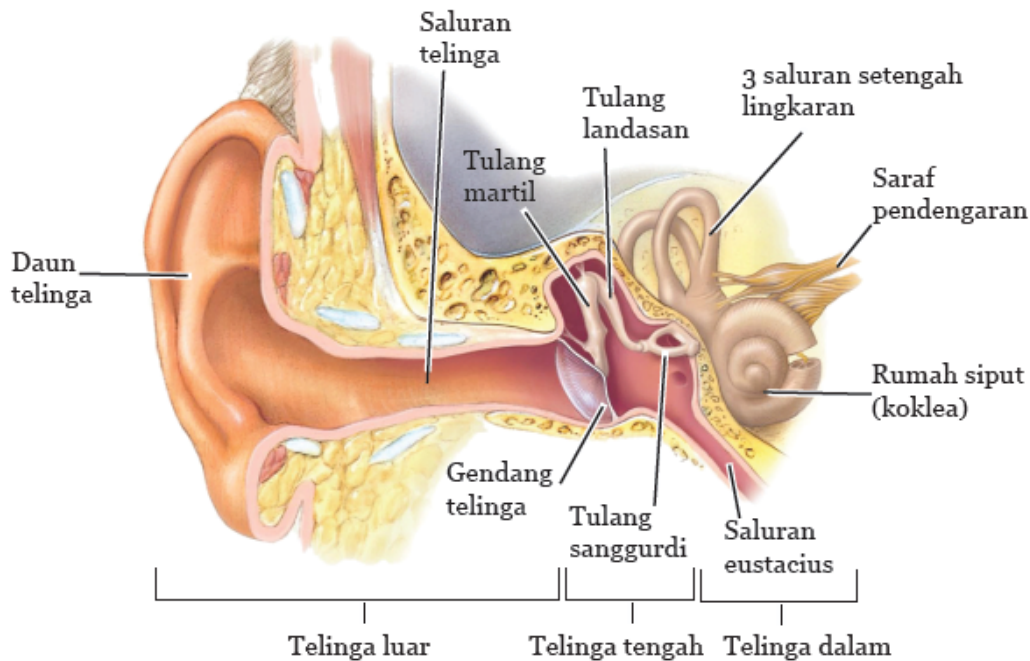
Bunyi yang terdengar : se – ri – bu se – ri – bu

c). Bunyi pantul yang memperkuat bunyi asli

Bunyi pantul yang memperkuat bunyi asli jika jarak dinding pemantul tidak terlalu jauh dari sumber bunyi. Akibatnya bunyi pantul hampir bersamaan dengan bunyi asli, sehingga bunyi asli bertambah kuat.

1.4 SISTEM PENDENGARAN PADA MANUSIA

Indera pendengar manusia adalah **telinga**. Telinga manusia terdiri dari tiga bagian, yaitu telinga bagian luar, telinga bagian tengah, dan telinga bagian dalam.



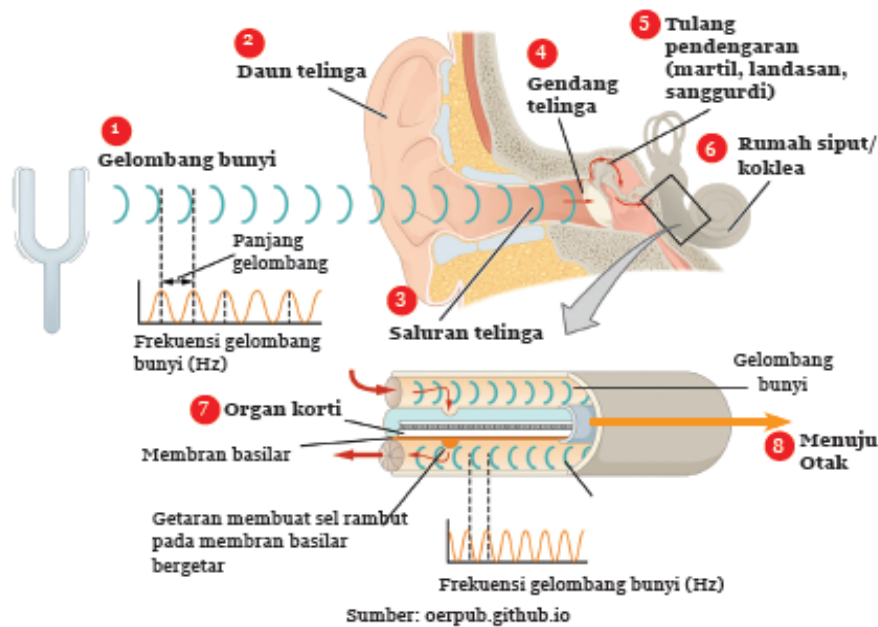
Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 18. Bagian-bagian telinga

Struktur dan fungsi bagian-bagian telinga

No	Bagian Telinga	Struktur	Fungsi
Telinga Luar			
1	Daun telinga	Tersusun atas tulang rawan dan jaringan fibrosa, kecuali pada ujung paling bawah yaitu cuping telinga yang tersusun atas lemak,	Menerima dan mengumpulkan bunyi yang masuk ke dalam telinga
2	Saluran telinga	Menghasilkan minyak serumen serta dilengkapi dengan rambut-rambut halus	Mencegah hewan berukuran kecil masuk ke dalam telinga dan menangkap debu yang masuk ke saluran telinga serta
3	Gendang telinga/ membran timpani	Merupakan membran tipis yang memisahkan telinga luar dengan telinga tengah	Menangkap gelombang bunyi dan mengubahnya menjadi getaran yang diteruskan ke tulang telinga
Telinga Tengah			
1	Tulang-tulang pendengaran	Terdiri dari 3 tulang yaitu tulang martil (maleus), tulang landasan (inkus), dan tulang sanggurdi (stapes).	Mengalirkan getaran bunyi dari gendang telinga menuju ke rongga telinga dalam
2	Saluran eustachius	Merupakan saluran yang menghubungkan telinga tengah dengan faring	Menjaga keseimbangan tekanan udara pada telinga luar dengan telinga tengah
Telinga Dalam			
1	Rumah siput / koklea	Merupakan saluran berbentuk spiral yang menyerupai rumah siput dan didalamnya terdapat organ korti yang berisi ribuan sel rambut yang peka terhadap getaran	Mengubah getaran menjadi impuls saraf di dalam sel rambut dan kemudian diteruskan oleh saraf ke otak
2	Saluran gelang (labirin)	Terdiri atas saluran setengah lingkaran/ semi sirkularis	Sebagai alat keseimbangan

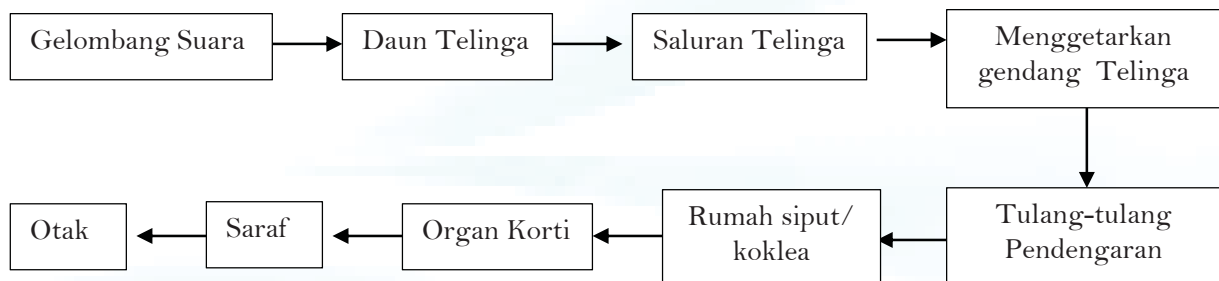
Proses mendengar pada manusia



Gambar 19. Proses mendengar pada telinga manusia

Urutan proses mendengar pada telinga manusia bisa dirinci sebagai berikut.

1. Gelombang bunyi diterima daun telinga.
2. Gelombang bunyi disalurkan masuk oleh saluran telinga.
3. Gelombang bunyi menggetarkan gendang telinga.
4. Getaran tersebut diteruskan oleh tulang-tulang pendengaran (osikel).
5. Getaran diteruskan ke tingkat jorong dan menggetarkan cairan limfe di dalam kokhlea.
6. Getaran cairan limfe di dalam kokhlea menggerakkan sel reseptor organ korti, yang menghasilkan impuls untuk dihantarkan oleh saraf pendengar ke otak untuk diartikan.
7. Getaran cairan limfe juga menggerakkan tingkap bulat bergerak keluar masuk untuk mengatur tekanan udara di dalam agar seimbang dengan tekanan di luar.

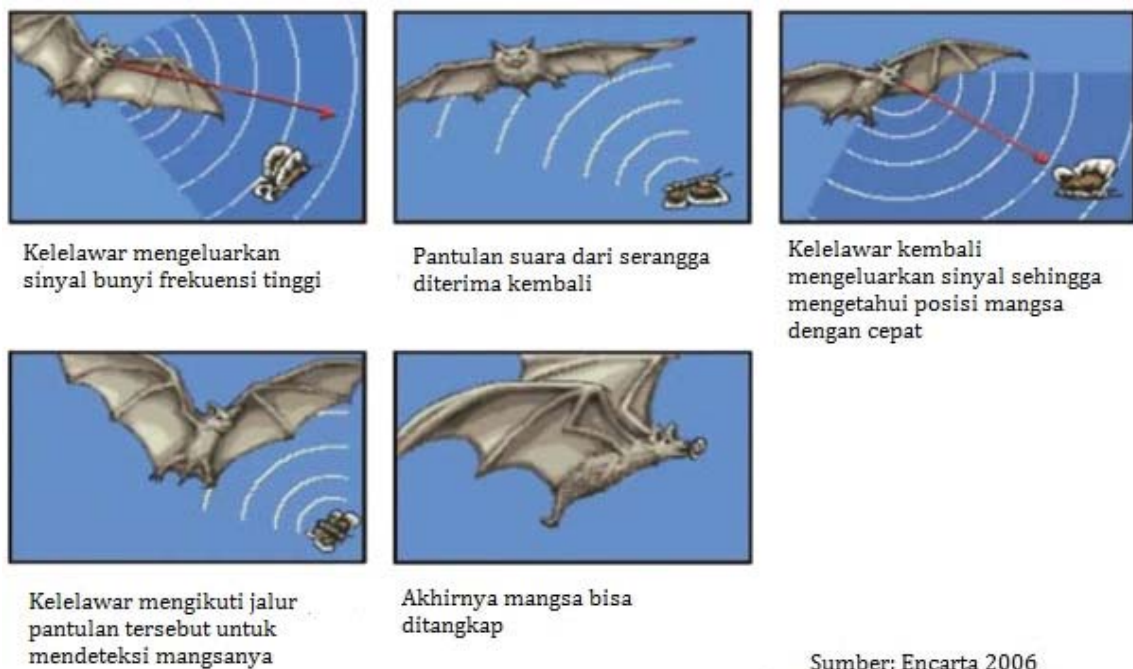


Gambar 20. Bagan urutan proses mendengar pada telinga manusia

1.5 SISTEM SONAR PADA HEWAN

Salah satu ciri mamalia adalah memiliki daun telinga. Beberapa mamalia akan menggunakan daun telinga mereka untuk memfokuskan bunyi yang diterimanya ke dalam saluran pendengarannya. Sistem ini disebut **sistem sonar**, yaitu sistem yang digunakan untuk mendeteksi tempat dalam melakukan pergerakan dengan deteksi suara frekuensi tinggi (ultrasonik). **Sonar** atau **Sound Navigation and Ranging** merupakan suatu metode penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksir ukuran, bentuk, dan kedalaman benda-benda. Daun telinga membantu hewan untuk menentukan arah dari mana suara tersebut datang.

1. KELELAWAR



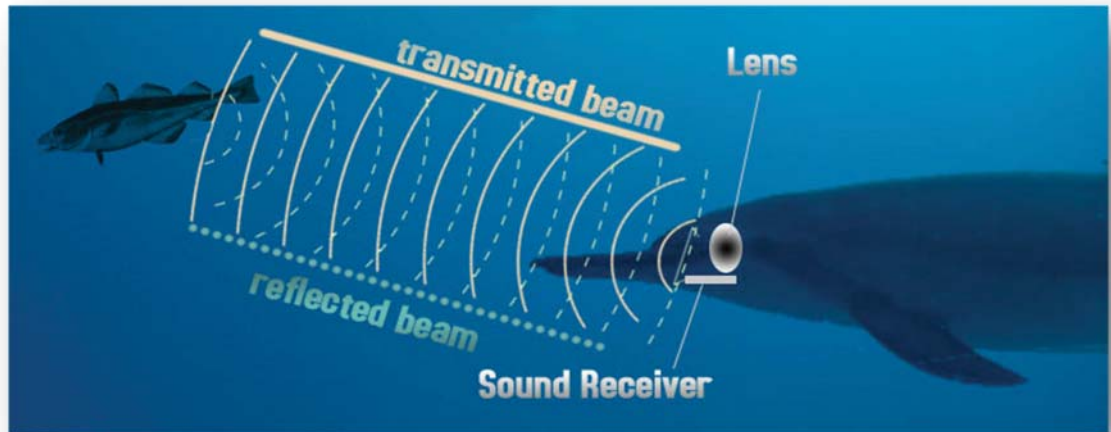
Gambar 20 . sistem sonar pada kelelawar

Kelelawar termasuk ke dalam jenis hewan *nocturnal* (hewan yang aktif di malam hari). Kelelawar mempunyai kemampuan untuk menentukan lokasi mangsa meskipun saat malam hari. Kemampuan ini disebut dengan **ekolokasi**.

Kelelawar pada awalnya mengeluarkan suara frekuensi tinggi (sejenis teriakan) melalui mulut atau hidungnya. Suara tersebut kemudian memantul kembali ke mereka ketika ada sesuatu di depannya. Dengan cara itulah kelelawar mampu menentukan lokasi mangsanya, meski suasana sangat gelap. Suara yang diproduksi kelelawar itu tidak bisa didengar oleh manusia. Ketika kelelawar sedang mencari mangsanya biasanya mereka mengeluarkan 10 getaran suara per detik, tetapi ketika lokasi mangsanya sudah ditemukan maka akan diproduksi 200 getaran suara

dalam setiap detiknya, sehingga mereka dapat mengejar dan menangkap mangsanya.

2. LUMBA-LUMBA



Sumber: 1.bp.blogspot.com

Gambar 21 . sistem sonar pada lumba-lumba

Lumba-lumba menghabiskan banyak waktunya di kedalaman laut yang gelap dan sesekali muncul ke permukaan laut untuk bernapas. Sama seperti kelelawar, lumba-lumba juga menggunakan sistem sonar untuk berkomunikasi, mencari mangsa dan menghindari benda-benda di laut.

Bagaimana cara kerja sistem sonar lumba-lumba? Lumba-lumba bernapas melalui lubang yang ada di atas kepalanya. Di bawah lubang ini, terdapat kantong-kantong kecil berisi udara. Mereka mengalirkan udara melalui kantong-kantong ini, untuk menghasilkan bunyi berfrekuensi tinggi. Kantong udara ini berperan sebagai "cermin akustik" yang berfungsi sebagai alat pemfokus bunyi.

Gelombang bunyi yang dihasilkan akan dipancarkan ke segala arah secara terputus-putus. Gelombang bunyi akan memantul kembali jika membentur benda. Pantulan gelombang bunyi ini ditangkap di bagian rahang bawahnya yang disebut "jendela akustik". Dari sini, informasi bunyi diteruskan ke telinga bagian tengah, dan akhirnya ke otak untuk diterjemahkan. Dengan cara tersebut lumba-lumba bisa mengetahui lokasi, ukuran dan pergerakan mangsanya.

Lumba-lumba juga menggunakan sistem sonar untuk berkomunikasi secara mengagumkan. Mereka mampu saling berkiriman pesan meski terpisahkan sejauh lebih dari 220 km. Komunikasi ini bertujuan untuk menemukan pasangan dan saling mengingatkan akan bahaya.

Gelombang bunyi memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia sehari-hari diantaranya:

1. ULTRASONOGRAFI (USG)



Sumber: www.alodokter.com

Gambar 22 . Dokter sedang melakukan USG

Ultrasonografi merupakan teknik pencitraan medis untuk mendiagnosa dengan menggunakan gelombang ultrasonik yang berfrekuensi antara 1 – 8 MHz. USG bisa digunakan untuk melihat struktur internal dalam tubuh, misalnya bayi yang berada di dalam kandungan, dan berbagai jenis penyakit seperti kanker, tumor dan sebagainya.

Proses pembentukan gambar dari gelombang bunyi melalui tiga tahapan, yaitu pemancaran gelombang, penerimaan gelombang pantul, dan interpretasi gelombang pantul. Alat USG akan memancarkan berkas gelombang ultrasonik ke jaringan tubuh menggunakan alat pemancar sekaligus penerima gelombang (transduser). Gelombang yang dipancarkan akan dipantulkan sebagian oleh jaringan tubuh dengan waktu pantulan dan ukuran gelombang pantul yang beragam. Gelombang yang dipantulkan ini selanjutnya diterima oleh transduser. Selanjutnya transduser akan mengubah gelombang yang diterima menjadi sinyal listrik, kemudian dihantarkan menuju Komputer. Komputer selanjutnya akan memroses dan mengubah sinyal listrik menjadi gambar.

2. TERAPI ULTRASONIK

Terapi ultrasonik adalah terapi medis menggunakan gelombang ultrasonik dengan cara memancarkan gelombang dengan frekuensi tinggi (800- 2000 kHz) ke jaringan tubuh. Terapi ultrasonik biasa digunakan untuk:

- Terapi fisik (keseleo pada ligament, keseleo otot, tendonitis, inflamasi sendi, dan osteoarthritis)
- Memecah endapan batu pada penderita batu ginjal (lithotripsy).
- Membersihkan gigi



Sumber: www.popsci.com

Gambar 23 . Pelaksanaan terapi ultrasonik pada lutut

- d). Penanganan penyakit katarak
- e). Mengantrakan obat tertentu secara efektif pada organ yang terkena penyakit, misalnya mengantarkan obat kemoterapi untuk sel-sel kanker dalam otak,

3. PENGUJIAN ULTRASONIK

Pengujian ultrasonik (ultrasonic testing) adalah teknik pengujian yang berdasarkan pada penyaluran gelombang ultrasonik pada material yang akan diuji. Gelombang yang digunakan memiliki frekuensi 0,1 – 15 MHz.

Scanning ultrasonic digunakan untuk mendeteksi retak dalam struktur logam atau beton. Alat inilah yang digunakan untuk memeriksa retak-retak tersembunyi pada bagian-bagian pesawat terbang yang bisa membahayakan penerbangan pesawat. Dalam pemeriksaan rutin, bagian-bagian penting dari pesawat discaning secara ultrasonik. Jika ada retakan dalam logam, pantulan ultrasonik dari retakan akan dapat dideteksi. Retakan ini kemudian diperiksa dan segera diatasi sebelum pesawat diperkenankan terbang.



