

Bab X

Optika

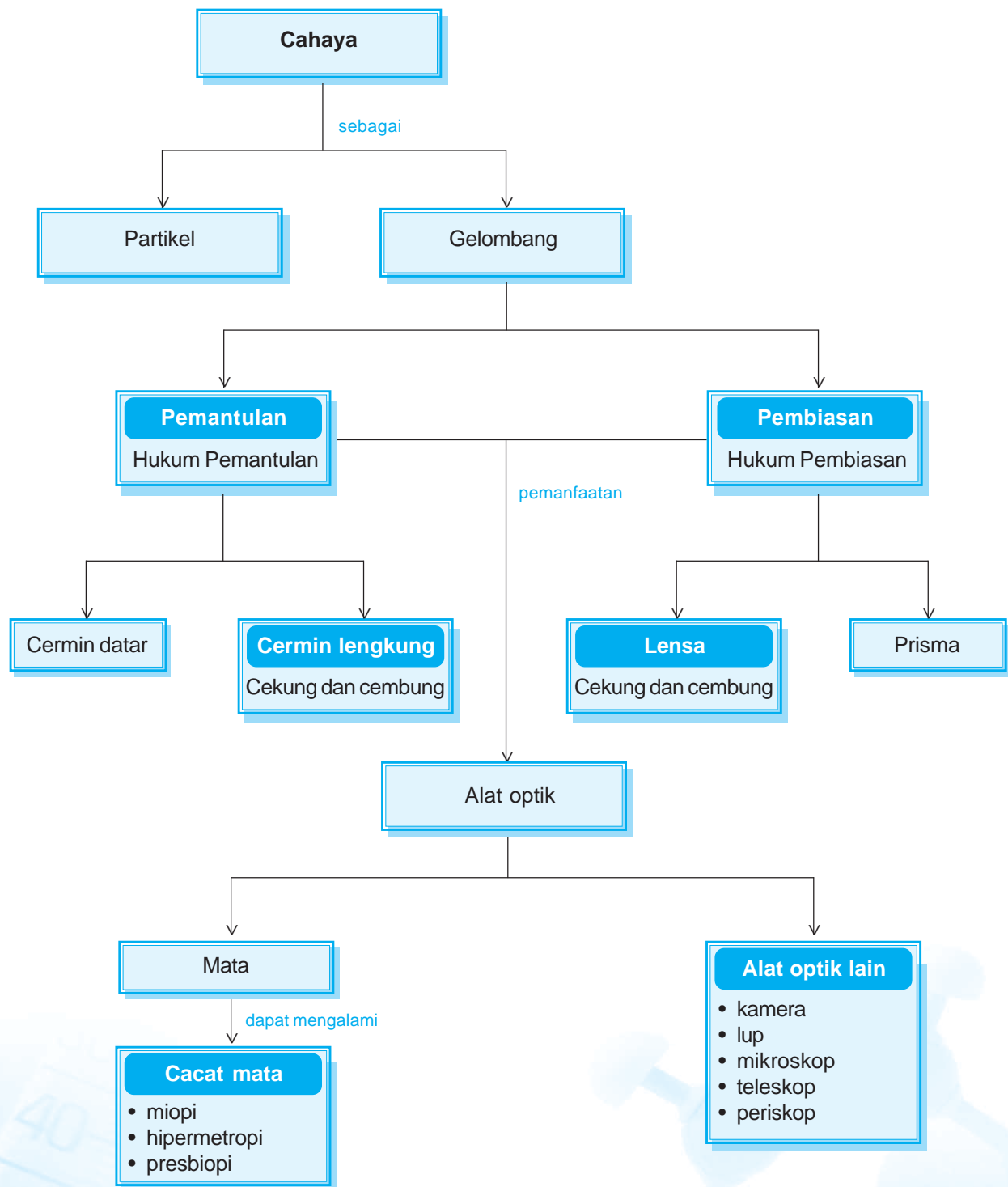


Bayangkan jika dalam kehidupan ini tidak ada cahaya. Mungkin, di bumi ini tidak akan ada kehidupan. Cahaya sangat penting dalam kehidupan manusia. Cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang. Bagaimana sifat-sifat cahaya?

Untuk melihat benda yang jaraknya jauh digunakan sebuah alat bantu yang disebut teropong. Alat ini menggunakan prinsip cahaya. Apa saja bagian-bagian penting dari sebuah teropong?

Mari memahami konsep dan penerapan gelombang dan optika dalam produk teknologi sehari-hari. Dalam pembelajaran ini, kamu dapat menyelidiki sifat-sifat cahaya beserta hubungannya dengan cermin dan lensa serta mendeskripsikan alat-alat optik beserta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Peta Konsep



Kata Kunci

- cahaya
- cermin
- lensa



A. Cahaya

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu pasti telah mengenal cahaya, seperti cahaya matahari dan cahaya lampu. Cahaya penting dalam kehidupan, sebab tanpa adanya cahaya tidak mungkin ada kehidupan. Jika bumi tidak mendapat cahaya dari Matahari, maka bumi akan gelap gulita dan dingin sehingga tidak mungkin ada kehidupan.

Para ahli telah meneliti cahaya untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik cahaya. Ada dua pendapat mengenai cahaya, yaitu cahaya dianggap sebagai gelombang dan cahaya dianggap sebagai partikel. Setiap pendapat ini mempunyai alasan masing-masing dan keduanya telah dibuktikan secara eksperimen. Pada pembahasan ini, akan dipelajari cahaya sebagai gelombang. Untuk pembahasan cahaya sebagai partikel, kamu akan mempelajarinya kelak di SMA.

1. Cahaya sebagai Gelombang Elektromagnetik

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik. Seperti telah dibahas pada bab sebelumnya bahwa **gelombang elektromagnetik** adalah gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Sehingga cahaya dapat merambat tanpa memerlukan medium. Oleh karena itu, cahaya matahari 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.

- 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.
- Benda tak tembus cahaya, yaitu benda yang tidak dapat meneruskan cahaya yang diterimanya. Contohnya adalah batu, tanah, kayu, dan besi.

Sebagai gelombang, cahaya mempunyai sifat-sifat gelombang di antaranya cahaya dapat merambat. Bagaimana bentuk perambatan cahaya? Perhatikan ketika cahaya matahari melalui lubang angin di rumahmu. Jika udara sedikit berdebu, kamu dapat melihat bahwa cahaya merambat membentuk sebuah garis lurus. Hal serupa terjadi ketika kamu melihat seberkas cahaya dari lubang kecil masuk ke dalam kamarmu yang gelap. Terlihat bahwa cahaya merambat dalam arah gerak lurus.



Gambar 10.1 Lampu minyak tanah yang dinyalakan memancarkan cahaya sehingga disebut sumber cahaya.



Gambar 10.2 Kaca merupakan benda bening karena dapat meneruskan cahaya.

Jika seberkas cahaya datang menemui sebuah rintangan, apa yang terjadi? Misalnya ketika Matahari bersinar cerah, tiba-tiba ada sekumpulan awan yang menghalangi cahayanya. Kamu dapat melihat bahwa daerah di bawah awan tersebut menjadi teduh. Suasana teduh ini disebabkan adanya bayangan dari awan. Suatu penghalang, semakin sukar ditembus cahaya semakin gelap bayangan yang terbentuk. Kamu dapat melihat bayangan badanmu ketika badanmu terkena sinar. Bayangan badanmu akan tampak hitam karena badanmu sama sekali tidak dapat ditembus cahaya. Lain halnya jika segumpal awan tipis menghalangi sinar Matahari. Meskipun terjadi bayangan, bayangan ini tidak terlalu pekat.

Berdasarkan pekat tidaknya suatu bayangan, bayangan dapat dibedakan menjadi dua jenis.

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

Untuk lebih memahami perambatan cahaya dan bentuk bayangan, lakukan kegiatan berikut.

Kegiatan 10.1

Perambatan Cahaya dan Bentuk Bayangan

Tujuan:

Mengamati perambatan cahaya dan bentuk bayangan.

Alat dan bahan:

Sebuah lilin dan kertas karton.

Prosedur kerja:

1. Gunakanlah sebuah ruangan yang benar-benar gelap.
2. Nyalakan lilin, kemudian tempatkan lilin sekitar 1 m dari dinding ruangan.
3. Di antara lilin dan dinding letakkan karton sedemikian rupa sehingga karton tersebut menghalangi cahaya lilin.
4. Amati bayangan yang terbentuk. Apakah jenis bayangan yang terbentuk?
5. Buatlah sebuah lubang kecil berbentuk lingkaran dengan diameter 1 cm.
6. Ulangi langkah 3, amati bayangan yang terbentuk. Dapatkah kamu melihat bahwa cahaya merambat melalui garis lurus?
7. Dari kegiatan ini, buatlah kesimpulanmu!

Latihan 10.1

1. Dengan kata-katamu sendiri, berilah penjelasan mengenai cahaya!
2. Bagaimana cahaya merambat?
3. Mengapa cahaya dikatakan sebagai gelombang elektromagnetik?
4. Apa yang dimaksud umbra dan penumbra?
5. Apa yang dimaksud benda gelap?