Sumber: upload.wikimedia.org

Gambar 24 . pengecekan keretakan logam oleh petugas



Gambar 25 . tampilan pada layar monitor saat pemeriksaan keretakan Sumber: upload.wikimedia.org

4. PEMBERSIH ULTRASONIC

Pembersih ultrasonik merupakan alat yang menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20 – 400 kHz dan cairan pembersih tertentu untuk membersihkan suatu benda. Benda yang biasa dibersihkan menggunakan alat ini antara lain perhiasan, lensa, alat bedah, alat musik, alat laboratorium, dan alat-alat elektronik tertentu.



Sumber: gisikuntung.files.wordpress.com

Gambar 26 . pembersih ultrasonik

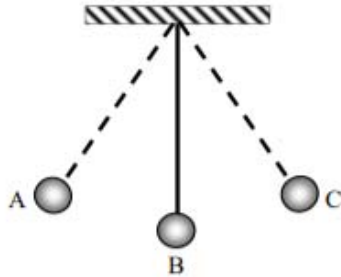
Pembersih ultrasonik akan menghasilkan gelembung-gelembung cairan pembersih yang terbentuk akibat adanya gelombang ultrasonik bertekanan tinggi. Pergerakan gelembung cairan ini menghasilkan gaya yang besar untuk melepaskan kotoran seperti debu, minyak, cat, bakteri, dan jamur yang melekat pada benda. Gelembung cairan tersebut mampu masuk ke dalam lubang-lubang kecil yang sulit dibersihkan dengan cara biasa sehingga tidak perlu dilakukan pembongkaran.

RANGKUMAN

- ✚ Getaran adalah gerakan bolak balik secara periodik melalui titik kesetimbangan.
- ✚ Getaran yang merambat disebut dengan gelombang.
- ✚ Berdasarkan medium perambatannya gelombang dibagi menjadi gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik, sedangkan berdasarkan arah perambatannya gelombang dibagi menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal
- ✚ Gelombang bunyi termasuk kedalam gelombang mekanik dan gelombang longitudinal.
- ✚ Gelombang bunyi dibagi menjadi tiga berdasarkan frekuensinya yaitu infrasonik (<20 Hz), Audiosonik ($20 - 20.000$ Hz) dan Ultrasonik (>20.000 Hz).
- ✚ Telinga manusia dibagi menjadi 3 area yaitu telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam yang masing-masing mempunyai fungsi untuk membantu proses mendengar
- ✚ Sistem sonar yaitu sistem yang digunakan untuk mendeteksi tempat dalam melakukan pergerakan dengan deteksi suara frekuensi tinggi (ultrasonik).
- ✚ Contoh hewan yang menggunakan sistem sonar adalah kelelawar dan lumba-lumba.
- ✚ Pemanfaatan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari antara lain untuk alat USG, terapi ultrasonik, pengujian ultrasonik, pembersih

B. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat, dengan memberikan tanda silang (x) pada huruf a, b, c atau d!

1. Perhatikan gambar berikut!



Apabila bandul bergerak dengan lintasan A-B-C-B-A-B-C dalam waktu 0,5 sekon, frekuensi getaran bandul tersebut adalah....

- a. 2,5 Hz
- b. 3 Hz
- c. 3,5 Hz
- d. 4 Hz

2. Perhatikan besaran berikut!

- (1) Frekuensi
- (2) Periode
- (3) Panjang
- (4) Cepat rambat

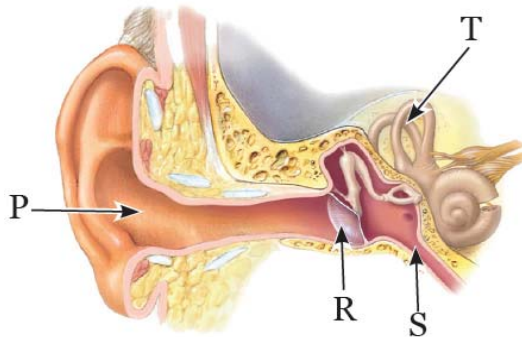
Besaran yang dimiliki oleh getaran dan gelombang adalah

- a. (1) dan (2)
- b. (2) dan (3)
- c. (1) dan (4)
- d. (2) dan (4)

3. Saat pertunjukan musik di sekolah, seorang murid memainkan gitar di atas panggung sehingga penonton yang ada di depan panggung dapat mendengar bunyi gitar yang dimainkan. Peristiwa tersebut menunjukkan bahwa proses perpindahan bunyi dapat terjadi karena terbentuknya gelombang

- a. Longitudinal yang bisa merambat melalui udara
- b. Longitudinal yang bisa merambat tanpa zat perantara
- c. Transversal yang bisa merambat melalui udara
- d. Transversal yang bisa merambat tanpa zat perantara

4. Perhatikan gambar irisan telinga berikut!

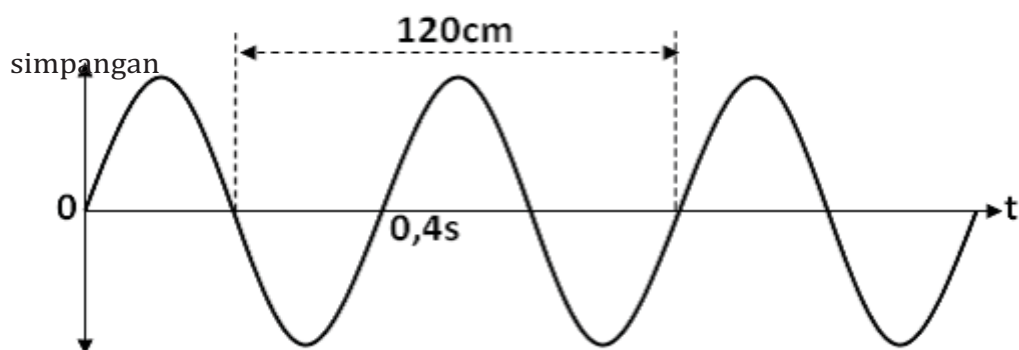


Bagian telinga yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan tekanan udara pada telinga ditunjukkan oleh huruf

- P
 - R
 - S
 - T
5. Telinga manusia normal mampu mendengar bunyi yang memiliki frekuensi Hz
- Kurang dari 20
 - Antara 20 – 20.000
 - Antara 20 – 200.000
 - Lebih dari 20.000

C. Jawablah pertanyaan berikut dengan jawaban yang tepat dan jelas!

1. Perhatikan gambar gelombang berikut!



Berdasarkan gambar tersebut, tentukan hal-hal berikut:

- Periode?
- Frekuensi?
- Panjang gelombang?
- Cepat rambat gelombang?

SOAL EVALUASI UNIT 1

2. Sebuah kapal mengeluarkan gelombang sonar yang kemudian terpantul oleh permukaan bawah laut dalam waktu 5 sekon. Jika cepat rambat gelombang sonar dalam air laut 380 m/s, tentukan kedalaman laut di tempat tersebut!

UNIT 2

KEMILAU CAHAYA

Perhatikan lingkungan di sekitar kalian saat malam hari! Saat terjadi pemadaman listrik, masihs kalian bisa melihat pemandangan yang sama saat lampu masih menyala? Kalian dapat melihat lingkungan sekitar dengan indra penglihatan. Benda – benda yang ada di sekitar kalian dapat dilihat karena benda tersebut memantulkan cahaya. Bagaimana caranya mata bisa melihat benda? Bagaimana pula benda bisa memantulkan cahaya? Dengan adanya cahaya, kalian dapat melihat keindahan ciptaan Tuhan di alam semesta ini. Bayangkan jika Tuhan tidak menciptakan cahaya, kalian hanya akan mengalami kegelapan seumur hidup kalian dan tidak bisa melihat indahnya ciptaan Tuhan. Oleh karena itu, marilah kita bersyukur kepada Tuhan dengan cara memelihara alam ini dan mempelajarinya.



Sumber: gambar-pemandangan.com

Gambar 2. Pemandangan pantai



Sumber: blog.airyrooms.com

Gambar 2. Pelangi di atas kampung warna warni



Sumber: res.cloudinary.com

Gambar 3. Pemeriksaan kesehatan mata

Dalam kehidupan sehari – hari sering kita jumpai seseorang yang memakai kacamata dalam melakukan aktifitasnya. Penggunaan kacamata ini bukan semata – mata hanya untuk bergaya melainkan juga ada beberapa yang memang berkacamata karena memiliki keterbatasan penglihatan / cacat mata. Apa penyebab cacat mata tersebut? Dan bagaimana kacamata bisa mengatasinya?

Indra penglihatan kita sangatlah terbatas. Kita tidak bisa melihat benda yang ukurannya sangat kecil. Kita juga tidak bisa melihat benda yang jaraknya sangat jauh dari kita. Untuk bisa melihat benda tersebut kita memerlukan alat bantu penglihatan. Alat bantu penglihatan apa saja yang bisa kita gunakan?

Pertanyaan – pertanyaan tersebut akan terjawab setelah kalian mempelajari bab ini, ayo kita mempelajari bab ini dengan penuh semangat!

2.1 CAHAYA

Cahaya adalah salah satu jenis gelombang elektromagnetik karena cahaya bisa merambat di ruang hampa udara. Panjang gelombang cahaya sekitar 380 – 750 nm. dapat sampai ke bumi dan memberi kehidupan di dalamnya. Cahaya merambat dengan sangat cepat, yaitu dengan kecepatan 3×10^8 m/s, artinya dalam waktu satu sekon cahaya dapat menempuh jarak 300.000.000 m atau 300.000 km.

Setiap benda yang memancarkan cahaya disebut sumber cahaya dan setiap benda yang tidak dapat memancarkan cahaya disebut benda gelap. Benda-benda yang termasuk benda gelap dapat digolongkan sebagai berikut.

1. Benda tembus cahaya, yaitu benda yang dapat meneruskan cahaya yang diterimanya. Benda tembus cahaya dapat dikelompokkan lagi menjadi benda bening dan benda baur. Contoh benda bening adalah kaca dan air jernih, sedangkan contoh benda baur adalah es dan air keruh.
2. Benda tak tembus cahaya, yaitu benda yang tidak dapat meneruskan cahaya yang diterimanya. Contohnya adalah batu, tanah, kayu, dan besi.

SIFAT-SIFAT CAHAYA

1. Cahaya merambat lurus
Untuk memahami sifat cahaya yang merambat lakukanlah kegiatan berikut.

Penugasan 1 “Cahaya Merambat Lurus”

Tujuan

Mengamati perambatan cahaya

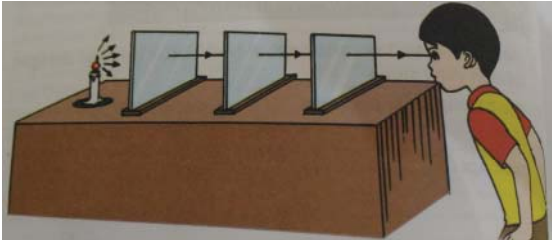
Alat dan Bahan:

1. Kertas karton/kardus
2. Pelubang kertas
3. Lilin
4. Korek api
5. Gunting
6. Kayu penjepit

Cara kerja:

1. Guntinglah kardus 15 x 20 cm sebanyak 3 buah
2. Buatlah lubang pada kardus tersebut menggunakan pelubang kertas pada bagian tengahnya
3. Lakukan percobaan ini di tempat yang gelap atau remang-remang.
4. Susunlah set percobaan seperti gambar berikut

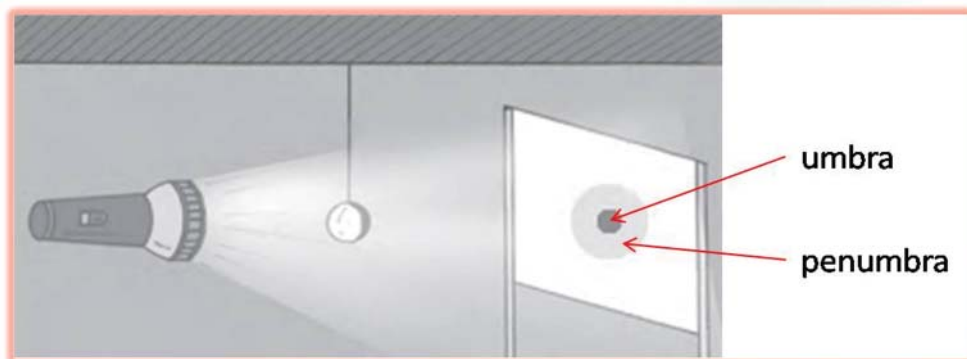
Penugasan 1 “Cahaya Merambat Lurus”



1. Tegakkan ketiga karton dengan kayu penjepit! Usahakan ketiga lubang teretak dalam satu garis lurus. Kamu dapat mengukurnya dengan menggunakan benang yang dilewatkan melalui ketiga lubang tersebut
2. Nyalakan lilin dengan ketinggian sejajar lubang. Amati nyala lilin tersebut seperti gambar di atas.
3. Geserlah salah satu karton sehingga ketiga lubang tidak dalam satu garis lurus!
4. Amati kembali cahaya lilin! Apakah kamu melihat cahaya lilin tersebut?
5. Berdasarkan percobaan tersebut, kesimpulan apa yang kamu peroleh?

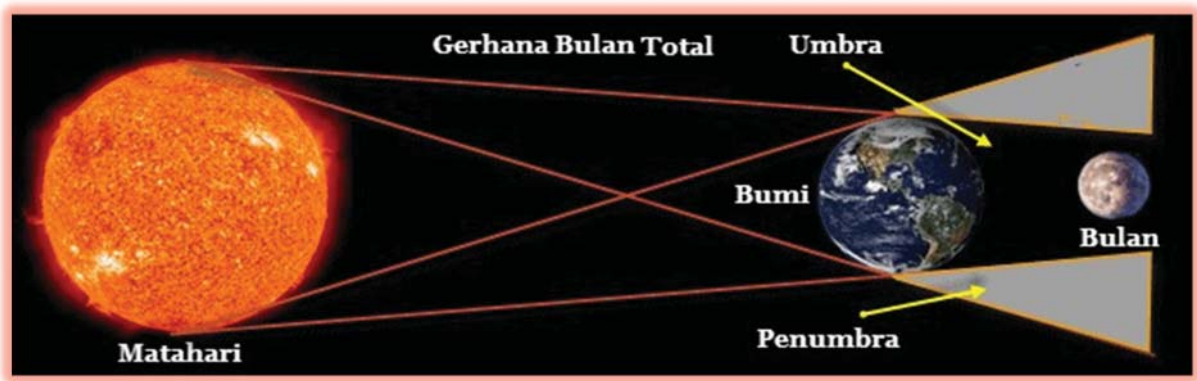
Jika kamu melakukan percobaan ini dengan benar, cahaya lilin akan terlihat saat lubang kardus dan posisi pengamat berada pada satu garis lurus. Hal ini membuktikan bahwa cahaya merambat lurus. Akibat cahaya merambat lurus, benda yang tidak tembus cahaya seperti buku, pohon, dan tubuh manusia akan membentuk bayangan apabila terkena cahaya. Saat cahaya mengenai benda tak tembus cahaya, maka akan dihasilkan dua bayangan yaitu:

1. Bayangan umbra, yaitu bayangan yang benar-benar gelap dengan kata lain bayangan yang tidak mendapat cahaya sama sekali.
2. Bayangan penumbra, yaitu bayangan yang tidak terlalu gelap dengan kata lain bayangan yang masih mendapatkan cahaya.



Sumber: Serway and Jewett, 2014

Gambar 4. Pembentukan bayangan umbra dan penumbra pada benda



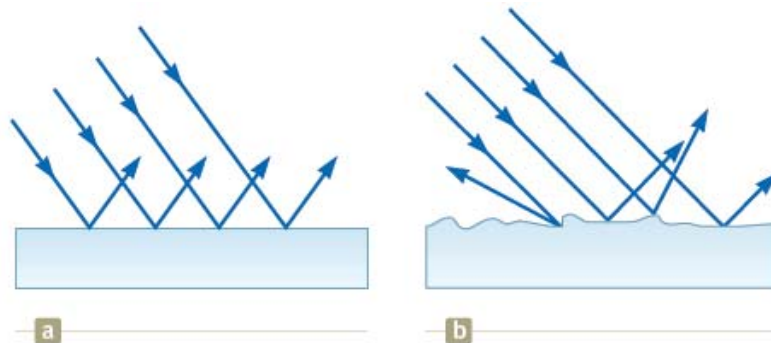
Gambar 5. Bayangan umbra dan penumbra pada saat gerhana bulan total

Sumber: kafeastronomi.com

2. Cahaya dapat dipantulkan

Cahaya yang merambat akan memantul jika mengenal semua permukaan benda tanpa terkecuali. Pemantulan terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

- Pemantulan teratur, terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang halus dan rata contoh cermin datar.
- Pemantulan baur/difus, terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang kasar dan tidak rata contoh aspal, kertas, kayu dan sebagainya.



Courtesy of Henry Leap and Jim Lehman



c

Courtesy of Henry Leap and Jim Lehman



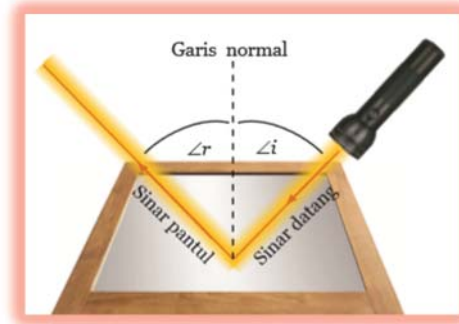
d

Gambar 6. a) skema pemantulan teratur cahaya
b) skema pemantulan baur/difus
c) dan d) gambar pemantulan teratur dan pemantulan baur menggunakan sinar laser

Sumber: Serway and Jewett, 2014

Pada proses pemantulan cahaya berlaku hukum pemantulan cahaya. Hukum pemantulan cahaya dirumuskan oleh Snellius sebagai berikut:

- Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
- Sudut datang ($\angle i$) sama dengan sudut pantul ($\angle r$)



Sumber: 3.bp.blogspot.com

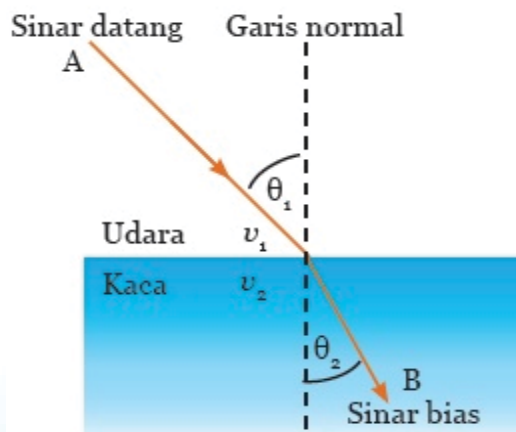
Gambar 7. Hukum snellius

Kemampuan kita mengenali warna juga dipengaruhi oleh sifat cahaya yang dapat dipantulkan ini. Cahaya yang mengenai benda terdiri dari berbagai spektrum cahaya. Sebagian spektrum cahaya dipantulkan ke mata sedangkan spektrum yang lain diserap benda sebagai energi. Misalkan cahaya yang mengenai benda terlihat berwarna hijau. Hal ini berarti spektrum cahaya yang dipantulkan benda adalah spektrum hijau sedangkan spektrum yang lain diserap oleh benda tersebut.

3. Cahaya dapat dibiaskan



Gambar 8. a) sedotan terlihat bengkok saat dimasukkan ke dalam gelas berisi air
b) skema pembiasan cahaya



Sumber: 3.bp.blogspot.com

Pembiasan adalah perubahan arah sinar cahaya (atau jenis gelombang lain) ketika melewati dua medium transparan yang kerapatannya berbeda, misalnya air dan udara. Cahaya akan dibiaskan ketika melalui dua medium yang mempunyai kerapatan berbeda. Kecepatan cahaya akan menurun saat memasuki air atau medium yang lebih rapat. Semakin besar perubahan kecepatan cahaya saat melalui dua medium yang berbeda, akan semakin besar pula efek pembiasan yang terjadi.

Ada dua syarat terjadinya proses pembiasan cahaya, yaitu:

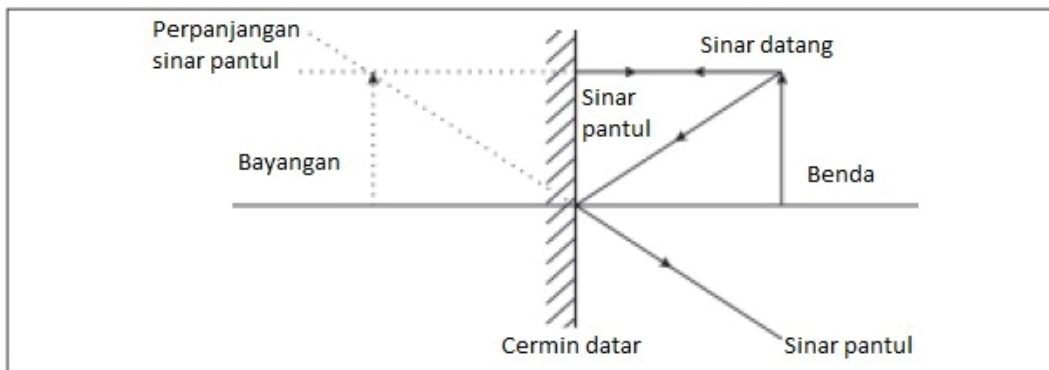
- Cahaya merambat melalui dua medium yang memiliki perbedaan kerapatan optik, misalnya udara dengan air, udara dengan kaca, air dengan kaca, dan sebagainya.
- Cahaya yang datang harus miring pada batas dua medium, karena jika tegak lurus maka tidak akan mengalami proses pembiasan.

2.2 PEMBENTUKAN BAYANGAN PADA CERMIN DAN LENSA

Cermin adalah sebuah benda dengan permukaan yang dapat memantulkan bayangan benda dengan sempurna. Pembentukan bayangan pada cermin dapat diuraikan dalam 2 jenis cermin, yaitu pembentukan bayangan pada cermin datar dan cermin lengkung (sferis).

Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

Pembentukan bayangan pada cermin datar dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 9. Skema pembentukan bayangan pada cermin datar

Sumber: 1.bp.blogspot.com

Sinar datang yang mengenai cermin datar akan dipantulkan. Jika sinar datang tegak lurus terhadap cermin akan dipantulkan tegak lurus cermin. Pada gambar di atas terlihat bahwa bayangan pada cermin datar merupakan perpanjangan sinar-sinar pantulnya. Ketika bercermin, kamu dapat melihat bayangan kamu seolah-olah ada di belakang cermin. Namun sebenarnya, bayanganmu tidak ada di belakang cermin. Bayangan yang seperti ini dinamakan bayangan maya.

Perhatikan gambar di bawah. Ketika kamu sedang bercermin ternyata arah bayangan yang dibentuk oleh cermin berkebalikan dengan keadaan sebenarnya. Misalnya saat kamu mengangkat tangan kiri, bayangan di cermin menunjukkan tangan kanan yang terangkat. Ketika kamu menggunakan kacamata berlensa merah di mata kanan, bayangan di cermin menunjukkan mata kirilah yang menggunakan lensa berwarna merah.



Gambar 10. Bayangan pada cermin datar

Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001

Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah sebagai berikut.

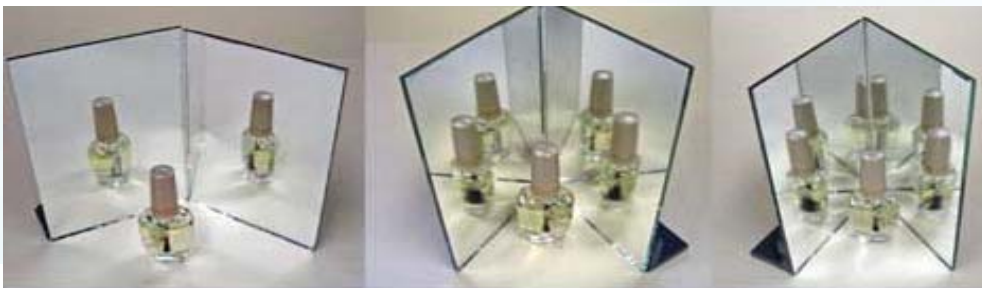
- ✚ Bayangannya maya.
- ✚ Bayangannya sama tegak dengan bendanya.
- ✚ Bayangannya sama besar dengan bendanya.
- ✚ Bayangannya sama tinggi dengan bendanya.
- ✚ Bayangannya berkebalikan arah dengan bendanya
- ✚ Jarak benda ke cermin sama dengan jarak bayangan ke cermin.

Pernahkah kamu mendengar “cermin seribu bayangan”? Istilah tersebut biasa kita temukan sebagai salah satu wahana yang ada di tempat wisata. Wahana tersebut menyajikan pengalaman berada di satu ruangan yang berisi cermin yang disusun sedemikian rupa sehingga saat kita bercermin bayangan yang terbentuk berjumlah banyak. Bagaimana hal tersebut bisa terjadi?



Sumber: www.dwiaryanti.com

Apabila dua cermin datar diletakkan saling berhadapan dan mengapit sudut tertentu, maka kedua cermin ini akan membentuk bayangan yang jumlahnya tergantung besar sudut yang antara kedua cermin.



Gambar 12. Pembentukan bayangan oleh dua cermin datar

Sumber: 1.bp.blogspot.com

Jumlah bayangan yang dibentuk dua cermin mengikuti persamaan sebagai berikut.

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Dengan:

n = banyaknya bayangan yang terbentuk

α = sudut yang diapit kedua cermin

Contoh Soal

Dua cermin diatur sehingga membentuk sudut 60° . Berapa jumlah bayangan yang terbentuk jika di antara dua cermin diletakkan satu buah benda?

Penyelesaian:

Diketahui:

$\alpha = 60^\circ$

Ditanya:

$n = ?$

Jawab:

$n = (360^\circ)/\alpha - 1 = (360^\circ)/60 - 1 = 5$

Jadi bayangan yang terbentuk oleh kedua cermin tersebut sejumlah 5 bayangan

Pembentukan Bayangan pada Cermin Lengkung (Sferis)

Cermin lengkung dibagi menjadi dua, yaitu lengkung cekung dan lengkung cembung. Jika jari-jari kelengkungan berada di depan cermin, maka cermin tersebut adalah cermin cekung, sedangkan Jika jari-jari kelengkungan berada di belakang cermin, maka cermin tersebut adalah cermin cembung.



Sumber: 4.bp.blogspot.com

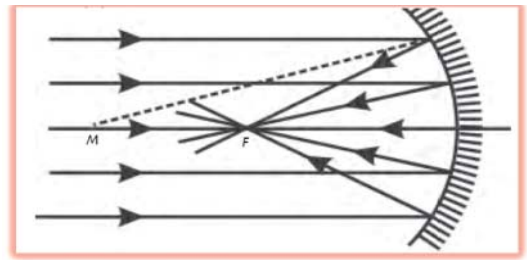
Gambar 13. Bayangan pada permukaan cekung



Sumber: id-static.z-dn.net

Gambar 13. Bayangan pada permukaan cembung

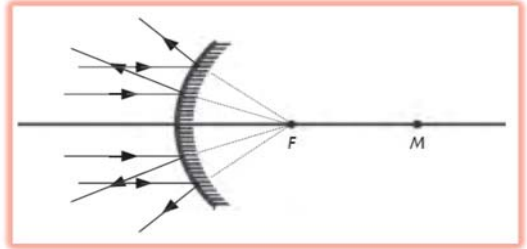
Cermin cekung bersifat mengumpulkan sinar pantul atau **konvergen**. Ketika sinar-sinar sejajar dikenakan pada cermin cekung, sinar pantulnya akan berpotongan pada satu titik. Titik perpotongan tersebut dinamakan titik api atau titik fokus (F).



Sumber: fsmath.com

Gambar 14. Cermin cekung bersifat konvergen

Cermin cembung memiliki sifat menyebarkan sinar (**divergen**). Jika sinar-sinar pantul pada cermin cembung kamu perpanjang pangkalnya, sinar akan berpotongan di titik fokus (F) di belakang cermin. Sinar-sinar pantul pada cermin cembung seolah-olah berasal dari titik fokus menyebar ke luar.



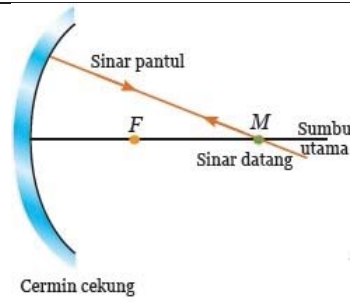
Sumber: fiskauijkt2013.blogspot.sg

Gambar 15. Cermin cembung bersifat divergen

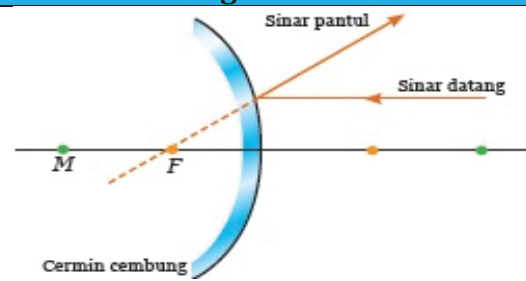
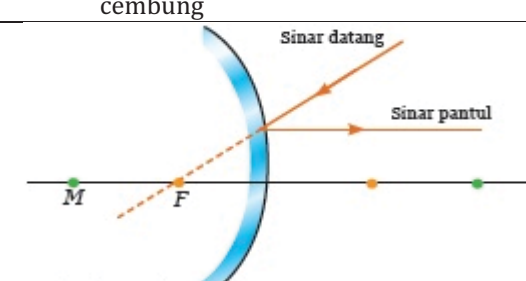
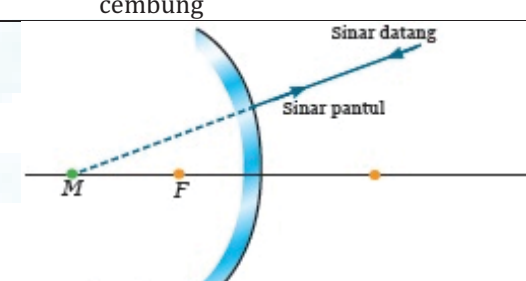
Pemantulan cahaya pada cermin lengkung hampir sama dengan pemantulan cahaya pada cermin datar yang menggunakan hukum pemantulan cahaya pada pembentukan bayangannya. Selain hukum pemantulan tersebut, pada cermin lengkung juga terdapat sinar-sinar istimewa untuk mempermudah melukiskan bayangan. Sinar-sinar istimewa tersebut dibagi menjadi dua macam, yaitu:

Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung

No	Sinar istimewa	Diagram sinar
1	Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.	Cermin cekung Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 16. Sinar istimewa 1 pada cermin cekung
2	Sinar datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.	Cermin cekung Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 17. Sinar istimewa 2 pada cermin cekung

3	Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan (M) cermin akan dipantulkan ke titik itu juga.	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 18. Sinar istimewa 3 pada cermin cekung
---	--	---

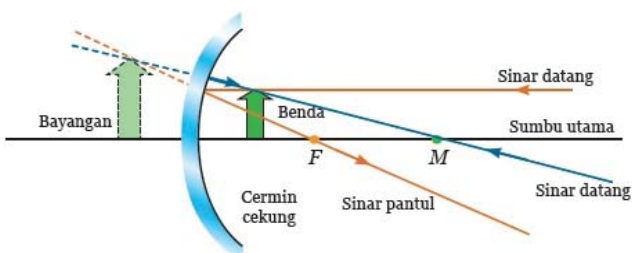
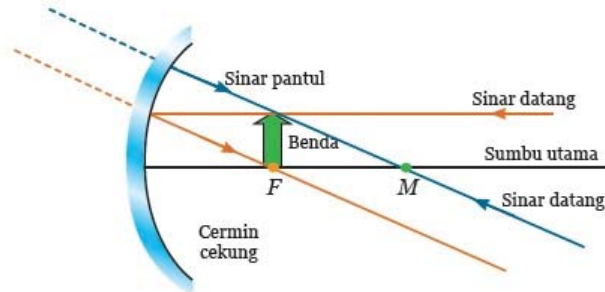
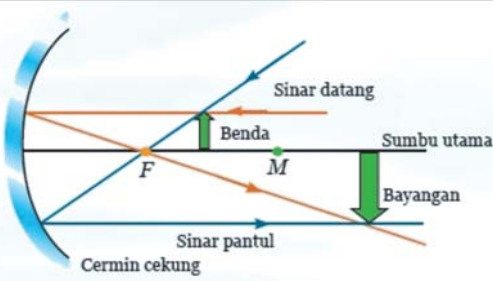
Sinar-sinar istimewa pada cermin cembung

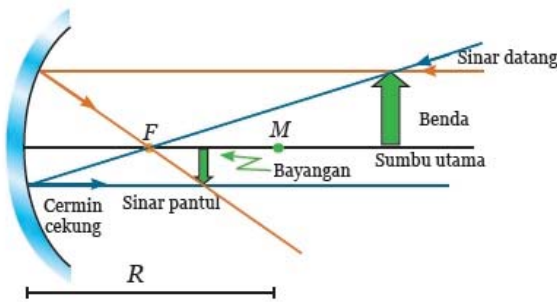
No	Sinar istimewa	Diagram sinar
1	Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dipantulkan seolah-olah dari titik fokus.	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 19. Sinar istimewa 1 pada cermin cembung
2	Sinar datang menuju titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 20. Sinar istimewa 2 pada cermin cembung
3	Sinar datang menuju titik pusat kelengkungan (M) cermin akan dipantulkan seolah-olah berasal dari titik itu juga.	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 21. Sinar istimewa 3 pada cermin cembung

Untuk melukis bayangan pada cermin cekung dan cermin cembung diperlukan minimal dua buah sinar istimewa. Akan tetapi, hasil akan lebih baik dan meyakinkan jika dilukis dengan tiga sinar istimewa sekaligus dengan langkah-langkah sebagai berikut.

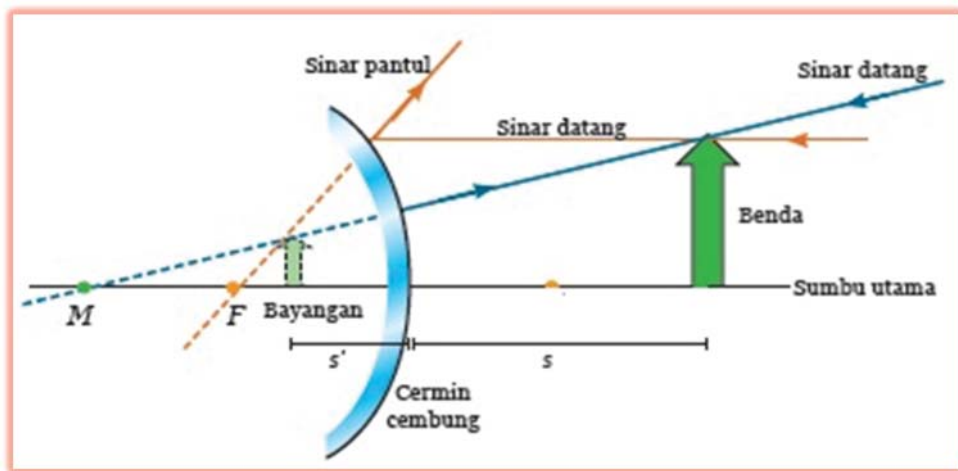
1. Pilih sebuah titik pada bagian ujung atas benda dan lukis dua sinar datang melalui titik tersebut menuju cermin.
2. Setelah sinar-sinar datang tersebut mengenai cermin, pantulkan kedua sinar tersebut sesuai kaidah sinar istimewa cermin cekung.
3. Tandai titik potong sinar pantul sebagai tempat bayangan benda.
4. Lukis perpotongan sinar-sinar pantul tersebut.

Contoh melukis bayangan pada cermin cekung adalah sebagai berikut.

No	Letak benda	Diagram sinar	Sifat bayangan
1	Benda diantara cermin dan titik fokus	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 22. Jalannya sinar saat benda di ruang 1 cermin cekung	Maya, tegak dan diperbesar
2	Benda di titik fokus	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 23. Jalannya sinar saat benda tepat di titik fokus cermin cekung	Tidak terbentuk bayangan, atau bayangan terletak di tempat jauh tak terhingga
3	Benda berada pada jarak antara titik fokus dengan pusat kelengkungan	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 24. Jalannya sinar saat benda di ruang 2 cermin cekung	Nyata, terbalik dan diperbesar

4	Benda berada pada jarak lebih dari pusat kelengkungan (M)	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 24. Jalannya sinar saat benda di ruang 3 cermin cekung	Nyata, terbalik, dan diperkecil
---	---	--	---------------------------------

Contoh melukis bayangan pada cermin cembung adalah sebagai berikut.

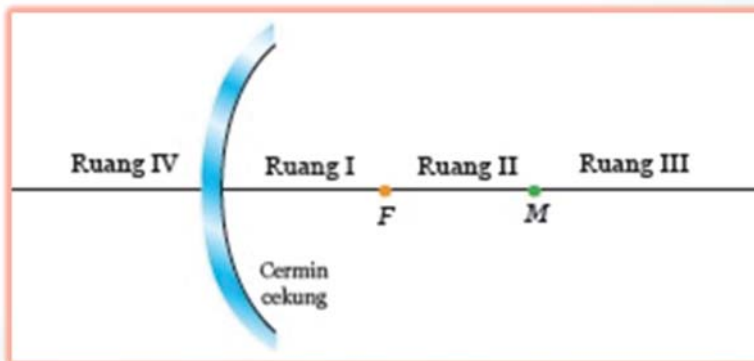


Gambar 25. Jalannya sinar saat benda di ruang 1 cermin cembung

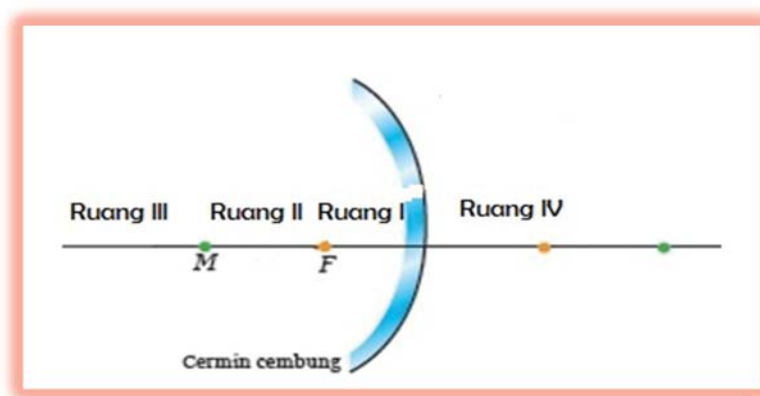
Sumber: kemendikbud. 2017

Gambar di atas menunjukkan benda di depan cermin cembung. Bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak dan diperkecil.