2. Pemantulan Cahaya

Setiap benda di sekelilingmu bersifat memantulkan cahaya. Itulah yang menyebabkan benda tersebut dapat terlihat. Beberapa permukaan benda bersifat memantulkan cahaya yang mempunyai panjang gelombang tertentu. Hal ini yang menyebabkan benda mempunyai warna yang berbeda.

a. Hukum Pemantulan

Bagaimana pemantulan terjadi? Untuk lebih memahami pemantulan cahaya, lakukan kegiatan berikut!

Kegiatan 10.2

Pemantulan Cahaya pada Bidang Datar

Tujuan:

Mengamati pemantulan cahaya pada bidang datar.

Alat dan bahan:

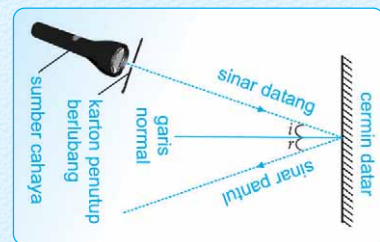
Sebuah lampu senter, kertas karton berwarna hitam dan putih, busur, dan meja.

Prosedur kerja:

1. Tutuplah permukaan meja dengan karton berwarna putih.
2. Letakkan cermin secara tegak lurus dengan meja yang telah dilapisi karton putih.
3. Tutuplah lampu senter dengan kertas karton yang telah diberi lubang kecil sehingga ketika lampu senter dinyalakan cahaya yang keluar hanya melalui lubang kecil.
4. Arahkan cahaya senter ke cermin sehingga terbentuk sinar datang dan sinar pantul pada kertas.
5. Buat garis dengan pensil mengikuti cahaya tersebut.
6. Buat garis tegak lurus bidang cermin, tepat pada bidang jatuhnya sinar datang, yang disebut garis normal.
7. Ukurlah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal serta sinar pantul dengan garis normal.
8. Ulangi langkah 1 sampai 7 untuk posisi lainnya.
9. Hitunglah sudut datang dan sudut pantulnya.

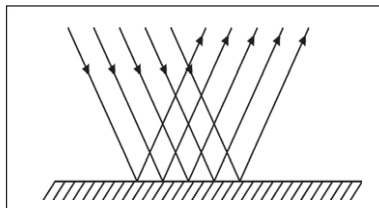
Sudut datang adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dan garis normal. **Sudut pantul** adalah sudut antara sinar pantul dengan garis normal.

10. Salin dan lengkapi tabel di samping dengan hasil pengamatanmu.
11. Apakah yang dapat kamu simpulkan?

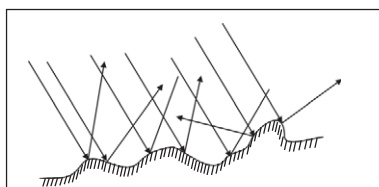


Sudut Datang (i)	Sudut Pantul (r)
....
....
....
....

Ketika kamu menyalakan lampu senter yang telah ditutupi dengan kertas karton yang diberi lubang, kamu dapat melihat cahaya merambat dalam bentuk garis lurus. Bayangan cahaya ini pun terlihat pada cermin. Jika sudut datang dan sudut pantul diukur, akan diperoleh besarnya sudut pantul dan sudut datang adalah sama.



Gambar 10.3 Pemantulan teratur.



Gambar 10.4 Pemantulan baur.

Jika kamu membuat sebuah garis lurus yang tegak lurus dengan cermin, kamu akan mendapatkan sebuah garis yang dinamakan garis normal. Ternyata, sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada bidang yang sama.

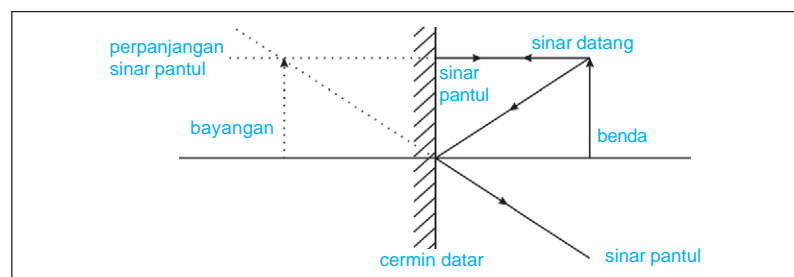
Untuk percobaan dengan sudut-sudut yang lain pun, ternyata sifat-sifatnya pun sama. Kegiatan yang telah kamu lakukan adalah untuk membuktikan hukum yang disebut hukum pemantulan. Secara lengkap hukum pemantulan cahaya adalah sebagai berikut.

- 1) Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
- 2) Sudut datang sama dengan sudut pantul.

Meskipun hampir semua benda bersifat memantulkan cahaya, tetapi hanya beberapa saja yang dapat memantulkan cahaya secara sempurna. Permukaan benda yang memantulkan cahaya mempengaruhi karakteristik pemantulan. Pada **Gambar 10.3** terlihat cahaya yang mengenai permukaan bening dan rata akan dipantulkan secara teratur oleh permukaan tersebut. Pada pemantulan jenis ini kamu mungkin dapat melihat bayangan benda pada pemantul. Contoh pemantulan jenis ini adalah pemantulan pada cermin. Pada permukaan yang tidak rata, cahaya akan dipantulkan secara tidak teratur. Perhatikan **Gambar 10.4**! Pantulan jenis ini disebut dengan **pemantulan baur**. Sinar-sinar cahaya yang datang sejajar akan dipantulkan oleh permukaan menjadi tidak sejajar. Dalam bab ini, yang akan dibahas hanyalah pemantulan teratur.

b. Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar

Pernahkah kamu bercermin? Pada cermin kamu dapat melihat bayangan dirimu dan bayangan benda-benda lainnya. Cermin bersifat memantulkan cahaya secara teratur karena permukaannya bersifat rata dan bening. Bagaimana bayangan pada cermin datar terbentuk?



Gambar 10.5 Pembentukan bayangan pada cermin datar.

Sinar datang yang mengenai cermin datar akan dipantulkan. Jika sinar datang tegak lurus terhadap cermin akan dipantulkan tegak lurus cermin. Pada gambar 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 kembali ketika kamu sedang bercermin. Ternyata arah bayangan yang dibentuk oleh cermin berkebalikan dengan keadaan sebenarnya. Misalnya, tangan kananmu yang sedang memegang sisir menjadi tangan kiri pada bayangan, dan sebaliknya. Dapatkah kamu menjelaskan mengapa terjadi demikian?

Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah sebagai berikut.

- 1) sama besar
- 2) tegak
- 3) berkebalikan
- 4) jarak benda ke cermin sama dengan jarak bayangan ke cermin
- 5) maya

Bagaimana jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua cermin datar?

Jika terdapat dua buah cermin datar yang membentuk sudut α , maka banyaknya bayangan yang dibentuk dirumuskan oleh persamaan sebagai berikut.

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 \quad \dots\dots (10.1)$$

Keterangan:

n = banyaknya bayangan yang dibentuk
 α = sudut antara dua cermin

Contoh:

1. Seberkas sinar datang mengenai cermin dan dipantulkan. Jika sudut antara sinar datang dan cermin membentuk sudut 30° , hitunglah sudut datangnya!

Jawab:

Sudut datang adalah sudut yang dibentuk oleh sudut datang dan garis normal.

$$\text{Sudut datang} = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

Jadi, sudut datangnya adalah 60° .

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

Jawab:

$$\alpha = 60^\circ$$

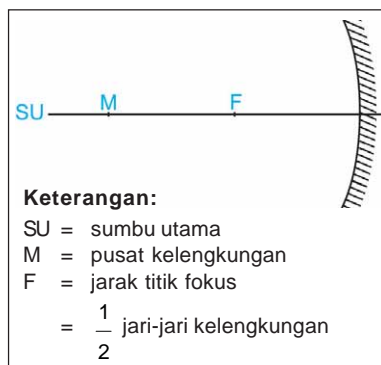
$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 = 6 - 1 = 5$$

Jadi, ada 5 bayangan yang terbentuk.

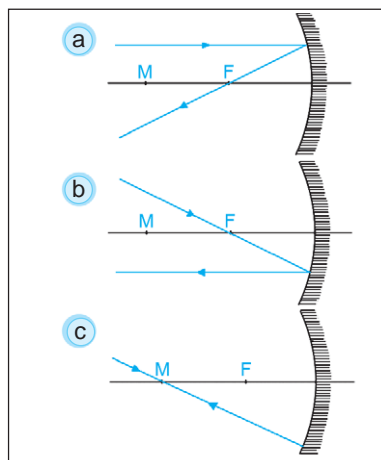
Info Sains

Bayangan Maya dan Bayangan Nyata

Bayangan maya adalah bayangan yang terbentuk oleh perpanjangan garis pantul dan tidak dapat ditangkap layar. Adapun bayangan nyata adalah bayangan yang terbentuk oleh pertemuan dua atau lebih sinar pantul, bayangan nyata bersifat dapat ditangkap layar.



Gambar 10.6 Bagian-bagian cermin cekung.



Gambar 10.7 Jalannya sinar-sinar istimewa pada cermin cekung.

c. Pemantulan Cahaya pada Cermin Cekung

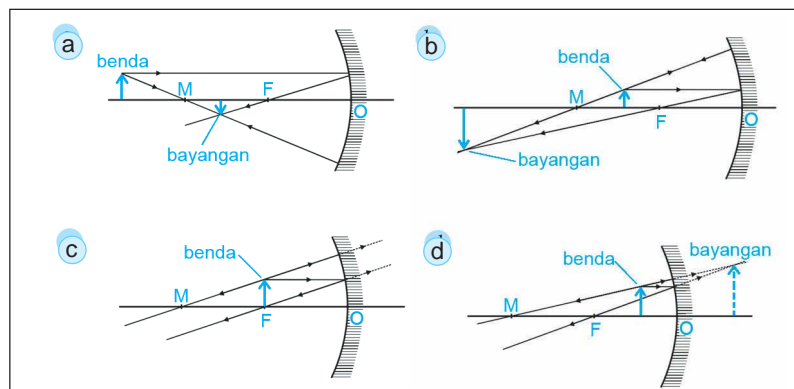
Selain pada cermin datar, peristiwa pemantulan dapat terjadi pada cermin cekung. Cermin cekung adalah cermin yang bentuknya melengkung seperti bagian dalam bola.

Pada pemantulan cahaya oleh cermin cekung, jarak antara benda dan cermin memengaruhi bayangan yang dihasilkan. Bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung merupakan perpotongan sinar pantul atau merupakan perpotongan dari perpanjangan sinar pantul. Cermin cekung bersifat mengumpulkan cahaya (konvergen).

Pada cermin cekung terdapat tiga sinar istimewa seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.7**, yaitu sebagai berikut.

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.
- 2) Sinar datang melalui titik fokus, akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
- 3) Sinar datang melalui pusat kelengkungan akan dipantulkan kembali melalui titik pusat kelengkungan cermin.

Dengan menggunakan ketiga sinar istimewa cermin cekung di atas, dapat dilukis pembentukan bayangan pada cermin cekung seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.8**.



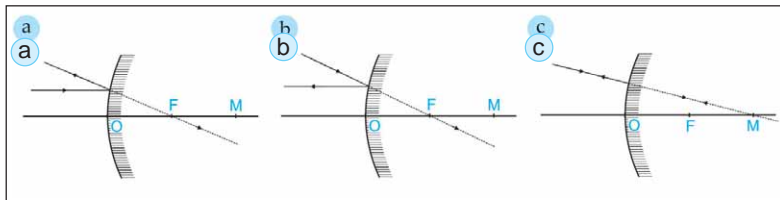
Gambar 10.8 Pembentukan bayangan pada cermin cekung.

- 1) Jika benda diletakkan di luar pusat kelengkungan, pembentukan bayangannya seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.8(a)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan di luar pusat kelengkungan cermin, bayangan yang dibentuk akan bersifat nyata, terbalik, diperkecil dan terletak di antara pusat kelengkungan cermin (M) dan titik fokus (F).
- 2) Jika benda diletakkan di antara titik pusat kelengkungan cermin (M) dan titik fokus cermin (F). Pembentukan bayangannya ditunjukkan seperti pada **Gambar 10.8(b)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan di antara pusat kelengkungan (M) dan titik fokus (F), bayangan yang dibentuk akan bersifat nyata, terbalik, diperbesar dan terletak di depan titik pusat kelengkungan cermin.

- 3) Jika benda diletakkan tepat pada titik fokus, pembentukan bayangannya ditunjukkan pada **Gambar 10.8(c)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan tepat di titik fokus cermin (F), akan membentuk bayangan maya di tak terhingga.
- 4) Jika benda diletakkan di antara titik fokus dan cermin, pembentukan bayangannya ditunjukkan pada **Gambar 10.8(d)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan di antara titik fokus (F) dan cermin, bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak dan diperbesar. Letak bayangan di belakang cermin.

d. Pemantulan Cahaya pada Cermin Cembung

Jika bentuk cermin cekung merupakan bagian dalam dari sebuah bola, maka bentuk cermin cembung adalah bagian luar bola. Perhatikan skema bentuk cermin cembung pada **Gambar 10.9**. Terlihat bahwa cermin cembung merupakan kebalikan cermin cekung. Bagaimana pembentukan bayangan oleh cermin cembung?



Gambar 10.10 Jalannya sinar-sinar istimewa pada cermin cembung.

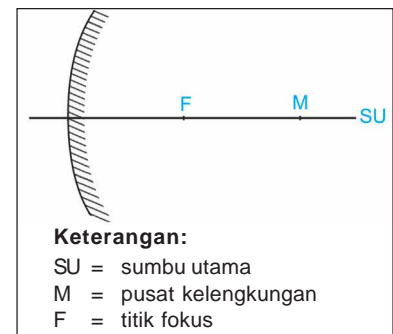
Seperti halnya cermin cekung, sebelum menggambarkan pembentukan bayangan, perlu diketahui sinar-sinar istimewa yang dimiliki cermin cembung. Sinar-sinar istimewa itu ditunjukkan pada **Gambar 10.10**, yaitu sebagai berikut.

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus.
- 2) Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama
- 3) Sinar datang yang menuju pusat kelengkungan cermin, akan dipantulkan seolah-olah berasal dari pusat kelengkungan yang sama.

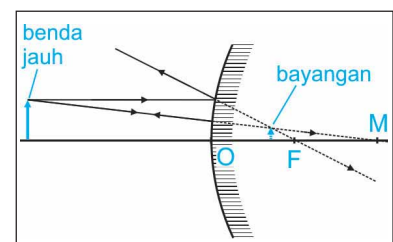
Dengan bantuan ketiga sinar istimewa untuk cermin cembung di atas, dapat digambarkan pembentukan bayangan oleh cermin cembung.

Gambar 10.11 tersebut memperlihatkan pembentukan bayangan pada cermin cembung untuk benda yang diletakkan jauh dari cermin. Dengan menggunakan sinar istimewa pada cermin cembung, diperoleh bayangan yang sifatnya maya, tegak, diperkecil dan terletak di belakang cermin.

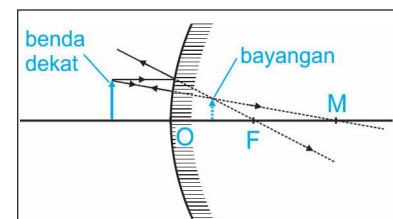
Bagaimana jika benda diletakkan dekat dengan cermin? Bagaimana sifat-sifat bayangannya? Pembentukan bayangan pada cermin cembung dengan meletakkan benda dekat dengan cermin dapat kamu lihat pada **Gambar 10.12**.



Gambar 10.9 Skema cermin cembung.



Gambar 10.11 Pembentukan bayangan untuk benda yang diletakkan jauh dari cermin cembung.



Gambar 10.12 Pembentukan bayangan untuk benda dekat cermin cembung.

c. **Hubungan Titik Fokus, Jarak Benda, dan Jarak Bayangan**

Untuk mengetahui hubungan antara titik fokus (f), jarak benda (s_0) dan jarak bayangan (s_1) pada cermin, terlebih dahulu lakukan kegiatan berikut ini!

Kegiatan 10.3

Hubungan Antara Titik Fokus, Jarak Benda, dan Jarak Bayangan pada Cermin Cekung

Tujuan:

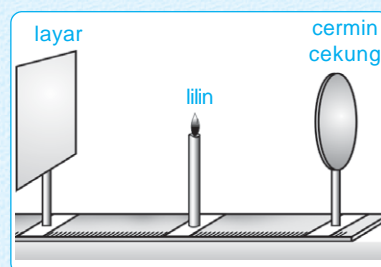
Mempelajari hubungan antara titik fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada cermin cekung.

Alat dan bahan:

Cermin cekung, lilin, layar putih, dan bangku optik.

Prosedur kerja:

1. Letakkan lilin di bangku optik di antara cermin cekung dan layar putih.
2. Geser-geserlah letak layar sepanjang mistar bangku optik hingga didapatkan bayangan yang jelas pada layar putih.
3. Ukur jarak layar dari cermin (sebagai s_1) dan jarak lilin dari cermin (sebagai s_0).
4. Catat hasil pengukuran dalam tabel.
5. Ulangi langkah-langkah di atas dengan mengubah letak benda (s_0).



s_0 (cm)	s_1 (cm)	$\frac{1}{s_0}$	$\frac{1}{s_1}$	$\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1}$

Dari **Kegiatan 10.3**, tampak bahwa nilai $\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1}$ tetap. Nilai ini sama dengan $\frac{1}{f}$. Jadi pada cermin lengkung (cekung dan cembung) berlaku:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} \dots\dots\dots (10.2)$$

Keterangan:

f = jarak fokus

s_0 = jarak benda ke cermin

s_1 = jarak bayangan ke cermin

Perbesaran merupakan perbandingan jarak bayangan terhadap cermin dengan jarak benda terhadap cermin atau perbandingan tinggi bayangan terhadap tinggi benda. Perbesaran dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \left| \frac{s_1}{s_0} \right| = \frac{h_1}{h_0} \quad \dots\dots\dots (10.3)$$

Keterangan:

M = perbesaran
 h_0 = tinggi benda
 h_1 = tinggi bayangan

Contoh

Sebuah benda tingginya 4 cm diletakkan di depan sebuah cermin cekung yang mempunyai jarak fokus 6 cm. Jarak benda terhadap cermin adalah 12 cm.