Untuk lebih memahami letak benda dan letak bayangan, **Dalil Esbach** membagi nomor ruang pada cermin lengkung sebagai berikut.



Gambar 26. Pembagian ruang pada cermin cekung



Gambar 27. Pembagian ruang pada cermin cembung

$$\text{Ruang benda} + \text{Ruang bayangan} = 5$$

Misalnya benda diletakkan di depan cermin cekung diantara titik fokus (F) dengan pusat kelengkungan (M) yang berarti benda berada di Ruang II, maka bayangan benda akan terbentuk di Ruang III. Tabel di bawah ini adalah tabel yang menunjukkan posisi benda, posisi bayangan dan sifat bayangan yang terjadi pada permukaan lengkung baik cermin cekung maupun cermin cembung.

Cermin Cekung				Cermin Cembung			
No	R. Benda	R. Bayangan	Sifat Bayangan	No	R. Benda	R. Bayangan	Sifat Bayangan
1	R.I	R.IV	Maya, tegak diperbesar	1	R.I	R.IV	Nyata, tegak diperbesar
2	R.II	R.III	Nyata, terbalik diperbesar	2	R.II	R.III	Maya, terbalik diperbesar
3	R.III	R.II	Nyata, terbalik diperkecil	3	R.III	R.II	Maya, terbalik diperkecil
4	R.IV	R.I	Nyata, tegak diperkecil	4	R.IV	R.I	Maya, tegak diperkecil

- ✚ Benda di ruang I, II, dan III untuk cermin cekung adalah benda nyata.
- ✚ Benda di ruang I, II, dan III untuk cermin cembung adalah benda maya.
- ✚ Benda di ruang IV untuk cermin cekung adalah benda maya.
- ✚ Benda di ruang IV untuk cermin cembung adalah benda nyata.

Hubungan antara jarak benda (s), jarak bayangan (s'), dan jarak fokus (f)

Hubungan antara ketiga besaran jarak benda (s), jarak bayangan (s'), dan jarak fokus (f) ditunjukkan oleh Gauss melalui persamaan berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$M = \left| \frac{s'}{s} \right| = \frac{h'}{h}$$

Dengan:

f = jarak fokus (cm)

s = jarak benda ke cermin (cm)

s' = jarak bayangan ke cermin

h' = tinggi bayangan

h = tinggi benda

M = Perbesaran

Catatan:

- ✚ f positif (+) menunjukkan cermin cekung
- ✚ f negatif (-) menunjukkan cermin cembung
- ✚ s positif (+) menunjukkan benda di depan cermin
- ✚ s negatif (-) menunjukkan benda di belakang cermin
- ✚ s' positif (+) menunjukkan bayangan nyata
- ✚ s' negatif (-) menunjukkan bayangan maya
- ✚ h' positif (+) menunjukkan bayangan tegak
- ✚ h' negatif (-) menunjukkan bayangan terbalik

Contoh Soal

1. Sebuah benda diletakkan 10 cm di depan cermin cekung. Jarak fokus cermin adalah 6 cm. Berapa jarak bayangan yang dibentuk, gambarlah diagram sinarnya dan bagaimana sifat bayangannya?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$s = 10 \text{ cm}$$

$$f = 6 \text{ cm}$$

Ditanya:

- a s' ?
- b diagram sinar?
- c sifat bayangan?

Jawab:

- a. Jarak bayangan

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{1}{10} + \frac{1}{s'}$$

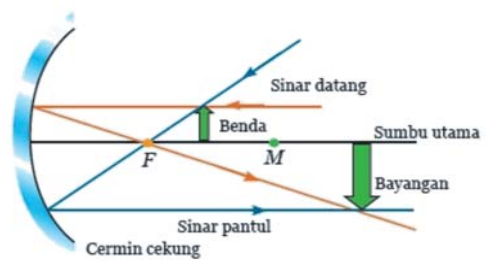
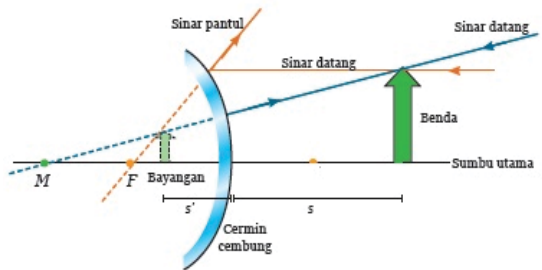
$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{6} - \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{30}{30} - \frac{10}{30}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{20}{30}$$

$$s' = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

Contoh Soal

	b. Diagram sinar  c. Sifat bayangan: nyata, terbalik, diperbesar
2. Sebuah benda diletakkan 10 cm di depan cermin cembung. Jari-jari kelengkungan cermin adalah 30 cm. Berapa jarak bayangan yang dibentuk, gambarlah diagram sinarnya dan bagaimana sifat bayangannya?	Penyelesaian: Diketahui: $s = 10 \text{ cm}$ $M = -30 \text{ cm} \rightarrow f = \frac{1}{2}M = -15 \text{ cm}$ Ditanya: a $s' ?$ b diagram sinar? c sifat bayangan? Jawab: a. Jarak bayangan $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $\frac{1}{-15} = \frac{1}{10} + \frac{1}{s'}$ $\frac{1}{s'} = \frac{1}{-15} - \frac{1}{10}$ $\frac{1}{s'} = -\frac{2}{30} - \frac{1}{30}$ $\frac{1}{s'} = -\frac{3}{30}$ $\frac{1}{s'} = -\frac{1}{10}$ $s' = -10 \text{ cm}$ Jarak bayangan 10 cm di belakang cermin b. 

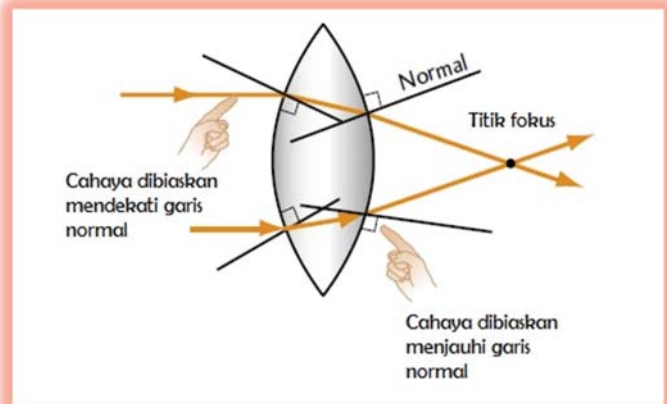
Contoh Soal

- c. Sifat bayangan: maya, tegak, diperkecil

PEMBENTUKAN BAYANGAN PADA LENSA

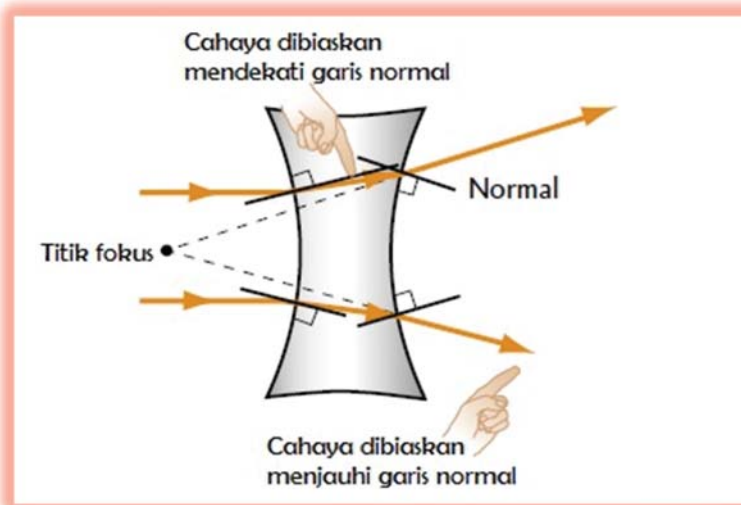
Lensa adalah benda bening yang mempunyai dua permukaan dan berfungsi untuk membiaskan cahaya. Ada beberapa macam lensa, diantaranya adalah lensa cembung dan lensa cekung.

Lensa cembung merupakan lensa yang bagian tengahnya memiliki ketebalan lebih daripada bagian tepi. Lensa cembung bersifat mengumpulkan sinar (**konvergen**). Lensa cembung biasa disebut dengan lensa positif.



Gambar 28. Jalannya sinar pada lensa cembung

Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001



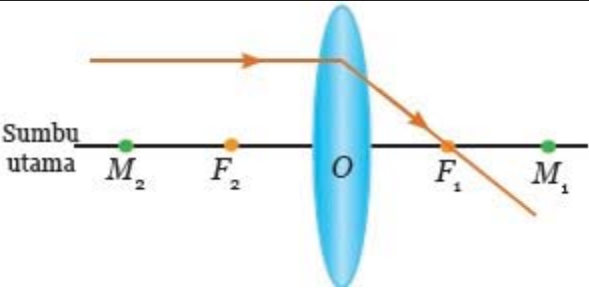
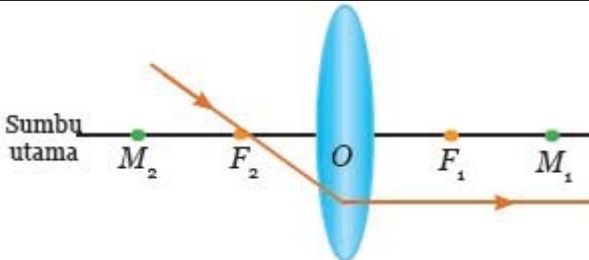
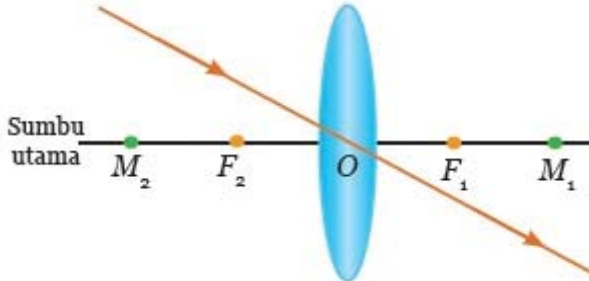
Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001

Gambar 29. Jalannya sinar pada lensa cekung

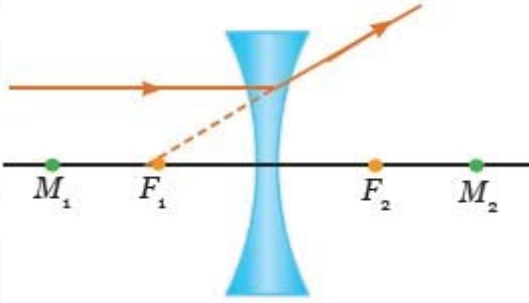
Lensa cekung adalah lensa yang bagian tengahnya lebih tipis dari bagian tepinya. Lensa cekung berfungsi untuk menyebarkan berkas sinar (**divergen**). Lensa ini disebut lensa negatif karena memiliki jarak fokus negatif yang menghasilkan bayangan maya.

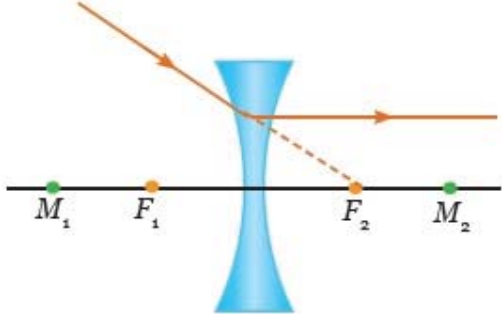
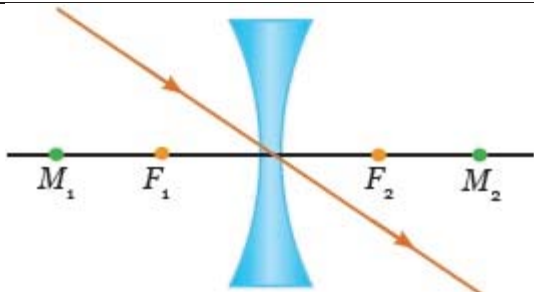
Untuk mengetahui pembentukan bayangan pada lensa, perlu diketahui sinar-sinar istimewa yang terjadi pada lensa cembung dan lensa cekung.

Sinar istimewa pada lensa cembung

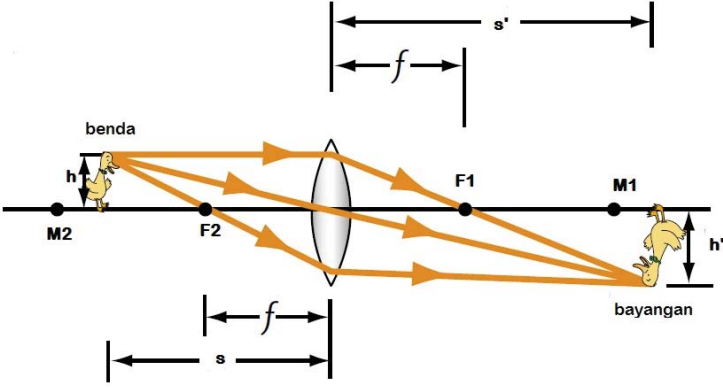
No	Sinar istimewa	Diagram sinar
1	Sinar datang sejajar dengan sumbu utama lensa akan dibiaskan menuju titik fokus aktif (F_1) di belakang lensa	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 30. Sinar istimewa pertama pada lensa cembung
2	Sinar datang melalui titik fokus pasif (F_2) di depan lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama.	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 31. Sinar istimewa kedua pada lensa cembung
3	Sinar datang melalui pusat optik lensa (O) akan diteruskan tanpa dibiaskan	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 32. Sinar istimewa ketiga pada lensa cembung

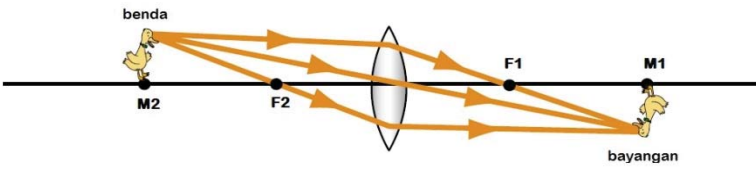
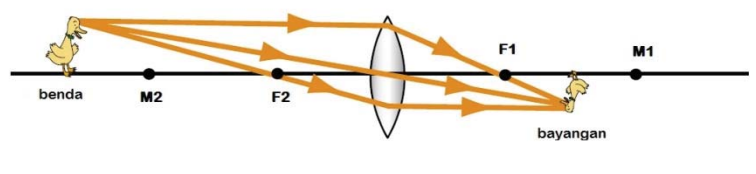
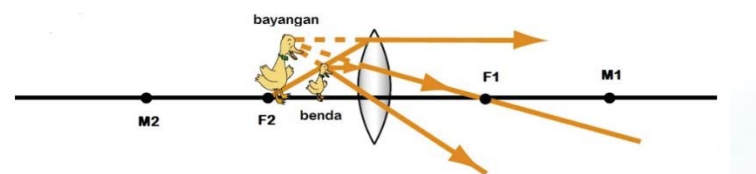
Sinar istimewa pada lensa cekung

No	Sinar istimewa	Diagram sinar
1	Sinar datang sejajar dengan sumbu utama lensa akan dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus aktif (F_1) di depan lensa	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 33. Sinar istimewa pertama pada lensa cekung

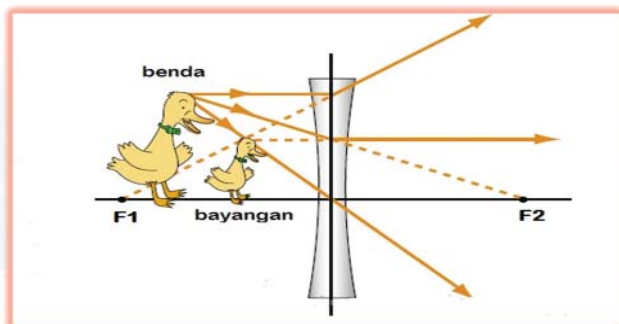
2	Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus pasif (F_2) di belakang lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama.	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 34. Sinar istimewa kedua pada lensa cekung
3	Sinar datang melalui pusat optik lensa (O) akan diteruskan tanpa dibiaskan	 Sumber: kemendikbud. 2017 Gambar 35. Sinar istimewa ketiga pada lensa cekung

Untuk melukis bayangan pada lensa cembung dan lensa cekung diperlukan minimal dua buah sinar istimewa. Contoh melukis bayangan pada lensa cembung adalah sebagai berikut.

N o	Letak benda	Diagram sinar	Sifat bayangan
1	Benda berada diantara fokus pasif (F_2) dan pusat kelengkungan lensa pasif (M_2) di depan lensa	 Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001 Gambar 36. Pembentukan bayangan pada benda di ruang 2 oleh lensa cembung	Nyata, terbalik dan diperbesar

No	Letak benda	Diagram sinar	Sifat bayangan
2	Benda berada di pusat kelengkungan lensa pasif (M2) di depan lensa	 Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001 Gambar 37. Pembentukan bayangan pada benda yang berada tepat di jari jari kelengkungan (M) oleh lensa cembung	Nyata, terbalik dan sama besar
3	Benda berada lebih dari pusat kelengkungan lensa pasif (M2) di depan lensa	 Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001 Gambar 37. Pembentukan bayangan pada benda yang berada di ruang 3 oleh lensa cembung	Nyata, terbalik, dan diperkecil
4	Benda berada diantar fokus pasif (F2) dan lensa di depan lensa	 Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001 Gambar 38. Pembentukan bayangan pada benda yang berada di ruang 1 oleh lensa cembung	Maya, tegak dan diperbesar

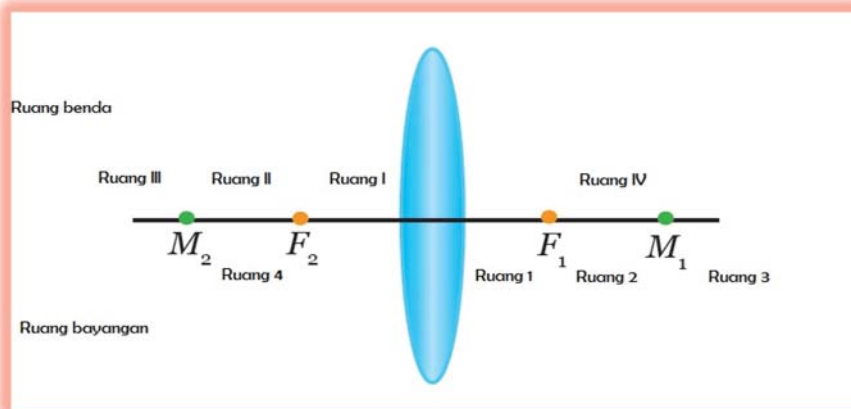
Contoh melukis bayangan pada lensa cembung adalah sebagai berikut.