- Hitung jarak bayangan terhadap cermin!
- Hitung perbesaran bayangan!
- Lukislah pembentukan bayangannya!

Jawab:

$$h_0 = 4 \text{ cm}$$

$$s_0 = 12 \text{ cm}$$

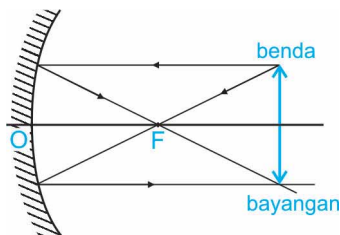
$$f = 6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } \frac{1}{f} &= \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} &\Leftrightarrow \frac{1}{s_1} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s_0} \\ & &\Leftrightarrow \frac{1}{s_1} &= \frac{1}{6} - \frac{1}{12} \\ & &\Leftrightarrow \frac{1}{s_1} &= \frac{2}{12} - \frac{1}{12} = \frac{1}{12} \\ & &\Leftrightarrow s_1 &= 12 \end{aligned}$$

Jadi, jarak bayangan terhadap cermin adalah 12 cm.

$$\text{b. } M = \left| \frac{s_1}{s_0} \right| = \frac{12}{12} = 1 \text{ kali}$$

- Lukisan pembentukan bayangan adalah sebagai berikut.



Latihan 10.2

1. Apa yang dimaksud pemantulan cahaya?
2. Sebutkan tiga sinar istimewa pada peristiwa pemantulan pada cermin cembung dan cermin cekung!
3. Gambarkan sinar-sinar istimewa pemantulan pada cermin cekung dan cermin cembung!
4. Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung!
5. Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung!

3. Pembiasan Cahaya

Dalam kehidupan sehari-hari kamu mungkin pernah melihat peristiwa pembiasan. Untuk melihat peristiwa pembiasan lakukan kegiatan berikut!

Kegiatan 10.4

Pembiasan Cahaya

Tujuan:

Mengamati terjadinya pembiasan cahaya.

Alat dan bahan:

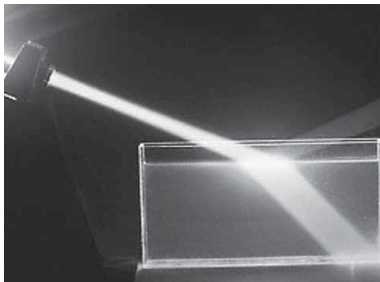
Sebuah pensil, lampu senter, gelas berukuran besar, dan air jernih.

Prosedur kerja:

1. Isilah gelas dengan air jernih hingga terisi setengahnya.
2. Masukkan pensil setengahnya ke dalam gelas tersebut.
3. Buatlah sudut antara pensil dan air kurang dari 90° .
4. Apa yang terjadi? Dapatkah kamu melihat bahwa pada batas air dan udara, pensil kamu tampak membengkok?
5. Sorotkan lampu senter ke dalam gelas yang berisi air jernih. Buatlah sudut antara sinar cahaya senter dan permukaan air. Lakukan pula menyorotkan lampu senter secara tegak lurus permukaan air.
6. Amati apa yang terjadi.
7. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?

Ketika pensilmu dimasukkan ke dalam gelas yang berisi air jernih, pensil tersebut seolah-olah membengkok pada titik batas udara dan air. Mengapa ini terjadi? Kejadian seperti itu dinamakan pembiasan. Hal ini disebabkan adanya perbedaan kerapatan medium air dan udara. Hal serupa terjadi ketika kamu menyorotkan lampu senter ke dalam air. Lampu senter tersebut ada yang dibiaskan dan ada yang dipantulkan. Selain terjadi pembiasan, cahaya lampu senter pun mengalami pemantulan. Hal ini terjadi karena air mempunyai warna yang jernih. Telah dibahas sebelumnya, jika cahaya mengenai suatu permukaan jernih, cahaya tersebut akan mengalami pemantulan dan pembiasan.

Pembiasan adalah perubahan arah sinar cahaya (atau jenis gelombang lain) ketika melewati dua medium transparan yang kerapatannya berbeda, misalnya air dan udara. Pembiasan merupakan salah satu fenomena penting yang paling mendasar untuk menjelaskan kejadian-kejadian yang terjadi pada lensa dan prisma. Peristiwa yang terjadi pada **Kegiatan 10.4**, cahaya dari lampu senter akan dibelokkan di perbatasan antara dua medium yaitu air dan udara. Dalam hal ini gelombang cahaya menjaral melalui dua medium yang mempunyai kerapatan berbeda, dari medium yang kerapatannya kecil ke medium yang kerapatannya lebih besar (dari udara ke air).



Gambar 10.13 Pembiasan cahaya dari medium udara menuju medium kaca.

Peristiwa pada **Kegiatan 10.4** jika dibuat diagram, maka jalannya sinar senter dari udara masuk ke air ditunjukkan seperti pada **Gambar 10.14**. Cara menggambarannya adalah sebagai berikut.

- Gambar garis yang mewakili bidang batas, XY kemudian garis yang tegak lurus XY, yaitu AB (**Gambar 10.14a**).
- Gambar dua lingkaran dengan titik pusat O dengan perbandingan jari-jari 4 : 3 sesuai indeks bias medium (di sini $n = \frac{4}{3}$, medium air) (**Gambar 10.14b**).
- Gambar sinar datang P dengan sudut datang i , misal 30° . Teruskan sinar PO hingga memotong lingkaran kecil di titik Q. Tariklah garis dari titik Q sejajar dengan garis normal AB hingga memotong lingkaran besar di titik R. Hubungkan titik pusat O dan titik R dengan garis lurus. Garis OR menunjukkan sinar bias (**Gambar 10.14c**).

Tampak bahwa sinar yang datang dari medium kurang rapat (udara) menuju medium lebih rapat (air) dibelokkan mendekati normal.

Bagaimana jika sinar cahaya datang dari medium yang lebih rapat menuju medium kurang rapat? Sinar yang datang dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat, misalnya dari kaca menuju air, akan dibiaskan menjauhi garis normal. Jika sinar datang yang mengenai suatu medium kurang rapat menghasilkan sinar bias dengan sudut 90° , berarti sinar bias bergerak sepanjang bidang batas dan tidak memasuki medium kedua. Sudut ini disebut sudut kritis. Perhatikan **Gambar 10.15**!

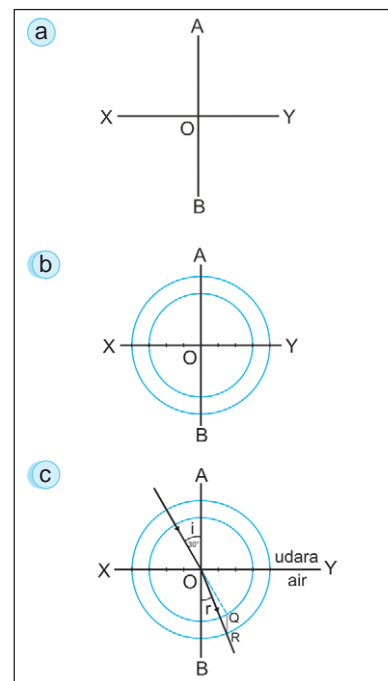
Prinsip jalannya sinar dari satu medium ke medium lain pada pembiasan sama dengan pemantulan. Jadi hukum pembiasan cahaya dapat dituliskan sebagai berikut.

- Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar dan ketiganya berpotongan di satu titik.
- Sinar datang dari medium kurang rapat menuju medium lebih rapat dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya sinar datang dari medium lebih rapat menuju medium kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal. Sinar datang tegak lurus bidang batas diteruskan atau tidak mengalami pembiasan.

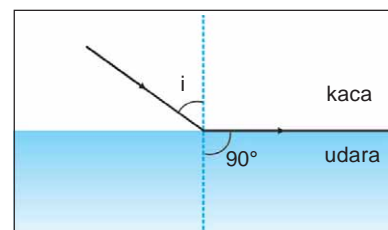
Contoh pembiasan cahaya dalam kehidupan sehari-hari antara lain peristiwa fatamorgana dan dasar kolam renang tampak dangkal jika dilihat dari samping.

Perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa udara dengan kecepatan cahaya dalam suatu medium disebut **indeks bias medium**. Bila dirumuskan secara matematis adalah sebagai berikut.

$$n = \frac{c}{c_n} \dots\dots\dots (10.4)$$



Gambar 10.14 Menggambar diagram sinar pembiasan cahaya dari udara ke air.



Gambar 10.15 Pembiasan cahaya dari medium kaca ke medium udara dengan sudut kritis.



Gambar 10.16 Dasar kolam renang yang tampak dangkal merupakan contoh gejala pembiasan.

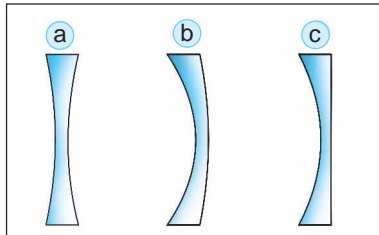
Keterangan:

n = indeks bias medium

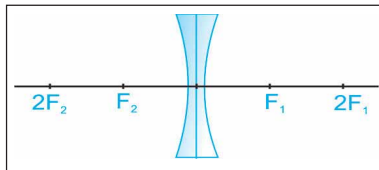
C = kecepatan cahaya di ruang hampa = 3×10^8 m/s

C_n = kecepatan cahaya dalam medium

Telah disebutkan bahwa pembiasan dapat terjadi pada medium yang transparan. Dengan lensa kita dapat mempelajari peristiwa pembiasan. Pengetahuan pembiasan pada lensa cembung maupun lensa cekung merupakan pengetahuan dasar untuk mempelajari alat-alat optik seperti kacamata, kamera, teropong, dan alat optik lainnya.



Gambar 10.17 Jenis-jenis lensa cekung.
a. cekung–cekung
b. cekung–cembung
c. datar–cekung



Gambar 10.18 Bagian-bagian lensa cekung.

a. Pembiasan pada Lensa Cekung

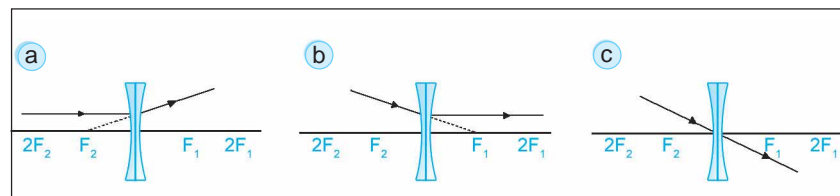
Lensa cekung adalah lensa yang mempunyai bentuk sedemikian rupa sehingga ketebalan bagian tengahnya lebih kecil daripada bagian ujung-ujungnya. Lensa cekung sering juga disebut lensa negatif. Lensa cekung bersifat menyebarkan sinar, disebut juga *divergen*. **Gambar 10.17** adalah jenis-jenis lensa cekung.

Gambar 10.17a merupakan lensa cekung–cekung yang terdiri atas dua bagian cekung, **Gambar 10.17b** merupakan lensa cekung–cembung yang terdiri atas sisi cekung dan sisi cembung, dan **Gambar 10.17c** merupakan lensa datar–cekung yang terdiri atas sisi datar dan sisi cekung.

Berbeda dengan cermin, lensa dapat meneruskan cahaya dari kedua sisinya. Oleh karena itu lensa memiliki 2 buah titik pusat. **Gambar 10.18** adalah bagian-bagian lensa cekung.

Bagaimana pembentukan bayangan pada lensa cekung? Sebelum membahas tentang pembentukan bayangan pada lensa cekung, terlebih dahulu harus kamu ketahui sinar-sinar istimewa pada lensa cekung. Sinar istimewa ini sangat penting sebagai dasar melukis pembentukan bayangan pada lensa cekung. Adapun sinar-sinar istimewa pada lensa cekung adalah sebagai berikut.

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus
- 2) Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus lensa pertama (F_1) akan dibiaskan sejajar sumbu utama.
- 3) Sinar yang datang melewati pusat optik lensa (O) tidak dibiaskan.

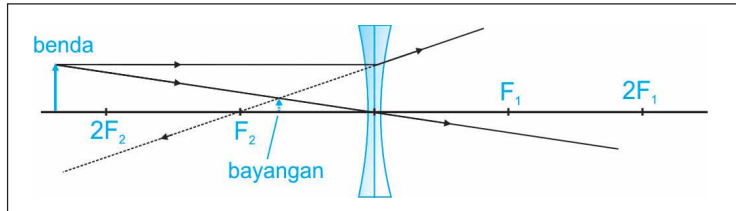


Gambar 10.19 Sinar-sinar istimewa pada lensa cekung.

Dengan menggunakan ketiga sinar istimewa pada lensa cekung di atas dapat digambarkan pembentukan bayangan oleh lensa cekung. Berikut adalah pembentukan bayangan pada lensa cekung untuk berbagai posisi benda.

1) Jarak benda lebih besar dari $2F_2$

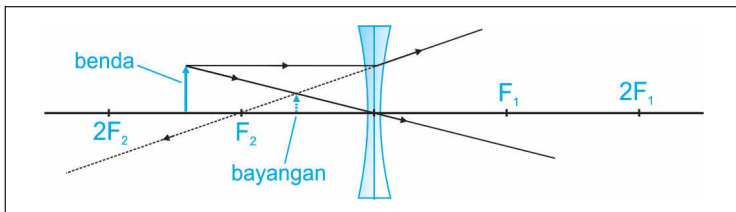
Jarak benda lebih besar dari $2F_2$, dengan menggunakan sinar istimewa lensa cekung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperkecil, dan letak bayangannya di depan lensa.



Gambar 10.20 Diagram sinar dengan jarak benda lebih besar dari $2F_2$.

2) Jarak benda di antara $2F_2$ dan F_2

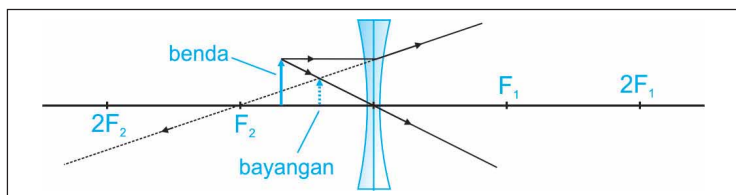
Jarak benda di antara $2F_2$ dan F_2 , dengan menggunakan sinar istimewa lensa cekung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperkecil, dan letak bayangannya di depan lensa.



Gambar 10.21 Diagram sinar dengan benda di antara $2F_2$ dan F_2 .

3) Benda diletakkan di antara F_2 dan pusat lensa

Benda diletakkan di antara F_2 dan pusat optik, dengan menggunakan sinar istimewa lensa cekung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperkecil, dan letak bayangannya di depan lensa.

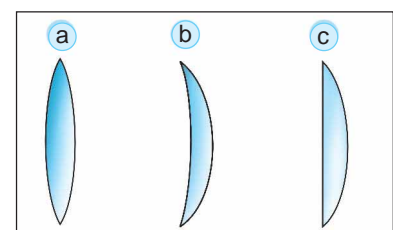


Gambar 10.22 Diagram sinar dengan benda di antara F_2 dan pusat kelengkungan lensa.

b. Pembiasan pada Lensa Cembung

Seperti pada lensa cekung, lensa cembung pun bersifat membiaskan cahaya. Lensa cembung memiliki bentuk yang tipis pada kedua bagian ujungnya. Lensa cembung bersifat mengumpulkan sinar (konvergen). Perhatikan jenis-jenis lensa cembung pada **Gambar 10.23**.

Bagaimana pembentukan bayangan pada lensa cembung? Sebelum membahas tentang pembentukan bayangan pada lensa cembung, perlu kamu pahami sinar-sinar istimewa yang dimiliki lensa cembung. Sinar istimewa ini sangat penting sebagai dasar melukis pembentukan bayangan pada



Gambar 10.23 Jenis-jenis lensa cembung.
a. cembung-cembung
b. cembung-cekung
c. datar-cembung

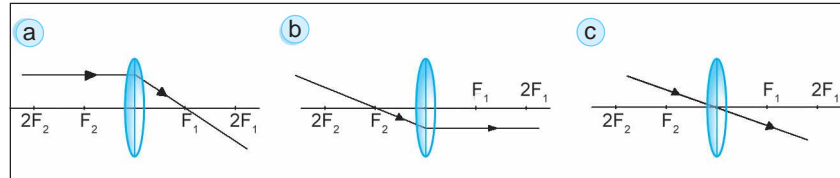
Info Sains

Fokus dan Bayangan lensa Cembung

- Pada lensa cembung, f bernilai positif (+), sedangkan pada lensa cekung f bernilai negatif (-).
- Benda nyata, maka s_o bernilai positif (+).
- Jika s_i bernilai positif (+) berarti bayangannya bersifat nyata tetapi jika s_i bernilai negatif (-) berarti bayangannya bersifat maya.

lensa cembung. Adapun sinar-sinar istimewa pada lensa cembung adalah sebagai berikut.

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan melalui titik fokus (F_1) di belakang lensa.
- 2) Sinar datang menuju titik fokus di depan lensa (F_2) akan dibiaskan sejajar sumbu utama.
- 3) Sinar yang datang melewati pusat optik lensa (O) diteruskan, tidak dibiaskan.



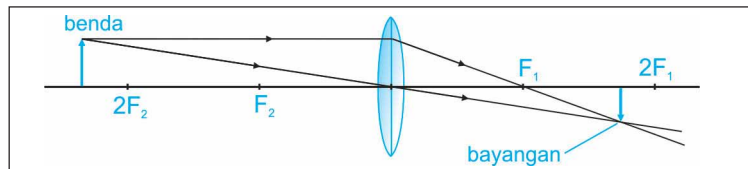
Gambar 10.24 Sinar-sinar istimewa pada lensa cembung.