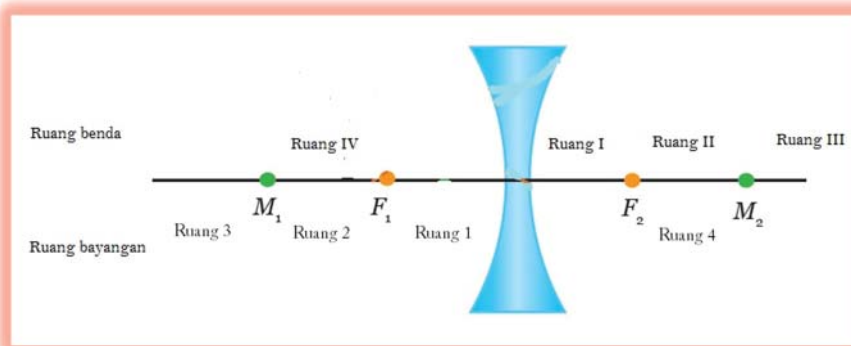
Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001

Gambar 39. Pembentukan bayangan pada benda yang berada di ruang 4 oleh lensa cekung

Gambar di atas menunjukkan benda di depan lensa cembung. Bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak dan diperkecil. Pada lensa, persamaan ruang benda dan ruang bayangan juga berlaku. Pembagian ruang pada lensa adalah sebagai berikut.



Gambar 39.
Pembagian ruang benda dan ruang bayangan pada lensa cembung



Gambar 40.
Pembagian ruang benda dan ruang bayangan pada lensa cekung

Hubungan antara jarak benda (s), jarak bayangan (s') , dan jarak fokus (f) pada lensa

Hubungan antara ketiga besaran jarak benda (s), jarak bayangan (s') , dan jarak fokus (f) ditunjukkan oleh Gauss melalui persamaan berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$M = \left| \frac{s'}{s} \right| = \left| \frac{h'}{h} \right|$$

Dengan:

f = jarak fokus (cm)

s = jarak benda ke cermin (cm)

s' = jarak bayangan ke cermin

h' = tinggi bayangan

h = tinggi benda

M = Perbesaran

Catatan:

- + f positif (+) menunjukkan lensa cembung
- f negatif (-) menunjukkan lensa cekung
- + s positif (+) menunjukkan benda di depan lensa
- s negatif (-) menunjukkan benda di belakang lensa
- + s' positif (+) menunjukkan bayangan nyata
- s' negatif (-) menunjukkan bayangan maya
- + h' positif (+) menunjukkan bayangan tegak
- h' negatif (-) menunjukkan bayangan terbalik

Setiap lensa mempunyai kemampuan berbeda-beda untuk mengumpulkan atau menyebarkan sinar. Kemampuan lensa tersebut disebut dengan kekuatan lensa (P) dan memiliki satuan dioptri. Kekuatan lensa bisa dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{1}{f} \text{ (f dalam meter)}$$

atau

$$P = \frac{100}{f} \text{ (f dalam cm)}$$

Contoh Soal

Sebuah lensa cembung memiliki titik fokus 10 cm. jika benda terletak pada jarak 20 cm, berapa jarak bayangan benda tersebut? Berapa perbesarannya? gambarlah diagram sinarnya dan bagaimana sifat bayangannya?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$s = 20 \text{ cm}$$

$$f = 10 \text{ cm}$$

Ditanya:

- a s' ?
- b M ?
- c diagram sinar?
- d sifat bayangan?

Jawab:

- a. Jarak bayangan

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{20} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{2}{20} - \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{20}$$

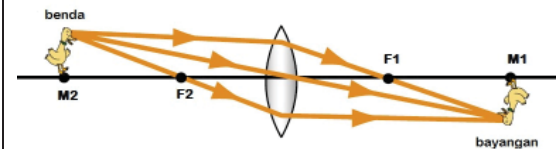
$$s' = 20 \text{ cm}$$

Contoh Soal

b. Perbesaran bayangan

$$M = \left| \frac{s'}{s} \right| = \left| \frac{20}{20} \right| = 1 \text{ kali}$$

c. Diagram sinar



d. Sifat bayangan: nyata, terbalik, sama besar

2.3 PENGLIHATAN MANUSIA

Mata merupakan indra penglihatan yang sangat penting. Kita dapat melihat indahnya dunia ini dengan mata. Mata dapat melihat suatu benda jika ada cahaya dan benda tersebut dapat memantulkan cahaya. Ketika dalam keadaan gelap, mata kita tidak dapat melihat benda. Hal ini disebabkan karena tidak adanya cahaya yang masuk ke mata dari benda-benda yang memantulkannya atau dari sumber cahaya.

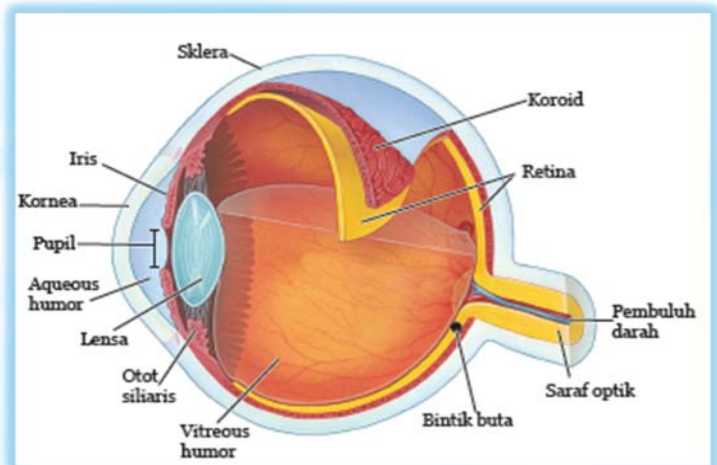


Gambar 41. Mata manusia

Sumber: sidomi.com

Mata tersusun atas beberapa bagian yang masing-masing mempunyai fungsi berbeda. Mata kita dibalut oleh tiga lapisan jaringan.

1. Lapisan luar merupakan lapisan sklera yang membentuk kornea
2. Lapisan tengah merupakan lapisan koroid yang membentuk iris
3. Lapisan dalam yang membentuk retina



Sumber: kemendikbud. 2017

Gambar 42. Bagian-bagian mata manusia

a. Kornea

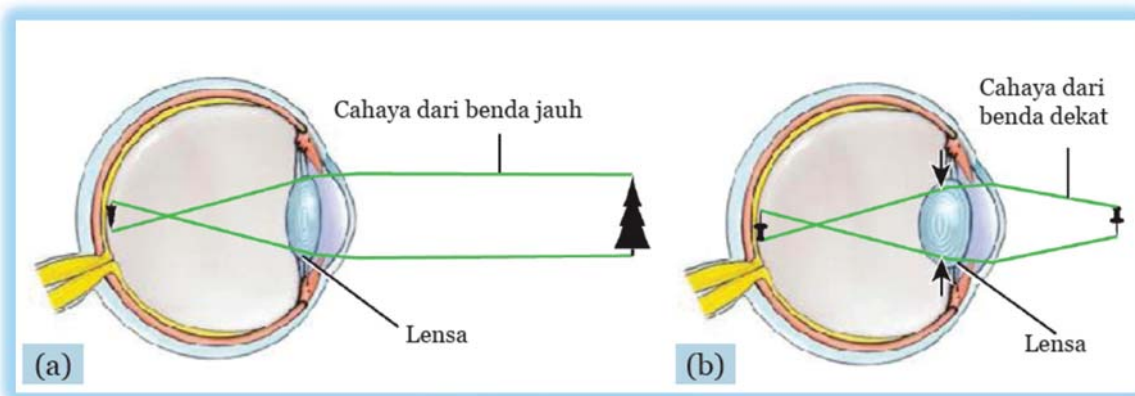
Lapisan terluar mata disebut **sklera** yang membentuk putih mata dan tersambung kornea. Cahaya masuk ke mata melewati kornea. Lapisan kornea terluar bersifat kuat dan tembus cahaya. **Kornea** merupakan selaput tipis yang berfungsi melindungi bagian dalam mata dari pengaruh luar dan membantu memfokuskan bayangan pada retina. Di belakang kornea terdapat semacam cairan yang disebut **aqueous humour**. Cairan ini berfungsi sebagai pembasuh mata.

b. Pupil

Setelah cahaya melewati kornea, cahaya menuju ke pupil. **Pupil** adalah bagian berwarna hitam yang dikelilingi oleh iris, yang merupakan bagian berwarna pada mata yang terletak dibelakang telinga. **Iris** juga merupakan pemberi warna pada mata. Pupil berfungsi mengatur banyaknya cahaya yang masuk ke mata. Di saat terdapat sedikit cahaya yang masuk ke mata, iris akan mengendur dan pupil akan membesar sehingga lebih banyak cahaya yang masuk ke dalam mata. Di saat banyak cahaya yang masuk ke dalam mata, iris akan menegang dan pupil akan mengecil sehingga cahaya yang masuk ke mata berkurang.

c. Lensa mata

Setelah melewati pupil, cahaya menuju ke lensa mata. **Lensa mata** berupa lensa cembung yang berfungsi membiaskan cahaya yang masuk ke dalam mata. Lensa mata berbentuk bikonvek (cembung-cembung) dan bersifat fleksibel. **Otot siliaris** berperan penting dalam membantu mengubah kecembungan lensa mata.



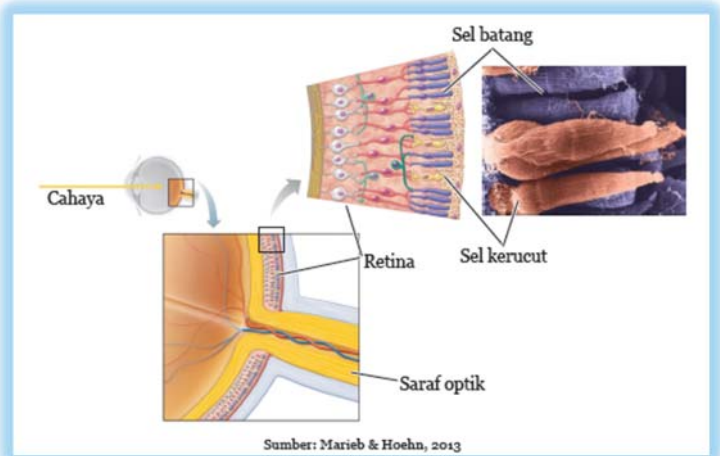
Gambar 43. Perubahan kecembungan lensa mata ketika melihat benda jauh dan benda dekat

Sumber: kemendikbud. 2017

Ketika melihat benda yang berada pada jarak jauh, otot siliaris relaksasi sehingga lensa mata menjadi lebih datar dan mata melihat tanpa berakomodasi, namun ketika melihat benda yang berada pada jarak dekat, otot siliaris mengalami kontraksi sehingga lensa mata menjadi lebih cembung dan mata dikatakan berakomodasi maksimum. Dengan mengubah kecembungan lensa tersebut, bayangan bisa terbentuk di retina dengan jelas.

d. Retina

Bayangan yang dibentuk oleh lensa selanjutnya akan ditangkap oleh retina. Retina juga dapat disebut sebagai **selaput jala**. Retina terletak di belakang berfungsi sebagai layar untuk menangkap bayangan yang dibentuk oleh lensa mata. Bayangan yang terbentuk di retina bersifat nyata, terbalik dan diperkecil. Permukaan retina dilapisi sel yang peka terhadap cahaya. Retina terdiri atas dua macam **sel fotoreseptor**, yaitu sel kerucut dan sel batang.

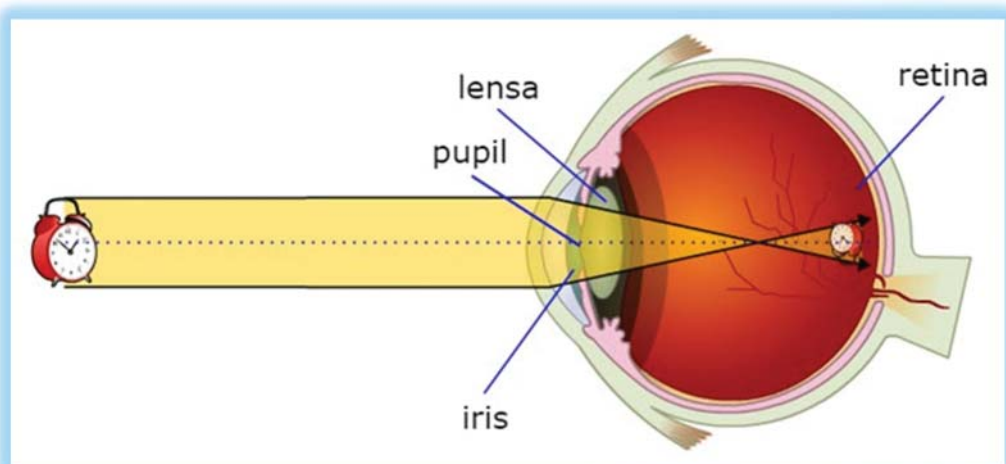


Sumber: kemendikbud. 2017

Gambar 44. Sel batang dan sel kerucut pada retina

- (1) Sel kerucut memungkinkan kita melihat warna, tetapi membutuhkan cahaya yang lebih terang dibandingkan sel batang.
- (2) Sel batang akan menunjukkan respon ketika berada di tempat redup

Semua sel bermuara ke sel **syaraf optik** yang meneruskan informasi ke otak. Meskipun bayangan yang dibentuk di retina berkebalikan dengan benda aslinya, otak kita tetap memiliki kesan bahwa bayangan itu tegak. Sifat bayangan yang terbentuk oleh lensa mata adalah nyata, terbalik dan diperkecil.



Gambar 45. Pembentukan bayangan pada mata

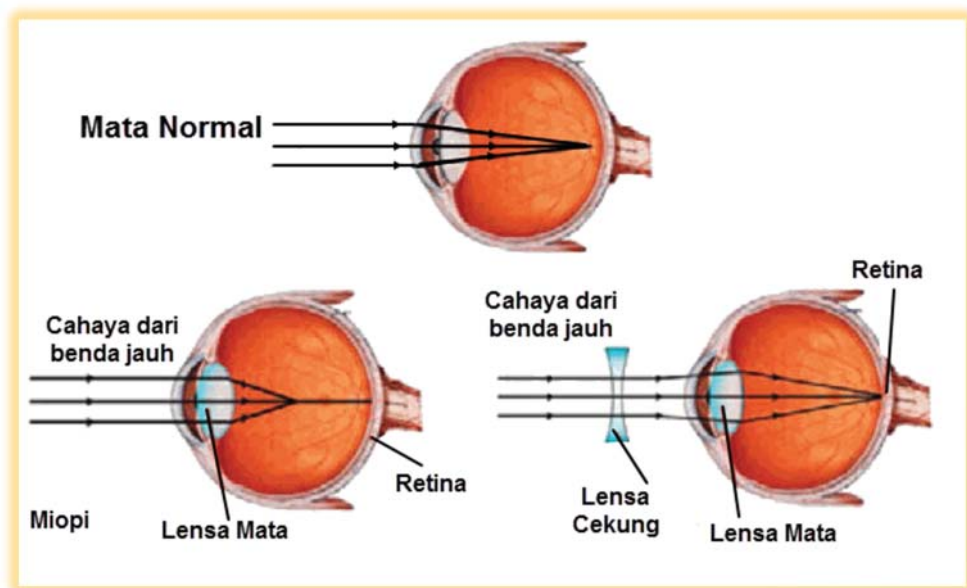
Sumber: 3.bp.blogspot.com

GANGGUAN PADA PENGLIHATAN MANUSIA

Mata normal (**emetrop**) merupakan mata yang masih dapat berakomodasi dengan baik, kemampuan akomodasi lensa mata biasanya berkurang sehingga penglihatan tak lagi normal. Bayangan benda yang seharusnya berada di retina mungkin bergeser di depan atau di belakang retina seperti ini merupakan gangguan penglihatan. Ada beberapa gangguan penglihatan yang dialami oleh mata, diantaranya yaitu:

1. Rabun jauh (miopi)

Miopi adalah gangguan mata dimana penderita tidak dapat melihat benda-benda yang letaknya jauh dari jangkauan mata. Gangguan mata ini dikarenakan lensa mata terlalu cembung sehingga bayangan yang terbentuk jatuh di depan retina. Untuk memperbaiki kelainan mata seperti ini diperlukan lensa yang bersifat memancarkan berkas sinar, yaitu lensa cekung (divergen).



Sumber: mutiaraadiesta.files.wordpress.com

Gambar 46. Pembentukan bayangan pada mata penderita miopi sebelum dan sesudah menggunakan kacamata lensa cekung

Kekuatan atau daya lensa kacamata yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan:

$$P = -\frac{100}{PR}$$

Dengan:

P = kekuatan lensa (dioptri)

PR (punctum remotum) = titik jauh mata penderita miopi (cm)

Contoh Soal

Seorang penderita miopi memiliki titik jauh berjarak 1 m. Berapakah kekuatan lensa kacamata yang perlu digunakan orang itu supaya dapat melihat benda jauh dengan jelas seperti mata normal?

Penyelesaian:

Diketahui:

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

Ditanya:

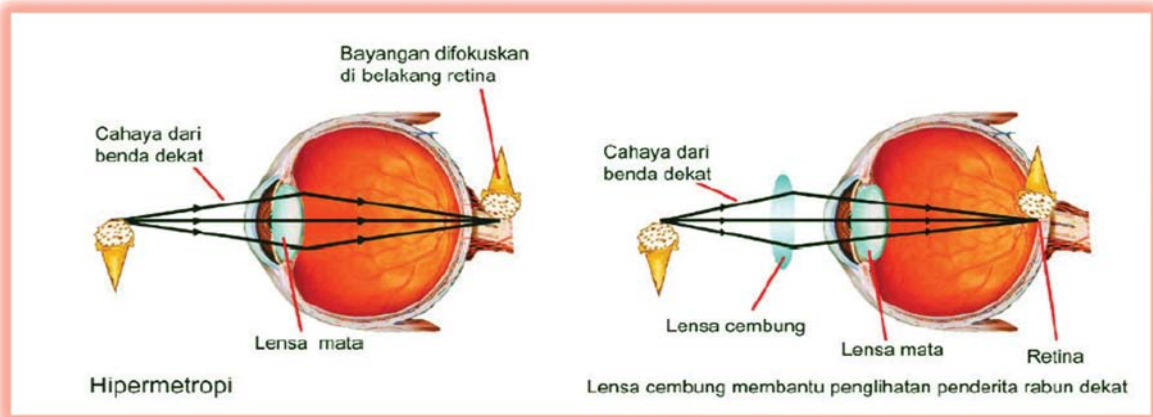
$P = ?$

Jawab:

$$P = -\frac{100}{PR} = -\frac{100}{100} = -1 \text{ dioptri}$$

2. Rabun dekat (hipermetropi)

Hipermetropi merupakan gangguan mata di mana penderitanya tidak dapat melihat benda yang dekat dengan jelas. Gangguan mata ini terjadi karena lensa mata tidak dapat dicembungkan sebagaimana biasa sehingga letak titik dekat mata bergeser menjauhi mata dan bayangan benda jatuh di belakang retina. Penderita hipermetropi dapat ditolong dengan kacamata lensa cembung (konvergen). Penderita rabun dekat memiliki titik dekat mata (PP) $> 25 \text{ cm}$ dan mempunyai titik jauh mata (PR) = tak terhingga.