Dengan menggunakan ketiga sinar istimewa pada lensa cembung di atas dapat digambarkan pembentukan bayangan oleh lensa cembung.

Berikut adalah pembentukan bayangan pada lensa cembung untuk berbagai posisi benda.

- 1) Jarak benda lebih besar $2F_2$

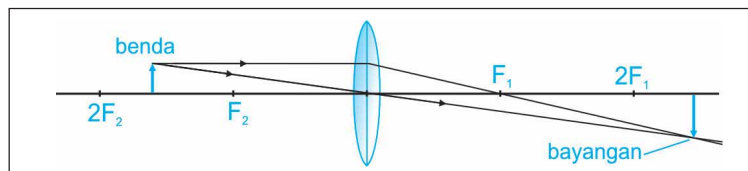
Jarak benda lebih besar $2F_2$, dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat nyata, terbalik, diperkecil, dan letak bayangannya di antara F_1 dan $2F_1$.



Gambar 10.25 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan jarak benda lebih besar $2F_2$.

- 2) Benda diletakkan di antara $2F_2$ dan F_2

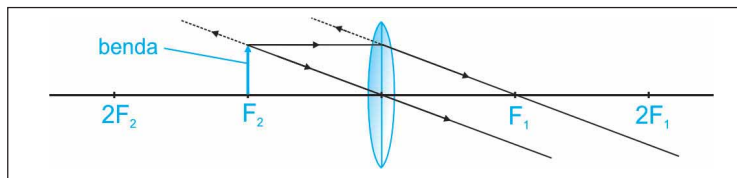
Benda diletakkan di antara $2F_2$ dan F_2 . Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat nyata, terbalik, diperbesar, dan letak bayangannya di luar $2F_1$.



Gambar 10.26 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di antara $2F_2$ dan F_2 .

- 3) Benda diletakkan di titik F_2

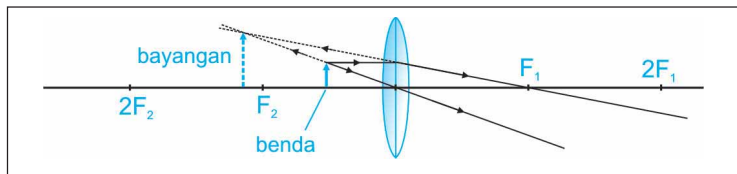
Benda diletakkan di F_2 objek. Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya di tak hingga.



Gambar 10.27 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di titik F_2 .

4) Benda diletakkan di antara F_2 objek dan pusat lensa

Benda diletakkan di antara F_2 dan pusat lensa. Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperbesar, dan terletak di depan lensa.



Gambar 10.28 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di antara F_2 dan pusat lensa.

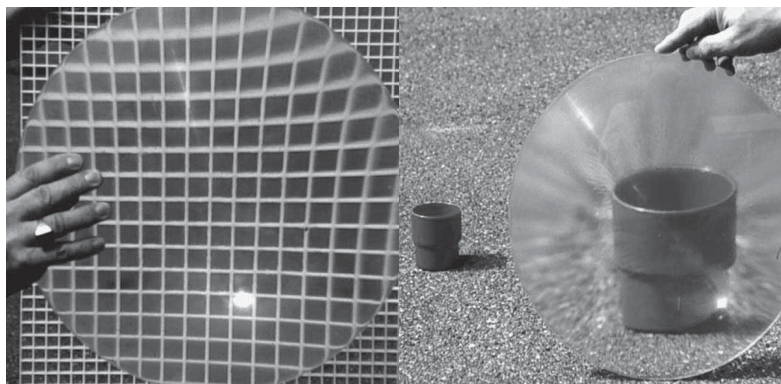
Pada lensa juga berlaku persamaan-persamaan seperti pada cermin yaitu sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} \quad \dots\dots\dots (10.5)$$

$$M = \left| \frac{s_1}{s_0} \right| = \frac{h_1}{h_0} \quad \dots\dots\dots (10.6)$$

Keterangan:

- f = jarak fokus
- s_0 = jarak benda terhadap cermin
- s_1 = jarak bayangan terhadap cermin
- M = perbesaran
- h_0 = tinggi benda
- h_1 = tinggi bayangan



Gambar 10.29 Lensa cembung menghasilkan bayangan maya yang diperbesar terhadap benda yang diletakkan di antara F_2 dan pusat lensa.

Info Sains

Bayangan Cermin Cekung dan Lensa Cembung

Pada cermin cekung dan lensa cembung berlaku:

Benda	IV	III	II	I
	N	N	N	M
Bayangan	IV	III	II	I
	M	N	N	N
	Tg	Tb	Tb	Tb
	B	B	K	K

Keterangan:

I, II, III, IV = ruang I, II, III, IV

N = nyata

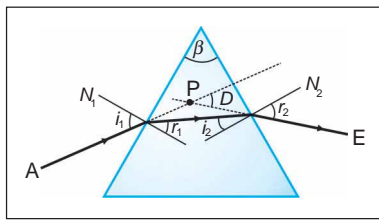
M = maya

Tg = tegak

Tb = terbalik

B = diperbesar

K = diperkecil



Gambar 10.30 Sudut-sudut pembiasan pada prisma.

c. Pembiasan pada Prisma

Prisma merupakan benda bening yang terbuat dari gelas yang dibatasi oleh dua bidang permukaan yang membentuk sudut tertentu. Sudut yang dibentuk oleh kedua bidang pembias disebut sudut pembias (β).

Sinar yang dijatuhkan pada bidang pembias pertama, dan sinar yang keluar dari bidang pembias kedua membentuk sudut tertentu dengan sinar masuk. Sudut ini disebut sudut deviasi (D). Perhatikan **Gambar 10.30**!

Hubungan antara sudut deviasi (D), sudut sinar datang (i_1), sudut sinar bias (r_2), dan sudut pembias prisma (β) dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$D = i_1 + r_2 - \beta \dots\dots\dots (10.7)$$

Tugas 10.1

Berikan contoh alat-alat yang memanfaatkan kejadian pembiasan atau pemantulan, kemudian jelaskan cara kerja alat tersebut!

Latihan 10.3

1. Apa yang dimaksud pembiasan?
2. Sebutkan dan gambarkan bagian-bagian utama pada sebuah lensa cembung dan lensa cekung!
3. Sebutkan dan gambarkan sinar-sinar istimewa pada lensa cekung dan lensa cembung!
4. Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh lensa cekung!
5. Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh benda yang terletak di antara titik pusat lensa dan titik fokus lensa cembung!



B Alat-Alat Optik

Dalam kehidupan sehari-hari banyak sekali alat-alat optik yang memanfaatkan peristiwa pembiasan dan pemantulan cahaya, seperti kaca pembesar, kamera, proyektor, dan teleskop. Alat optik adalah alat yang cara kerjanya memanfaatkan peristiwa pembiasan dan pemantulan cahaya. Di dalam alat optik kamu pasti menemukan cermin dan atau lensa.

1. Mata

Mata merupakan indra penglihatan yang sangat penting. Kita dapat melihat dunia yang indah ini dengan mata. Mata termasuk alat optik karena di dalamnya terdapat lensa mata yang digunakan untuk menerima cahaya yang dipantulkan oleh benda-benda yang kita lihat. Dalam hal ini, 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.

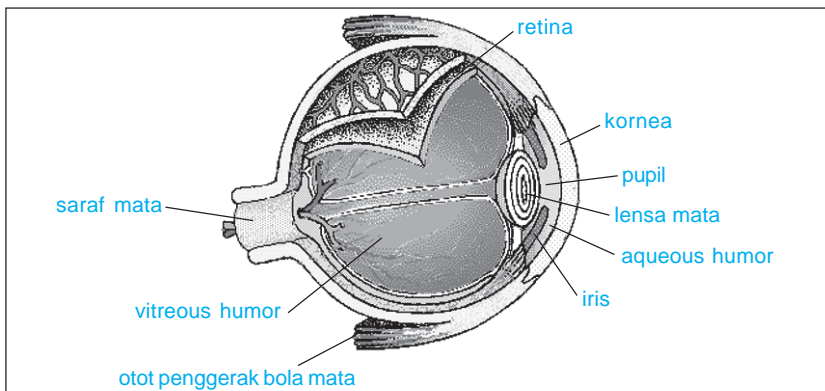
Secara garis besar mata kita terdiri atas lensa mata, retina, otot, dan saraf. Bagian paling luar adalah lensa mata yang digunakan untuk membentuk bayangan di retina. Sebagai sebuah lensa, ketebalan mata akan berpengaruh pada titik fokus. Jika mata melihat benda jauh, mata kita akan melebar sehingga lensa mata menjadi menipis dan jarak fokusnya menjadi kecil. Hal ini dimaksudkan supaya bayangan benda tersebut jatuh tepat di retina. Kemampuan mata untuk melebar atau mengerut dibantu otot-otot mata. Melebar dan mengerutnya mata kita akan mengakibatkan lensa mata menjadi menebal atau menipis. Kemampuan lensa mata untuk menipis atau menebal sesuai dengan jarak benda yang dilihat disebut **daya akomodasi**.