Sumber: mutiaraadiesta.files.wordpress.com

Gambar 47. Pembentukan bayangan pada mata penderita hipermetropi sebelum dan sesudah menggunakan kacamata lensa cembung

Kekuatan atau daya lensa kacamata yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan:

$$P = \frac{100}{S} - \frac{100}{PP}$$

Dengan:

P = kekuatan lensa (dioptri)

S = jarak benda dari mata (cm); jika tidak disebutkan maka S adalah titik dekat mata normal yaitu 25 cm

PP (punctum proximum) = titik dekat mata penderita hipermetropi (cm)

Contoh Soal

Seorang penderita hipermetropi memiliki titik dekat berjarak 100 cm. Berapakah kekuatan lensa kaca mata yang perlu digunakan orang itu supaya dapat melihat dengan jelas pada jarak 20 cm?

Penyelesaian:

Diketahui:

PP = 100 cm

S = 20 cm

Ditanya:

P = ?

Jawab:

$$P = \frac{100}{S} - \frac{100}{PP} = \frac{100}{20} - \frac{100}{100} = 5 - 1$$

3. Mata tua (presbiopi)

Penderita **presbiopi** tidak dapat jelas melihat benda yang letaknya jauh dan letaknya dekat. Baik titik jauh maupun titik dekat penderita presbiopi telah bergeser dari posisi normalnya. Presbiopi biasanya terjadi karena melemahnya otot-otot mata (daya akomodasi berkurang akibat bertambahnya usia). Penderita presbiopi dapat dibantu dengan menggunakan kaca mata berlensa rangkap, yaitu kaca mata berlensa positif dan negatif.

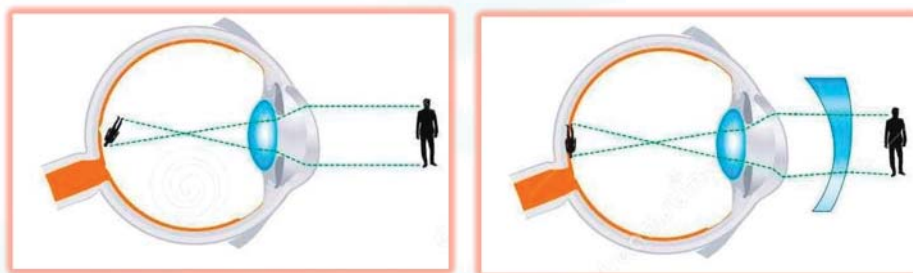


Sumber: alibaba.kumpar.com

Gambar 48. Posisi membaca orang tua yang menderita presbiopi

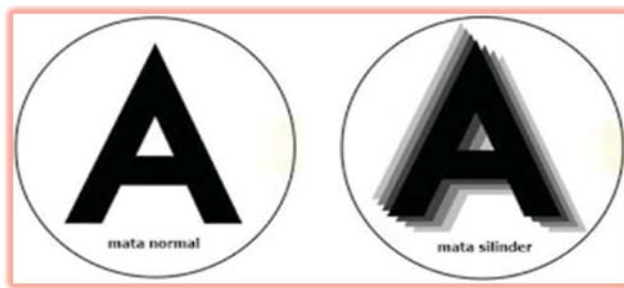
4. Astigmatisme

Astigmatisme atau mata silindris terjadi karena bentuk kornea atau lensa mata yang terlalu cembung di salah satu sisinya. Akibatnya sebuah titik akan terlihat sebagai garis. Benda bergaris dapat terlihat jelas tetapi dalam arah tertentu saja. Misalnya vertikal atau horizontal saja. Penderita astigmatisme dibantu dengan kaca mata berlensa silinder.



Sumber: 4.bp.blogspot.com

Gambar 49. Pembentukan bayangan pada penderita astigmatisme sebelum dan sesudah menggunakan kaca mata berlensa silinder

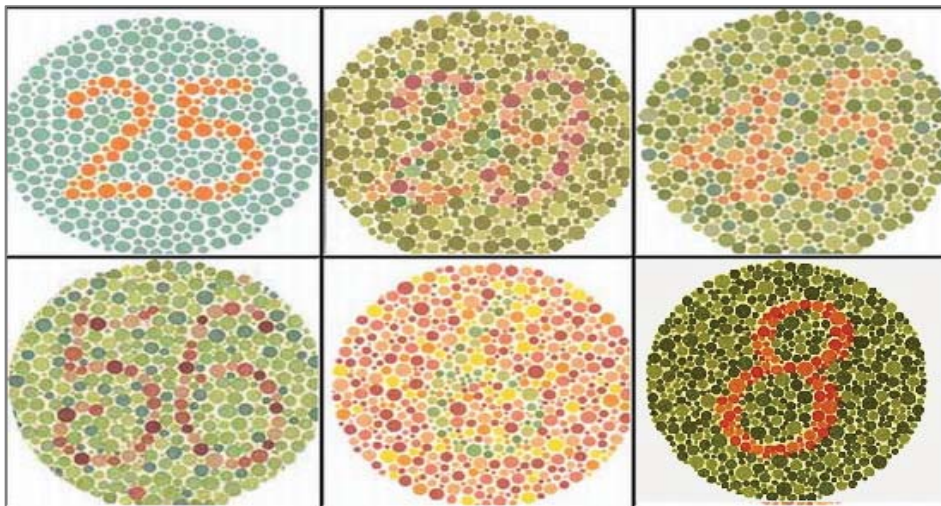


Sumber: obatkhhususmata.com

Gambar 50. Perbedaan penglihatan huruf antara seorang bermata normal dan yang menderita silindris

5. Buta warna

Buta warna adalah kelainan pada mata yang disebabkan ketidakmampuan sel-sel kerucut mata untuk menangkap warna tertentu. Penyakit ini bersifat menurun. Buta warna terdiri dari buta warna total dan buta warna sebagian. Buta warna total hanya mampu melihat warna hitam dan putih saja, sedangkan buta warna sebagian tidak dapat melihat warna tertentu saja, yaitu merah, hijau atau biru. Untuk mengetahui seseorang menderita buta warna atau tidak bisa melalui **uji ishihara**. Uji tersebut didasarkan pada penentuan angka atau pola yang ada pada kartu dengan berbagai ragam warna dan pola tertentu.



Sumber: assets-a1.kompasiana.com

Gambar 51. Contoh pola gambar yang digunakan pada uji ishihara

6. Koloboma

Koloboma adalah istilah yang menggambarkan lubang yang terdapat pada struktur mata, seperti lensa mata, kelopak mata, iris, retina, koroid, atau diskus optikus. Lubang ini telah ada sejak lahir dan dapat disebabkan adanya jarak antara dua struktur di mata. Struktur ini gagal menutup sebelum bayi dilahirkan. Koloboma dapat terjadi pada satu atau kedua mata. Koloboma memengaruhi pandangan, tergantung dari tingkat keparahan sesuai dengan ukuran dan lokasi.



Sumber: obatpembengkakanhati.idkes.com

Gambar 52. Mata penderita koloboma

7. Konjungtivitis

Konjungtivitis merujuk pada peradangan selaput mata (conjunctiva)/lapisan terluar mata dan permukaan bagian dalam kelopak mata. Biasanya konjungtivitis hanya menyerang satu mata. Dalam waktu 12-48 jam setelah infeksi mulai, mata menjadi merah dan nyeri. Jika tidak diobati bisa terbentuk ulkus kornea, abses, perforasi mata bahkan kebutaan. Untuk mengatasi konjungtivitis bisa diberikan tablet, suntikan maupun tetes mata yang mengandung antibiotik.



Sumber: mediskus.com

Gambar 53. Mata penderita konjungtivitis

8. Glaukoma

Glaukoma adalah salah satu jenis penyakit mata dengan gejala yang tidak langsung, yang secara bertahap menyebabkan penglihatan pandangan mata semakin lama akan semakin berkurang sehingga akhirnya mata akan menjadi buta. Hal ini disebabkan karena saluran cairan yang keluar dari bola mata terhambat sehingga bola mata akan membesar dan bola mata akan menekan saraf mata yang berada di belakang bola mata yang akhirnya saraf mata tidak mendapatkan aliran darah sehingga saraf mata akan mati.

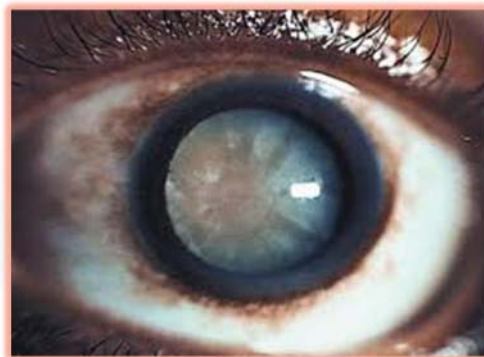


Sumber: www.obatglaukoma.com

Gambar 54. Mata penderita glaukoma

9. Katarak

Katarak adalah sejenis kerusakan mata yang menyebabkan lensa mata berselaput dan rabun. Lensa mata menjadi keruh dan cahaya tidak dapat menembusnya, bervariasi sesuai tingkatannya dari sedikit sampai kebutaan total dan menghalangi jalan cahaya. Dalam perkembangan katarak yang terkait dengan usia penderita dapat menyebabkan penguatan lensa, menyebabkan penderita menderita miopi, menguning secara bertahap dan kebutaan lensa dapat mengurangi persepsi akan warna biru.



Sumber: sweetspearls.com

Gambar 55. Mata penderita katarak

2.4 PENGLIHATAN SERANGGA



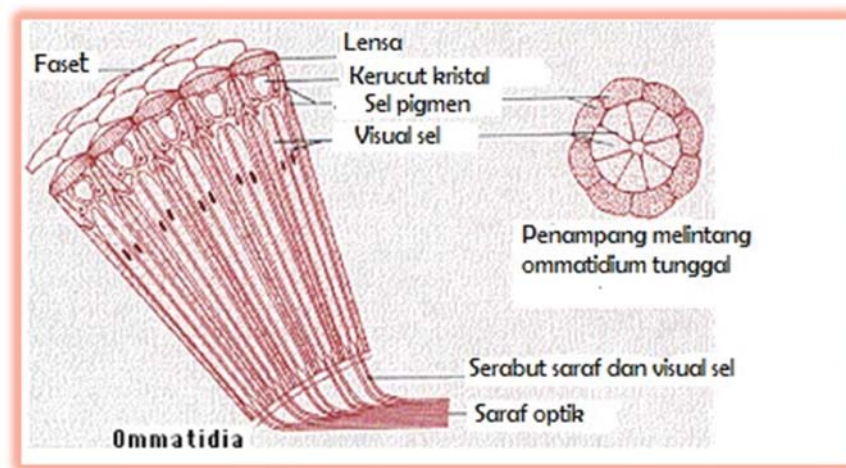
Sumber: 4.bp.blogspot.com

Gambar 56. Mata faset pada serangga

Mata serangga memiliki struktur yang berbeda dengan mata manusia. Mata manusia hanya terdiri dari sebuah lensa, sedangkan mata serangga terdiri dari puluhan hingga ratusan lensa sehingga dikenal dengan istilah **mata majemuk/ mata faset**. Mata majemuk ini menyebabkan serangga bisa melihat dengan jangkauan pandang yang sangat lebar sampai 360° dan juga bisa melihat gerakan yang sangat cepat sehingga bisa menghindari ancaman dan bisa menangkap mangsa dengan mudah.

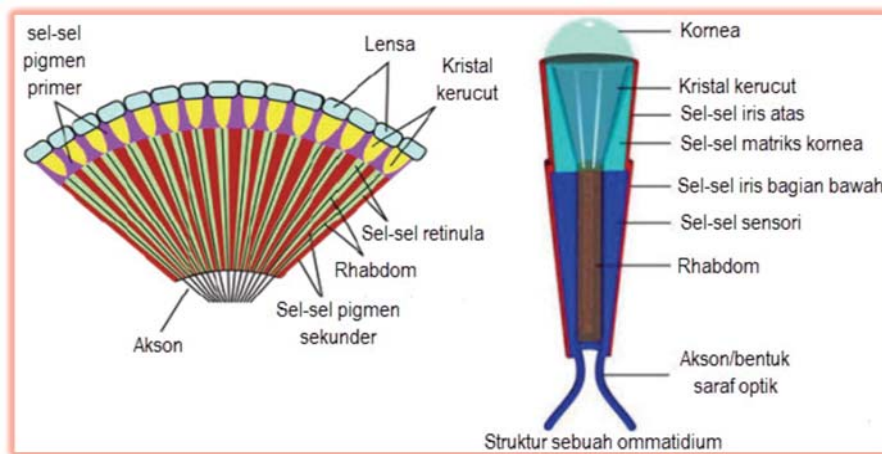
Masing-masing mata serangga disebut dengan **ommatidium**. Setiap ommatidium berfungsi sebagai reseptor penglihatan. Setiap ommatidium terdiri atas bagian sebagai berikut.

- Lensa tunggal dimana tampak dari depan membentuk masing-masing faset tunggal
- Kerucut Kristal transparan (crystalline cone) yang tembus cahaya
- Visual sel yang sangat peka terhadap cahaya dan memiliki pola radial mirip buah jeruk.
- Sel pigmen yang memisahkan ommatidium satu dengan lainnya dan bertugas untuk memastikan bahwa cahaya yang masuk ke dalam ommatidium paralel terhadap lintasan panjang untuk mencapai sel-sel visual dan memicu impuls saraf.



Gambar 57. Susunan Mata faset pada serangga serta penampang melintang ommatidium tunggal

Sumber: 3.bp.blogspot.com



Gambar 58. Struktur ommatidium

Sumber: 1.bp.blogspot.com

Setiap ommatidium akan menyumbangkan informasi penglihatan dari satu daerah objek yang dilihat serangga dan dari arah yang berbeda-beda. Gabungan dari gambar-gambar yang dihasilkan setiap ommatidium adalah **bayangan mosaik**, yang menyusun seluruh pandangan serangga. Sebagai contoh, mata lalat rumah terdiri atas 6000 bentuk mata yang ditata dalam segi enam (ommatidium). Setiap ommatidium dihadapkan ke arah yang berbeda-beda, seperti ke depan, belakang, bawah, atas, dan ke setiap sisi, sehingga lalat dapat melihat ke mana-mana. Dengan demikian, lalat dapat mengindera dalam daerah penglihatan dari semua arah. Pada setiap ommatidium, terdapat delapan neuron sel saraf reseptor (penerima cahaya), sehingga secara keseluruhan terdapat sekitar 48.000 sel pengindera di dalam matanya. Dengan kelebihanannya tersebut, mata lalat dapat memproses hingga seratus gambar per detik.

Berdasarkan mata majemuk tersebut, ilmuwan mengembangkan peralatan yang bisa membantu kepentingan manusia misalnya:

- alat detektor gerakan berkecepatan tinggi
- kamera sangat tipis yang dapat membidik ke banyak arah yang bisa digunakan untuk memeriksa lambung dan bisa ditelan oleh pasien. Saat sampai di lambung alat tersebut akan mengumpulkan data melalui mata majemuknya dan mengirimkan laporan melalui jaringan nirkabel.

2.5 ALAT OPTIK

Alat optik adalah benda bening yang digunakan untuk menghasilkan bayangan melalui pemantulan atau pembiasan cahaya. Alat optik dibedakan menjadi alat optik alamiah dan alat optik buatan. **Alat optik alamiah** adalah alat penglihatan yang dimiliki manusia tanpa terlebih dahulu membuatnya, yaitu mata. **Alat optik buatan** adalah alat penglihatan yang dibuat oleh manusia untuk membantu mengamati benda-benda yang tidak dapat dilihat dengan jelas oleh mata. Alat optik buatan misalnya kacamata, kamera, lup, mikroskop, teropong dan periskop. Mata sudah kita bahas terlebih dahulu di awal, sekarang kita akan mempelajari alat optik buatan. Agar kalian lebih memahami tentang karakteristik masing-masing alat optik buatan, maka kita ikuti pembahasan berikut.

LUP

Lup merupakan alat optik yang berguna untuk mengamati benda-benda kecil agar tampak besar dan jelas. Lup terbuat dari lensa cembung. Agar benda terlihat, maka benda diletakkan di antara titik pusat (O) dan titik fokus (F) sehingga terbentuk bayangan yang bersifat maya, tegak, dan diperbesar. Saat bayangan terbentuk di titik dekat mata, maka mata berakomodasi maksimum. Jika ingin mengamati benda dengan



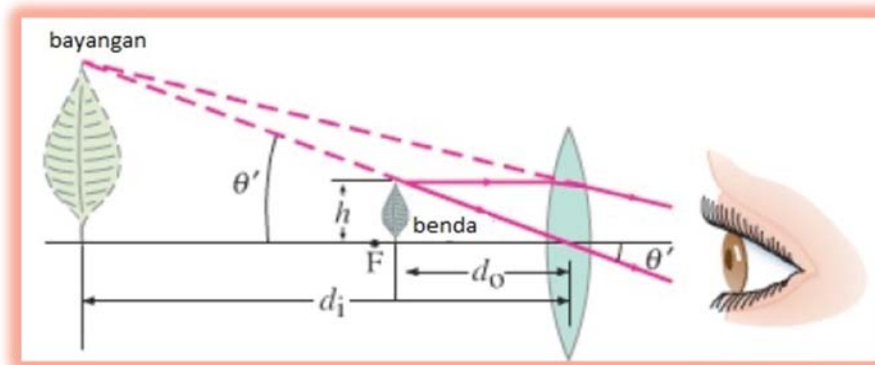
Gambar 59. Penggunaan Lup

Sumber: 3.bp.blogspot.com

lup tanpa berakomodasi, maka benda diletakkan tepat di titik fokus lensa sehingga yang masuk ke mata berupa sinar sejajar. Ini dikatakan mengamati dengan mata tidak berakomodasi.

Sketsa pembentukan bayangan oleh lup ditunjukkan pada

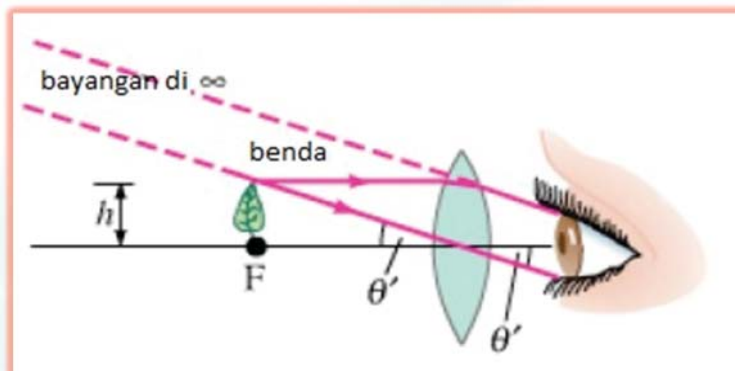
a Mata berakomodasi (benda terletak di antara titik pusat (O) dan titik fokus (F))



Sumber: Giancoli, 2005

Gambar 60. Skema pembentukan bayangan pada lup saat mata berakomodasi

b Mata tak berakomodasi (benda terletak tepat di titik focus sehingga terbentuk bayangan di jauh tak terhingga)

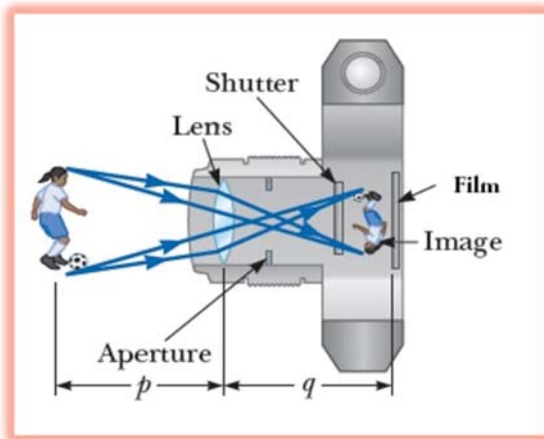


Sumber: Giancoli, 2005

Gambar 61. Skema pembentukan bayangan pada lup saat mata tak berakomodasi

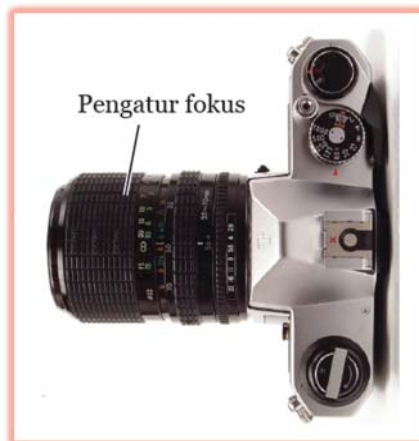
KAMERA

Kamera merupakan suatu alat optik yang digunakan untuk merekam suatu tempat, situasi, atau peristiwa. Kamera adalah alat optik yang menyerupai mata. Elemen-elemen dasar kamera adalah lensa cembung, celah diafragma, dan film (pelat sensitif). Lensa cembung berfungsi untuk membentuk bayangan benda, celah diafragma berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya yang masuk, dan film berfungsi untuk menangkap bayangan yang dibentuk oleh lensa. Film terbuat dari bahan yang mengandung zat kimia sensitif terhadap cahaya (berubah ketika cahaya mengenai bahan tersebut).



Sumber: Serway and Jewett, 2014

Gambar 62. Pembentukan bayangan pada kamera



Sumber: Kemendikbud, 2017

Gambar 63. Kamera analog

Selain ketiga elemen diatas bagian-bagian penting dari kamera adalah:

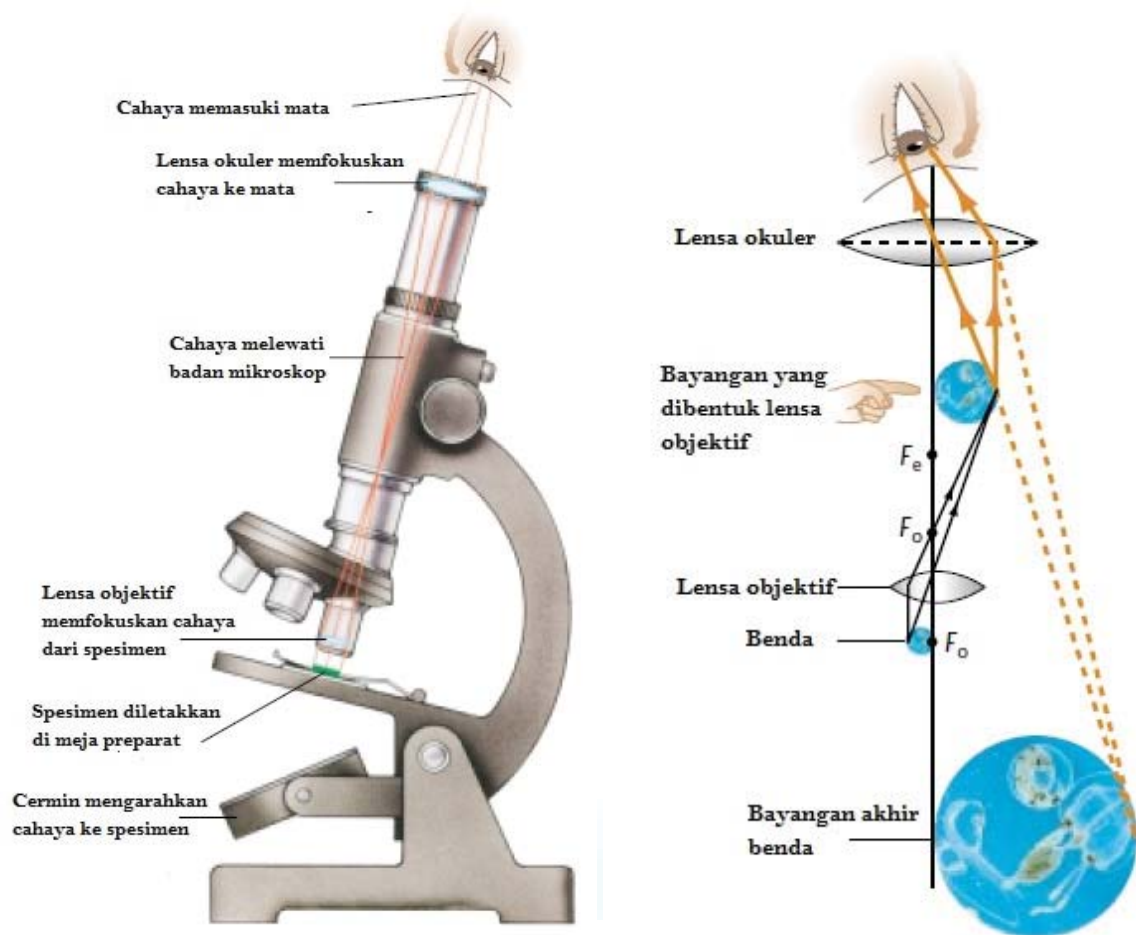
- ✚ Celah (shutter) berfungsi untuk mengatur banyak sedikitnya cahaya yang mengenai film.
- ✚ Diameter celah disebut juga aperture yang memiliki fungsi sama dengan pupil mata.
- ✚ Ulir sekrup berfungsi untuk memfokuskan cahaya dengan menggeserkan lensa kamera sesuai dengan objek yang akan dipotret.
- ✚ Penutup/pembuka lensa berfungsi untuk menentukan bisa tidaknya cahaya masuk mengenai film.

Mekanisme kerja kamera mirip dengan mekanisme kerja mata manusia. Lensa pada kamera digunakan untuk menghasilkan suatu bayangan dari objek pada sebuah film. Fungsi film seperti retina pada mata, sebagai layar untuk menangkap dan merekam bayangan yang dihasilkan oleh lensa. Bayangan yang dihasilkan nyata, terbalik dan diperkecil.

Cara kerja kamera dapat dijelaskan sebagai berikut. Ketika shutter (penutup) dibuka, cahaya dari objek yang akan difoto difokuskan oleh lensa. Bayangan yang terbentuk jatuh tepat padapelat film. Pelat film terdiri dari bahan kimia yang peka terhadap cahaya dan akan mengalami perubahan ketika dikenai cahaya. Bayangan yang terbentuk pada pelat film ini akan berubah menjadi gambar objek yang difoto setelah melalui proses pencucian film.

MIKROSKOP

Mikroskop adalah alat optik untuk mengamati benda-benda yang sangat kecil seperti bakteri atau penampang sel. Mikroskop memiliki perbesaran angular lebih besar daripada lup. Mikroskop sederhana terdiri atas dua buah lensa positif (cembung). Lensa positif yang berdekatan dengan mata disebut **lensa okuler**. Lensa ini berfungsi sebagai lup. Lensa positif yang berdekatan dengan benda disebut **lensa objektif**. Jarak titik api lensa objektif lebih kecil dari pada jarak titik api lensa okuler. Benda yang akan diamati diletakkan di kaca objek dan disinari dari bawah. Cahaya melalui lensa objektif dan membentuk bayangan nyata, terbalik dan diperbesar. Bayangan ini akan menjadi benda bagi lensa okuler. Sifat bayangan yang dihasilkan lensa okuler adalah maya, diperbesar, dan terbalik dari benda. Susunan lensa seperti ini memungkinkan bayangan ratusan kali lebih besar dari benda aslinya.



Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001

Gambar 64. Bagian-bagian mikroskop dan pembentukan bayangan pada mikroskop

TEROPONG/ TELESKOP

Teropong atau **Teleskop** adalah alat optik yang digunakan untuk melihat benda yang sangat jauh agar tampak lebih dekat dan jelas. Fungsi teropong untuk membawa bayangan benda yang terbentuk lebih dekat sehingga tampak benda lebih besar. Pada tahun 1608, **Hans Lippershey** ilmuwan Belanda berhasil membuat teleskop. Pada tahun 1611, seorang ilmuwan Italia, **Galileo Galilei** berhasil membuat teropong dengan perbesaran sampai 30 kali. Galileo adalah orang yang pertama kali menggunakan teleskop untuk mengamati benda-benda langit.

Saat ini kita mengenal ada dua jenis teropong, yaitu:

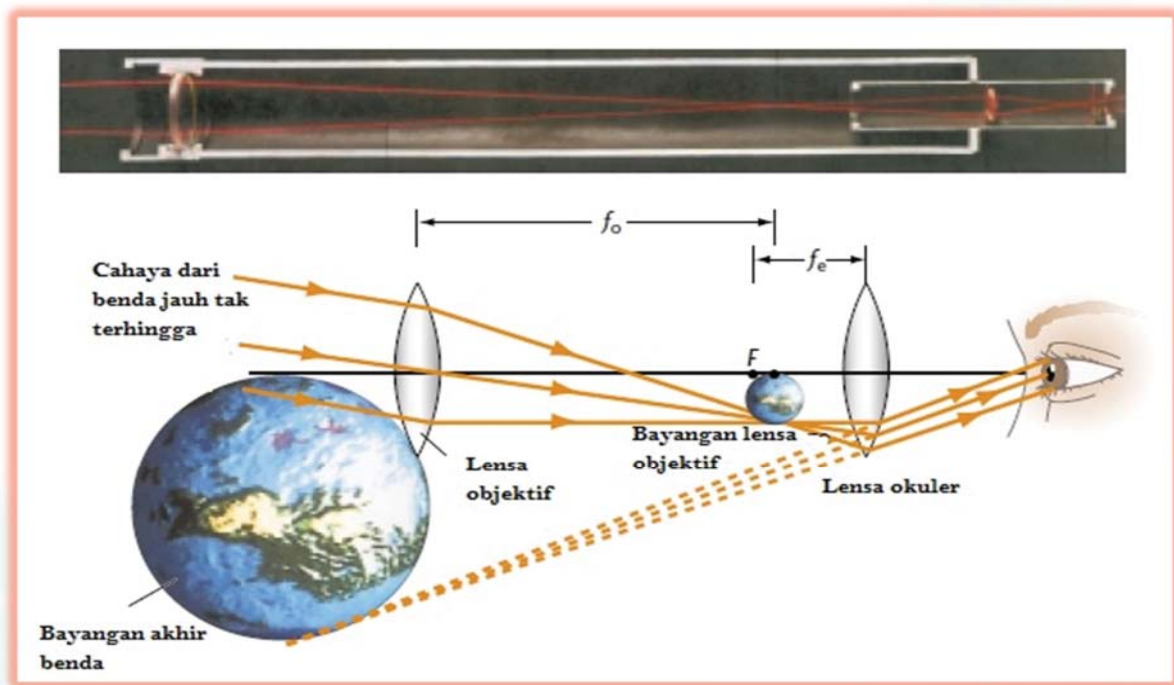
1. **Teropong bias** yaitu teropong yang menggunakan beberapa lensa untuk membiaskan sinar yang datang dari benda, contoh teropong bintang, teropong bumi dan teropong prisma.

Gambar 65. Teropong bias

Sumber: anggadewikireina.wordpress.com



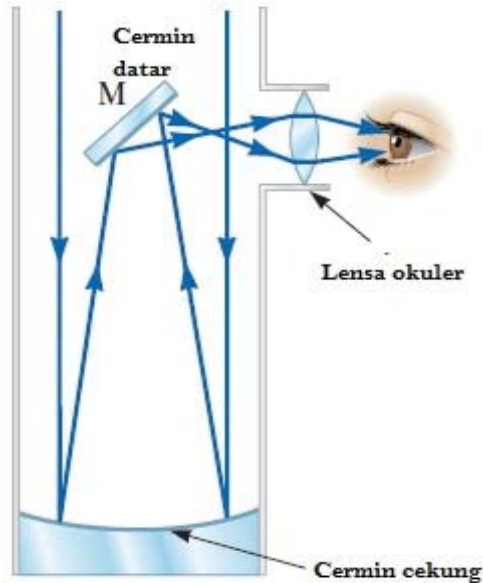
Teleskop bias sederhana merupakan kombinasi antara dua lensa cembung yang terletak pada bagian pipa. Lensa yang lebih besar adalah lensa objektif, sedangkan yang lebih kecil adalah lensa okuler (lensa mata). Lensa objektif membentuk sebuah bayangan dan kemudian bayangan tersebut akan diperbesar oleh lensa okuler. Lensa objektif pada teleskop bias memiliki diameter yang lebih besar daripada diameter mata kamu saat membuka. Hal ini berarti akan lebih banyak cahaya yang dipantulkan oleh objek yang dapat masuk ke dalam lensa yang kemudian akan masuk ke dalam mata. Dengan demikian, bayangan yang terbentuk oleh lensa objektif akan lebih jelas daripada bayangan yang terbentuk oleh mata. Karena bayangan yang terbentuk sangat jelas, maka objek yang terlihat juga menjadi lebih detail.



Gambar 66. Pembentukan bayangan pada teropong bias

Sumber: Nowikow and Heimbecker, 2001

2. **Teropong pantul** yang terdiri dari beberapa cermin dan lensa sebagai pemantul dan pembias sinar datang. Lensa objektif yang terdapat pada teleskop pantul digantikan oleh cermin cekung. Bayangan dari sebuah objek yang letaknya jauh terbentuk di dalam tabung teleskop ketika cahaya dipantulkan dari cermin cekung. Cahaya yang dipantulkan objek yang jauh memasuki salah satu ujung tabung dan ditangkap oleh cermin lain pada ujung yang lain. Cahaya ini dipantulkan dari cermin cekung ke cermin datar yang ada di dalam tabung. Cermin datar kemudian memantulkan cahaya ke lensa okuler, yang berfungsi memperbesar gambar.



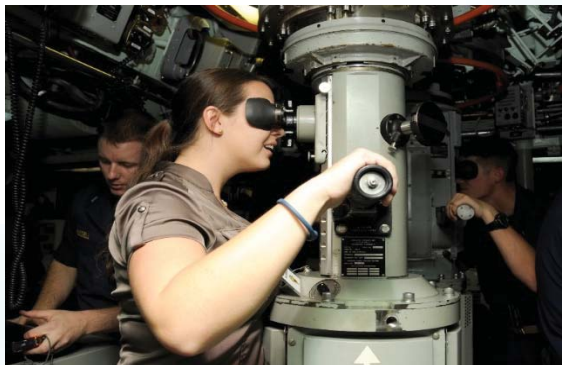
Gambar 67. Pembentukan bayangan pada teropong pantul



Sumber: Serway and Jewett, 2014

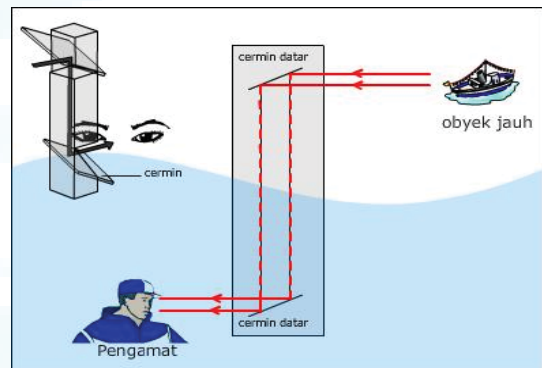
PERISKOP

Periskop adalah alat optik yang digunakan untuk mengamati dari posisi tersembunyi. Periskop sederhana dapat dibuat dengan menggunakan tabung yang diberikan cermin parallel yang saling berhadapan dengan sudut 45° pada setiap sisinya. Periskop sederhana sering digunakan sebagai alat untuk melihat ketika dihalangi kerumunan orang. Periskop yang canggih biasa ditemukan di kendaraan lapis baja dan kapal selam.



Sumber: commons.wikimedia.org

Gambar 68. Periskop



Sumber: nsinatria.blog.uns.ac.id

Gambar 69. Skema pembentukan bayangan pada periskop

LCD PROYEKTOR

LCD Proyektor adalah alat yang memiliki fungsi menampilkan bayangan sebuah gambar positif yang dapat ditembus cahaya.



Sumber: *geekworthy.com*

Gambar 70. Penggunaan LCD proyektor untuk presentasi

RANGKUMAN

- ✚ Cahaya mempunyai sifat merambat lurus, dapat dipantulkan, dan dapat dibiaskan
- ✚ Pembentukan bayangan pada cermin dibagi menjadi tiga macam yaitu, cermin datar, cermin cekung dan cermin cembung
- ✚ Pembentukan bayangan pada lensa dibagi menjadi dua yaitu lensa positif / lensa cembung dan lensa negative/ lensa cekung.
- ✚ Lensa cembung bersifat mengumpulkan cahaya (konvergen), sedangkan lensa cekung bersifat menyebarkan sinar (divergen)
- ✚ Bagian mata yang banyak berperan dalam proses pembentukan bayangan benda adalah kornea, pupil, lensa mata dan retina.
- ✚ Gangguan pada mata antara lain miopi, hipermetropi, presbiopi, astigmatisme, buta warna, koloboma, konjungtivitis, glaucoma dan katarak
- ✚ Mata serangga terdiri dari puluhan hingga ratusan lensa sehingga disebut dengan mata majemuk/ mata faset.
- ✚ Masing-masing mata serangga disebut ommatidium dan berfungsi sebagai reseptor penglihatan.
- ✚ Alat-alat optik yang ada dalam kehidupan sehari-hari antara lain lup, kamera, mikroskop, teropong, periskop dan LCD proyektor

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat, dengan memberikan tanda silang (x) pada huruf a, b, c atau d!

1. Pada prinsipnya kita bisa melihat suatu benda karena
 - e. Benda berada di tempat terbuka yang terang benderang
 - f. Adanya cahaya yang memantul dari benda ke arah mata kita
 - g. Mata kita mengeluarkan gelombang listrik ke arah benda tersebut
 - h. Mata kita menangkap partikel-partikel yang terpancar dari benda tersebut
2. Agar benda pada cermin cekung dihasilkan sifat bayangan maya dan diperbesar maka harus di letakkan di
 - a. antara F dan M
 - b. di titik F
 - c. antara F dan O
 - d. di titik M
3. Berikut ini proses perjalanan cahaya pada mata hingga terbentuk bayangan benda adalah
 - a. Pupil – kornea – iris – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
 - b. Pupil – iris – kornea – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
 - c. Kornea – pupil – iris – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
 - d. Kornea – pupil – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
4. Bagian pada mata serangga yang berfungsi memastikan cahaya yang masuk ke ommatidium parallel terhadap panjang lintasannya adalah
 - a. Kerucut Kristal
 - b. Visual sel
 - c. Sel pigmen
 - d. Lensa tunggal
5. Bayangan pada kamera memiliki sifat
 - a. nyata, terbalik, diperkecil
 - b. nyata, tegak, diperbesar
 - c. maya, terbalik, diperkecil
 - d. maya, tegak, diperbesar

SOAL EVALUASI UNIT 2

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan jawaban yang tepat dan jelas!