Jika mata melihat benda yang makin dekat, maka daya akomodasinya makin besar. Sebaliknya jika melihat benda yang makin jauh, maka daya akomodasinya makin kecil. Daya akomodasi menyebabkan mata memiliki titik dekat (*punctum proximum*) dan titik jauh (*punctum remotum*). Titik dekat mata adalah titik terdekat yang dapat dilihat jelas oleh mata dengan berakomodasi maksimum. Titik jauh adalah titik terjauh yang dapat dilihat jelas oleh mata dengan tanpa berakomodasi.

Bagian-bagian terpenting dari mata adalah kornea, iris, pupil, lensa mata, dan retina. Bagian-bagian tersebut ditunjukkan pada **Gambar 10.32**.



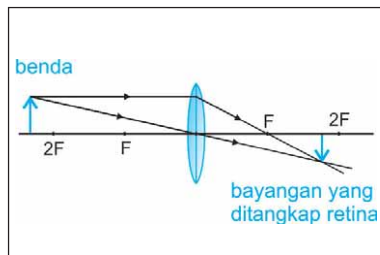
Gambar 10.31 Indra penglihatan kita tergolong alat optik karena di dalamnya terdapat lensa.



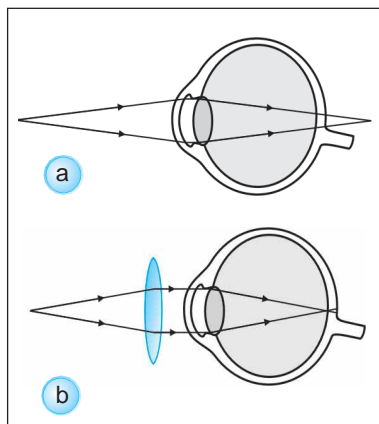
Gambar 10.32 Bagian-bagian mata manusia.

Kornea adalah bagian luar mata yang berfungsi menerima dan meneruskan cahaya. Lensa mata terbuat dari bahan bening dan kenyal. Lensa mata berfungsi untuk membentuk bayangan benda. Iris merupakan selaput yang membentuk suatu celah lingkaran, berfungsi memberi warna pada mata. Celah lingkaran yang dibentuk iris disebut pupil.

Retina adalah tempat jatuhnya bayangan yang dibentuk oleh lensa mata. Lensa mata berupa lensa cembung. Benda yang dilihat terletak di depan $2F$ sehingga bayangan yang terbentuk nyata, terbalik, diperkecil dan berada di antara F dan $2F$ di



Gambar 10.33 Bayangan yang ditangkap retina bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil.



Gambar 10.34 (a) Rabun dekat. (b) Rabun dekat ditolong dengan kacamata berlensa positif.

Info Sains

Lensa Kacamata

- Syarat lensa cembung untuk menolong penderita hipermetropi adalah:
 $s' = -$ titik dekat penderita rabun dekat.
- Syarat lensa cekung untuk menolong penderita miopi adalah:
 $s' = -$ titik jauh penderita rabun jauh.

belakang lensa seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.33**. Di dalam retina terdapat saraf. Saraf mata ini sangat sensitif terhadap cahaya. Otak akan menerima informasi tentang benda yang kita lihat, informasi ini dikirimkan oleh retina melalui saraf-saraf mata. Informasi benda-benda yang kita lihat akan dikirimkan ke otak dan otak akan mengolahnya sehingga kita dapat melihat benda sesuai dengan sebenarnya, tidak terbalik seperti yang ditangkap retina.

Kemampuan akomodasi mata setiap orang berbeda-beda. Ada orang yang tidak dapat melihat benda yang jauh atau dekat. Orang yang mengalami gangguan seperti ini dikatakan orang tersebut memiliki cacat mata. Berikut adalah jenis-jenis cacat mata pada manusia.

a. Rabun Dekat (Hipermetropi)

Rabun dekat terjadi jika mata tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya dekat. Hal ini dikarenakan fokus lensa mata mempunyai jarak yang terlalu panjang. Akibatnya bayangan akan jatuh di belakang retina.

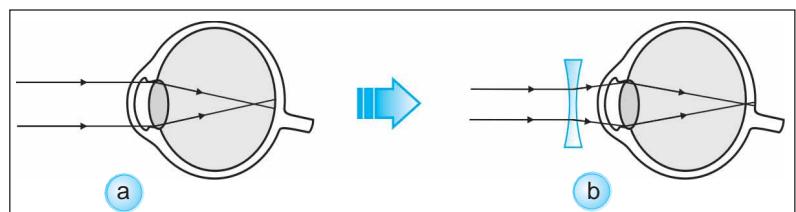
Rabun disebut juga hipermetropi. Orang yang menderitanya akan kesulitan melihat benda-benda yang jaraknya dekat. Benda yang terlihat oleh orang yang menderitanya akan tampak buram.

Untuk membantu penderita rabun dekat, lensa mata perlu diberi bantuan sedemikian rupa agar bayangan yang dibentuk oleh lensa mata jatuh tepat pada retina. Mereka membutuhkan kacamata dengan lensa cembung. Peranan lensa kacamata cembung adalah agar bayangan yang tadinya jatuh di belakang retina dapat maju sehingga jatuh tepat pada retina.

b. Rabun Jauh (Miopi)

Kebalikan dari rabun dekat, mata yang mengalami rabun jauh tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya jauh. Hal ini disebabkan lensa mata tidak dapat memipih untuk memperkecil jarak fokusnya. Bayangan yang dibentuk oleh lensa mata yang mengalami cacat mata rabun jauh akan jatuh berada di depan retina.

Untuk membantu penderita rabun jauh digunakan kacamata yang mempunyai lensa cekung. Lensa cekung ini akan membantu lensa mata sehingga bayangan yang tadinya jatuh di depan retina akan jatuh tepat di retina. Cacat mata rabun jauh ini sering disebut juga miopi.



Gambar 10.35 a. Rabun jauh
b. Rabun jauh ditolong dengan kacamata berlensa negatif.

c. Presbiopi

Cacat mata presbiopi ini banyak dialami oleh orang-orang lanjut usia. Oleh karena itu presbiopi sering disebut juga mata tua. Penderita cacat mata ini tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya jauh atau dekat. Hal ini dikarenakan menurunnya daya akomodasi lensa mata.

Untuk membantu penderita cacat mata ini, digunakan kacamata yang mempunyai lensa ganda yaitu lensa cembung dan lensa cekung. Lensa cekung berfungsi untuk melihat benda-benda jauh dan lensa cembung berfungsi untuk melihat benda-benda dekat. Biasanya, lensa cembung terletak di bagian bawah dan lensa cekung di bagian atas.



Gambar 10.36 Kacamata presbiopi.

Untuk menghindari cacat mata, mata kita perlu perawatan dan penggunaan yang benar. Cacat mata dapat diakibatkan bawaan (genetik) atau karena kebiasaan. Oleh karena itu, jagalah matamu sejak dini, hindari kebiasaan-kebiasaan yang kurang baik, seperti membaca terlalu dekat atau terlalu jauh, membaca di tempat yang terlalu gelap atau terlalu terang, menonton televisi dalam jarak yang terlalu dekat atau terlalu jauh. Selain itu, jaga kesehatan mata dengan baik. Bakteri atau jamur dapat juga mengakibatkan mata mengalami kerusakan.

Kekuatan lensa merupakan kemampuan lensa untuk memfokuskan sinar-sinar, makin kuat lensa memfokuskan sinar akan makin besar kekuatannya. Kekuatan lensa dilambangkan dengan P (*power*) yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-300} = 0 - \frac{1}{300} = -\frac{1}{300} \dots\dots\dots (10.8)$$

Keterangan:

P = kekuatan lensa, satuan dioptri

f = jarak fokus, satuan meter

Contoh

Seorang penderita rabun jauh memiliki titik jauh 300 cm. Berapa kekuatan lensa kacamata orang tersebut agar dapat melihat benda jauh dengan normal?

Jawab:

$$s_0 = \infty$$

$$s_1 = -300 \text{ cm (tanda negatif (-) karena bayangan yang dibentuk lensa cekung bersifat maya, di depan lensa)}$$

$$P = \dots ?$$

$$f = -300 \text{ cm} = -3 \text{ m}$$

Kekuatan lensa:

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-3} = -0,33 \text{ dioptri}$$

Latihan 10.4

1. Mengapa mata disebut alat optik?
2. Bayangan yang dibentuk pada retina mata bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil. Mengapa kita melihat benda tidak merasa terbalik?
3. Jelaskan jenis-jenis cacat mata dan cara menolongnya!
4. Jelaskan mekanisme pembentukan bayangan pada mata cacat miopi! Menurutmu, dapatkah cacat mata disembuhkan?
5. Seorang penderita rabun dekat memiliki titik dekat 50 cm. Jika dia ingin membaca dengan normal, berapakah kekuatan lensa kaca mata yang harus digunakannya?