1. Dani meletakkan sebuah benda 15 cm di depan cermin cekung dan terbentuk bayangan pada jarak 30 cm di depan cermin. Tentukan!
 - a. Jarak fokus cermin
 - b. Sifat bayangan

2. Sebuah benda yang berdiri tegak sejauh 25 cm di depan sebuah lensa cembung. Bayangan bendanya berada pada jarak 50 cm di depan lensa. Tentukan kekuatan lensa tersebut!

PENILAIAN PENUGASAN UNIT 1

Penilaian Unit 1 penugasan 1 “ayunan sederhana” (Lembar kerja 1.1)

Tugas: memahami konsep getaran

Cara penilaian lembar kerja 1.1 adalah sebagai berikut.

RUBRIK PENILAIAN		
ASPEK	SKOR	KETERANGAN
Merangkai alat	3	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan dan alat bekerja dengan baik saat digunakan
	2	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan tetapi alat belum bekerja dengan baik saat digunakan
	1	Peserta didik merangkai alat secara asal-asalan tanpa mengikuti cara kerja
Menggunakan alat	3	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar dan sesuai cara kerja
	2	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar tetapi tidak sesuai cara kerja
	1	Peserta didik salah dalam menggunakan alat dan tidak sesuai cara kerja
Mengemukakan kesimpulan	3	Peserta didik mampu menyebutkan urutan lintasan ayunan secara sempurna
	2	Peserta didik tidak sempurna dalam menyebutkan urutan lintasan ayunan
	1	Peserta didik tidak mampu menyebutkan urutan lintasan ayunan

$$\text{Jumlah skor} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{9} \times 100$$

Penilaian Unit 1 penugasan 2 “periode dan frekuensi” (Lembar kerja 1.2)

Tugas: memahami konsep periode dan frekuensi

Cara penilaian lembar kerja 1.2 adalah sebagai berikut.

RUBRIK PENILAIAN		
ASPEK	SKOR	KETERANGAN
Merangkai alat	3	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan dan alat bekerja dengan baik saat digunakan
	2	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan tetapi alat belum bekerja dengan baik saat digunakan
	1	Peserta didik merangkai alat secara asal-asalan tanpa mengikuti cara kerja

RUBRIK PENILAIAN		
ASPEK	SKOR	KETERANGAN
Menggunakan alat	3	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar dan sesuai cara kerja
	2	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar tetapi tidak sesuai cara kerja
	1	Peserta didik salah dalam menggunakan alat dan tidak sesuai cara kerja
Melakukan pengukuran	3	Peserta didik melakukan pengukuran dengan benar dan hasilnya sesuai dengan teori yang ada
	2	Peserta didik melakukan pengukuran dengan benar dan hasilnya tidak sesuai dengan teori yang ada
	1	Peserta didik tidak melakukan pengukuran dengan benar
Mengemukakan kesimpulan	3	Peserta didik mampu menyebutkan hubungan antara periode dan frekuensi dengan benar sesuai hasil pengamatan dan teori yang ada
	2	Peserta didik mampu menyebutkan hubungan antara periode dan frekuensi dengan benar sesuai teori yang ada meskipun hasil pengamatan salah
	1	Peserta didik tidak mampu menyebutkan hubungan antara periode dan frekuensi

$$\text{Jumlah skor} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{12} \times 100$$

Penilaian Unit 1 penugasan 3 “perambatan bunyi pada zat padat” (Lembar kerja 1.3)

Tugas: memahami konsep perambatan bunyi pada zat padat

Cara penilaian lembar kerja 1.3 adalah sebagai berikut.

RUBRIK PENILAIAN		
ASPEK	SKOR	KETERANGAN
Merangkai alat	3	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan dan alat bekerja dengan baik saat digunakan
	2	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan tetapi alat belum bekerja dengan baik saat digunakan
	1	Peserta didik merangkai alat secara asal-asalan tanpa mengikuti cara kerja
Menggunakan alat	3	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar dan sesuai cara kerja
	2	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar tetapi tidak sesuai cara kerja

RUBRIK PENILAIAN		
ASPEK	SKOR	KETERANGAN
Mengemukakan kesimpulan	1	Peserta didik salah dalam menggunakan alat dan tidak sesuai cara kerja
	3	Peserta didik mampu menyimpulkan bahwa bunyi dapat merambat melalui zat padat yaitu benang
	2	Peserta didik mampu menyebutkan bahwa bunyi terdengar tanpa mampu menyebutkan sifat bunyi yang bisa merambat melalui zat padat
	1	Peserta didik tidak mampu membuat kesimpulan

$$\text{Jumlah skor} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{9} \times 100$$

Penilaian Unit 1 penugasan 4 “frekuensi nada pada senar” (Lembar kerja 1.4)

Tugas: mengetahui hal-hal yang mempengaruhi frekuensi senar

Cara penilaian lembar kerja 1.4 adalah sebagai berikut.

RUBRIK PENILAIAN		
ASPEK	SKOR	KETERANGAN
Menggunakan gitar	3	Peserta didik dapat menggunakan gitar dengan benar dan sesuai cara kerja
	2	Peserta didik dapat menggunakan gitar dengan benar tetapi tidak sesuai cara kerja
	1	Peserta didik salah dalam menggunakan alat dan tidak sesuai cara kerja
Mengemukakan kesimpulan	3	Peserta didik mampu menyimpulkan tiga hubungan komponen senar dan frekuensi dengan benar
	2	Peserta didik mampu menyimpulkan dua hubungan komponen senar dan frekuensi dengan benar
	1	Peserta didik mampu menyimpulkan satu hubungan komponen senar dan frekuensi dengan benar

$$\text{Jumlah skor} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{6} \times 100$$

KUNCI JAWABAN PENUGASAN UNIT 1

Penugasan 1 “ayunan sederhana” (Lembar kerja 1.1)

Kunci jawaban untuk lembar kerja 1.1 adalah sebagai berikut

Kesimpulan pengamatan adalah ayunan bergerak dengan lintasan dari titik A – B – C – B – A dan terus berayun melalui lintasan yang sama

Penugasan 2 “periode dan frekuensi” (Lembar kerja 1.2)

Kunci jawaban untuk lembar kerja 1.2 adalah sebagai berikut

No	Jumlah Getaran (n)	Waktu (t)	Periode	Frekuensi
1	5	Semakin Besar dari 1-5	$T = \frac{t}{n}$ Hasil harus sama 1-5	$f = \frac{n}{t}$ Hasil harus sama 1-5
2	10			
3	15			
4	20			
5	25			

Hubungan antara periode dan frekuensi adalah berbanding terbalik

$$T = \frac{1}{f}$$

Penugasan 3 “perambatan bunyi pada zat padat” (Lembar kerja 1.3)

Kunci jawaban untuk lembar kerja 1.3 adalah sebagai berikut

Kesimpulan pengamatan adalah bunyi dapat terdengar dari ujung kaleng satunya membuktikan bahwa bunyi dapat merambat melalui zat padat yaitu benang.

Penugasan 4 “frekuensi nada pada senar” (Lembar kerja 1.4)

Kunci jawaban untuk lembar kerja 1.4 adalah sebagai berikut

- ✚ Memetik senar gitar 1, 3, dan 6 secara bergantian
 - Nada yang dihasilkan senar 1 lebih tinggi daripada senar 3, nada yang dihasilkan senar 3 lebih tinggi dari pada nada yang dihasilkan senar 6
 - Frekuensi yang dihasilkan dari memetik senar 1, 3, dan 6 adalah semakin rendah
 - Hubungan ketebalan senar dengan frekuensi adalah berbanding terbalik, semakin tebal senar maka frekuensi yang dihasilkan semakin rendah.

- ✚ Memperbesar dan mengurangi tegangan pada senar 6
 - Nada yang dihasilkan saat tegangan senar gitar ditambah lebih tinggi daripada nada yang dihasilkan saat tegangan senar gitar dikurangi
 - Hubungan tegangan senar dengan frekuensi adalah berbanding lurus, semakin tegang senar maka frekuensi yang dihasilkan semakin tinggi.
- ✚ Memetik senar nomor 6 dengan menekan kolom 2, 3, dan 4 secara bergantian
 - Nada yang dihasilkan saat menekan kolom 2 lebih rendah dibandingkan saat menekan kolom 3, dan nada yang dihasilkan saat menekan kolom 3 lebih rendah dibandingkan saat menekan kolom 4
 - Hubungan panjang senar dengan frekuensi adalah berbanding terbalik, semakin panjang senar maka frekuensi yang dihasilkan semakin rendah.

KUNCI JAWABAN SOAL EVALUASI UNIT 1

A. PILIHAN GANDA

No	Kunci jawaban	Alasan
1	B	Diketahui: $n = 1,5$ getaran $t = 0,5$ sekon Ditanya: f? Jawab: $f = \frac{n}{t} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ Hz}$
2	A	Getaran tidak mempunyai panjang dan cepat rambat
3	A	Bunyi adalah gelombang longitudinal karena arah rambat dan arah getarnya sejajar, sedangkan medium yang dilalui bunyi untuk sampai ke telinga penonton adalah melalui udara
4	C	Yang menjaga keseimbangan tekanan udara pada telinga adalah saluran eustacius yang ditunjukkan oleh huruf S
5	B	Telinga manusia normal hanya mampu mendengar bunyi antara 20-20.000 Hz

B. ESSAY

No	Penyelesaian
1	Diketahui: $n = 1$ $t = 0,4$ sekon panjang 1,5 gelombang = 120 cm Ditanya: a. T b. f c. λ d. v Jawab: a. $T = \frac{t}{n} = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ sekon}$ b. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ Hz}$ c. $1,5 \lambda = 120$ $\lambda = \frac{120}{1,5} = 80 \text{ cm}$ d. $v = \lambda \times f = 80 \times 2,5 = 200 \text{ m/s}$
2	Diketahui: $t = 5$ sekon $v = 380 \text{ m/s}$ Ditanya: $h = ?$ Jawab: $h = \frac{v \times t}{2} = \frac{380 \times 5}{2} = 950 \text{ m}$

KUNCI JAWABAN PENUGASAN UNIT 2

Penugasan 1 “cahaya merambat lurus” (Lembar kerja 2.1)

Kunci jawaban untuk lembar kerja 2.1 adalah sebagai berikut

- Saat ketiga karton dipasang dengan ketinggian lubang sejajar, peserta didik dapat melihat cahaya lilin, namun saat salah satu karton digeser maka cahaya lilin tidak terlihat karena posisi ketiga lubang di karton dan peserta didik tidak berada dalam satu garis lurus.
- Kesimpulan pengamatan adalah cahaya dapat merambat lurus.

PENILAIAN PENUGASAN UNIT 2

Penilaian Unit 2 penugasan 1 “cahaya merambat lurus” (Lembar kerja 2.1)

Tugas: memahami sifat cahaya yaitu cahaya dapat merambat lurus

Cara penilaian lembar kerja 2.1 adalah sebagai berikut.

RUBRIK PENILAIAN		
ASPEK	SKOR	KETERANGAN
Merangkai alat	3	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan dan alat bekerja dengan baik saat digunakan
	2	Peserta didik dapat merangkai alat dengan benar sesuai cara kerja yang disediakan tetapi alat belum bekerja dengan baik saat digunakan
	1	Peserta didik merangkai alat secara asal-asalan tanpa mengikuti cara kerja
Menggunakan alat	3	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar dan sesuai cara kerja
	2	Peserta didik dapat menggunakan alat dengan benar tetapi tidak sesuai cara kerja
	1	Peserta didik salah dalam menggunakan alat dan tidak sesuai cara kerja
Mengemukakan kesimpulan	3	Peserta didik mampu menyimpulkan cahaya dapat merambat lurus dan mampu mengemukakan alasan kenapa saat salah satu karton digeser cahaya lilin tidak terlihat
	2	Peserta didik mampu menyimpulkan cahaya dapat merambat lurus tetapi tidak mampu mengemukakan alasan kenapa saat salah satu karton digeser cahaya lilin tidak terlihat
	1	Peserta didik tidak mampu menyimpulkan cahaya dapat merambat lurus dan tidak mampu mengemukakan alasan kenapa saat salah satu karton digeser cahaya lilin tidak terlihat

$$\text{Jumlah skor} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{9} \times 100$$

KUNCI JAWABAN SOAL EVALUASI UNIT 2

A. PILIHAN GANDA

No	Kunci jawaban	Alasan
1	B	Benda bisa terlihat karena adanya cahaya yang memantul dari benda menuju mata pengamat
2	A	Agar benda pada cermin cekung menghasilkan bayangan bersifat maya dan diperbesar maka benda harus diletakkan di ruang II yaitu antara titik focus (F) dan pusat kelengkungan (M)
3	D	Urutan masuknya cahaya ke mata adalah kornea – pupil – lensa mata membentuk bayangan – bayangan ditangkap di retina
4	C	Sel pigmen adalah bagian dari mata serangga yang berfungsi memastikan cahaya yang masuk ke ommatidium parallel terhadap panjang lintasannya
5	A	Bayangan pada kamera memiliki sifat nyata, terbalik, diperkecil

B. ESSAY

No	Penyelesaian
1	Diketahui: $S = 15 \text{ cm}$ $S' = 30 \text{ cm}$ Ditanya: a. f b. Sifat bayangan Jawab: a. $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{2}{30} + \frac{1}{30} = \frac{3}{30}$ $f = \frac{30}{3} = 10 \text{ cm}$ b. Sifat bayangan adalah nyata terbalik dan diperbesar
2	Diketahui: $S = 25 \text{ cm}$ $S' = 50 \text{ cm}$ Ditanya: $P = ?$ Jawab: $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{25} + \frac{1}{50} = \frac{2}{50} + \frac{1}{50} = \frac{3}{50}$ $f = \frac{50}{3} \text{ cm}$ $P = \frac{100}{f} = \frac{100}{\frac{50}{3}} = 100 \times \frac{3}{50} = 6 \text{ dioptri}$

KRITERIA PINDAH/ LULUS MODUL

Setelah Anda mengerjakan soal latihan setiap unit, selanjutnya cocokkan dengan kunci jawaban yang sudah tersedia atau bahaslah bersama tutor pengampu mata pelajaran. Lakukan penilaian dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Setiap jawaban benar pada pilihan ganda diberi skor 1 (skor maksimal = 5)
- b. Setiap jawaban benar pada tiap poin soal essay diberi skor 5 (skor maksimal unit 1 = 25 sedangkan skor maksimal unit 2 = 15)

Untuk mengetahui ketuntasan belajar anda, hitunglah tingkat penguasaan materi anda dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Nilai ketuntasan tiap unit

$$\frac{\text{jumlah skor pilihan ganda} + \text{jumlah skor essay}}{\text{jumlah skor maksimal pilihan ganda} + \text{jumlah skor maksimal essay}} \times 100\%$$

2. Nilai ketuntasan modul

$$\frac{\text{jumlah skor unit 1} + \text{jumlah skor unit 2}}{50} \times 100\%$$

Batas ketuntasan minimal adalah 75%. Jika pencapaian ketuntasan Anda 75% ke atas, maka Anda dinyatakan **TUNTAS**. Lanjutkan untuk mempelajari modul berikutnya.

Sebaliknya jika pencapaian ketuntasan Anda kurang dari 75%, maka Anda dinyatakan **BELUM TUNTAS**. Ulangi untuk mempelajari modul ini, terutama pada unit yang memperoleh nilai belum tuntas dan ulangi mengerjakan latihan soal, terutama yang Anda jawab belum benar sampai Anda mampu menjawab dengan benar. Jika pengulangan Anda telah mencapai batas minimal ketuntasan, maka silahkan untuk melanjutkan mempelajari modul berikutnya

DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, Douglas C. 2005. *Physics Principles with Applications Sixth Edition*. New Jearsey: Pearson Education Inc.
- Indirani, Iin Meina. 2009. *Seri Sains Dasar: Mengenal Cahaya*. PT. Albama.
- Khristiyono. 2016. *BUPENA: Buku Penilaian Autentik IPA untuk SMP/MTS Kelas VIII*. Jakarta: Erlangga.
- Nowikow, Igor and Heimbecker, Brian. 2001. *Physics Concept and Connections*. Toronto/Vancouver Canada: Irwin Publishing.
- Serway, Raymond A and Jewett, John W. 2014. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics Ninth Edition*. USA: Brook/Cole Cencage Learning.
- Subarjo, Adisuryo. 2006. *Modul Ilmu Pengetahuan Alam Program Belajar Paket B Setara SMP*. Depok: Penerbit Arya Duta.
- Supramono, Eddy. 2005. *Fisika Dasar 2*. Malang: M Press.
- Zubaidah, Siti, dkk. 2017. *Ilmu Pengetahuan Alam SMP/MTS Kelas VIII Semester 2*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia.

BIODATA PENULIS

Nama Lengkap : Udik Pudjianto, MT
Telp /HP/WA : 081553108741
E-Mail : udik.its@gmail.com
WebBlog : -
Kedinasan/Pekerjaan : BP-PAUD dan Dikmas Jawa Timur
Alamat Kantor : Jl. Gebang Putih 10 Surabaya
Bidang Keahlian : Elektro, Telematika, Pendidikan Anak
Usia Dini, Pendidikan Kesetaraan dan
Pendidikan Keaksaraan



Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

1. Pamong Belajar BP-PAUD dan Dikmas Jawa Timur hingga sekarang
2. Nara sumber Pendidikan Anak Usia Dini
3. Nara sumber Pendidikan Kesetaraan dan Keaksaraan
4. Asesor BAN PAUD-PNF, bidang PAUD

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Lulus

1. S 1 Fakultas Teknik, ITATS Surabaya, lulus tahun 1999
2. S 2 Teknik Elektro, Jurusan Telematika, ITS Surabaya, lulus tahun 2011

Pengalaman pengembangan model dan media pembelajaran

1. Media pembelajaran test interaktif berbasis jaringan pada pendidikan kesetaraan paket B, 2007 ,
2. Pengembangan Sistem Informasi Manajemen (SIM) pada UPT PAUDNI, 2012,
3. Model Pembelajaran keaksaraan dasar metode BACA DELILA, 2013,
4. Model Pembelajaran Paket A Pasca Melek Aksara dengan Sistem Setoran Kompetensi (SSK), 2015,
5. Model Pembelajaran jarak jauh paket C, 2016,
6. Model Pembelajaran multikeaksaraan sadar hukum, 2016.

BIODATA PENULIS

Nama Lengkap : Binti Ni'matul Khoir, S.Pd
Telp Kantor/HP : 0321-860994/ 085231631669
E-Mail : nikmatulkhoir@gmail.com
Alamat Kantor : Jl. Raya Blimbing-Gudo No. 52 Gudo
kabupaten Jombang
Bidang Keahlian : Tutor Mapel IPA, Pendamping
Program PAUD dan Dikmas



Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

- Pamong Belajar Sanggar Kegiatan Belajar Gudo

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Lulus

- S1 Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang lulus tahun 2013

Judul Publikasi (10 Tahun Terakhir)

- Skripsi Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle 7E dan Sikap Ilmiah terhadap Prestasi Belajar Fisika Siswa Kelas X SMA N 7 Malang