2. Alat-Alat Optik yang Lain

Ketika kamu berfoto dengan teman-temanmu menggunakan kamera mungkin kamu tidak menyadari sedang menggunakan alat optik. Sekarang, terdapat banyak jenis kamera, seperti kamera analog dan kamera digital.

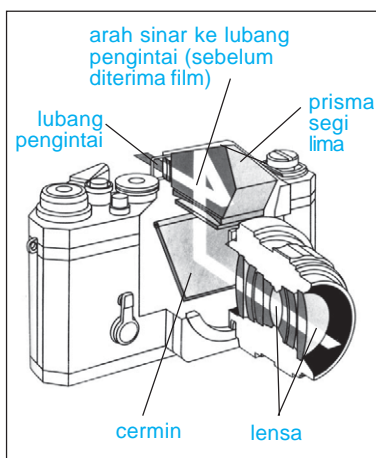
Meskipun jenis dan teknologinya beraneka macam, tetapi pada prinsipnya sama, yaitu menggunakan pembiasan dan pemantulan cahaya dengan cermin atau lensa. Berikut akan dibahas beberapa alat optik yang sering kamu temui dalam kehidupan sehari-hari.

a. Kamera

Kamera merupakan salah satu alat optik yang besar manfaatnya. Dengan adanya kamera kamu dapat mengabadikan kejadian-kejadian penting dan bersejarah. Pernahkah kamu menggunakan kamera?

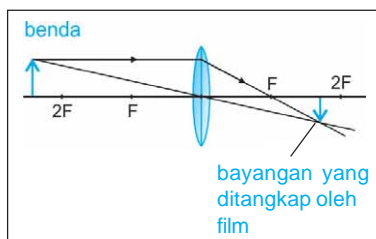
Kamera terdiri atas tiga bagian utama, yaitu lensa, diafragma, dan film. Cara kerja kamera adalah sebagai berikut. Benda yang akan diambil gambarnya diletakkan di depan kamera. Cahaya yang berasal dari objek tersebut akan diterima oleh lensa cembung dan akan dibiaskan sehingga membentuk bayangan nyata di film. Kedudukan lensa terhadap film dapat diubah-ubah. Hal ini dimaksudkan agar bayangan yang terbentuk jatuh tepat di atas film. Pada film, terdapat zat kimia yang peka terhadap cahaya. Cahaya gelap dan cahaya terang masing-masing akan meninggalkan jejak yang berbeda pada kamera. Dari film, gambar tersebut dapat dicuci dan dicetak.

Jika diperhatikan, prinsip kerja antara kamera dan mata kita adalah sama. Mata kita menangkap bayangannya di retina yang akan diolah oleh otak melalui saraf, sedangkan pada kamera, bayangan yang ditangkap lensa dibentuk pada film. Telah kamu ketahui bahwa bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung bersifat nyata dan terbalik. Bayangan yang dibentuk pada film kamera bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.38**.



Gambar 10.37 Kamera (jenis SLR) dan bagian-bagiannya.

Sumber: Growing Up With Science

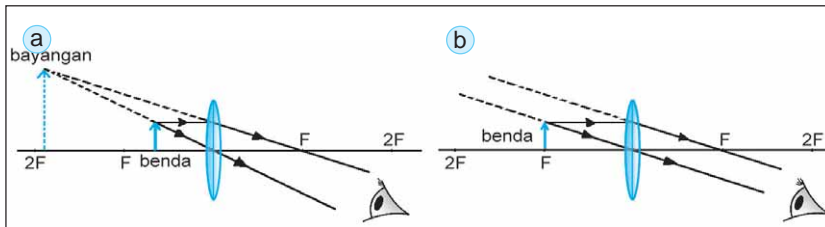


Gambar 10.38 Diagram pembentukan bayangan pada kamera.

b. Lup

Lup adalah alat optik yang menggunakan lensa cembung untuk melihat benda-benda kecil. Lup biasa digunakan untuk melihat nama-nama jalan di peta yang tercetak sangat kecil, melihat gambar di perangko, dan melihat komponen-komponen jam tangan yang kecil.

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 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 Gambar 10.40.



Gambar 10.40 a. Diagram sinar pembentukan bayangan pada lup dengan mata berakomodasi maksimum.
b. Diagram sinar pembentukan bayangan pada lup dengan mata tidak berakomodasi.



Gambar 10.39 Lup.

Info Sains

Lup untuk Membuat Api

Lup bersifat mengumpulkan cahaya sehingga dapat digunakan untuk mengumpulkan cahaya Matahari. Lup diletakkan di bawah terik Matahari, dengan mengatur jarak lup terhadap benda yang akan dibakar sehingga cahaya Matahari mengumpul di satu titik. Energi kalor yang dikumpulkan oleh lup ini mampu membuat kertas terbakar.

c. Mikroskop

Pernahkan kamu bertanya-tanya bagaimana caranya para ilmuwan mengamati jasad renik? Para peneliti biasanya menggunakan mikroskop untuk melihat benda-benda kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.

Mikroskop terdiri atas dua buah lensa cembung yang berfungsi untuk memperbesar bayangan benda. Lensa ini dinamakan lensa objektif dan lensa okuler. Lensa objektif adalah lensa yang diletakkan dekat dengan objek yang akan diamati, sedangkan lensa okuler adalah lensa yang diletakkan dekat mata. Jarak fokus lensa objektif lebih kecil dari jarak fokus lensa okuler ($f_{ob} < f_{ok}$).

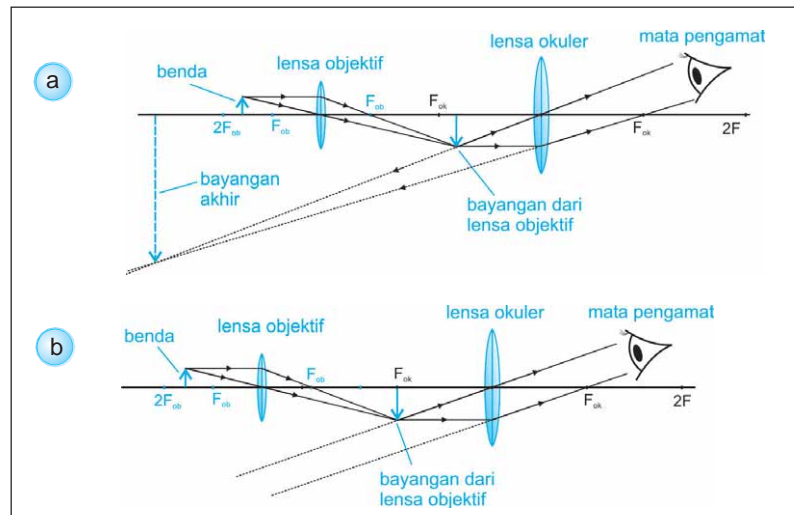
Benda yang diamati diletakkan di depan lensa objektif di antara F_{ob} dan $2F_{ob}$. Bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif bersifat nyata, terbalik dan diperbesar. Bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif akan menjadi benda bagi lensa okuler.

Bila diamati dengan mata berakomodasi, maka benda (bayangan dari lensa objektif) diletakkan di antara titik pusat lensa okuler (O_{ok}) dan titik fokus okuler (F_{ok}). Sedangkan jika diamati dengan mata tanpa berakomodasi, maka benda (bayangan dari lensa objektif) diletakkan di titik fokus lensa okuler (F_{ok}).

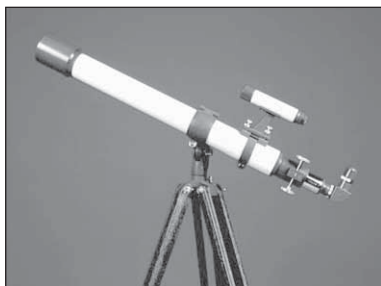


Gambar 10.41 Mikroskop digunakan untuk mengamati benda-benda renik.

Lebih jelasnya perhatikan **Gambar 10.42(a)** dan **Gambar 10.42(b)**. Bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler bersifat maya, tegak, dan diperbesar. Bayangan akhir yang dibentuk adalah maya, terbalik dan diperbesar. Bayangan ini dapat dilihat mata pengamat. Bayangan ini telah mengalami perbesaran beberapa kali lipat sehingga benda yang sangat kecil akan tampak besar.



Gambar 10.42 a. Diagram pembentukan bayangan pada mikroskop dengan mata berakomodasi maksimum.
b. Diagram pembentukan bayangan pada mikroskop dengan mata tidak berakomodasi.

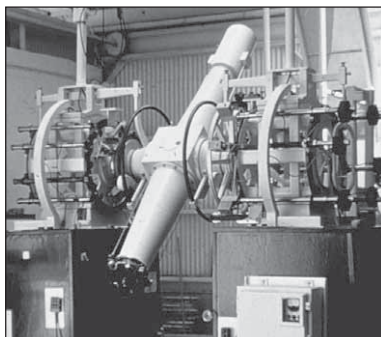


Gambar 10.43 Salah satu jenis teropong bias.

d. Teleskop (Teropong)

Teropong merupakan alat optik yang digunakan sebagai alat untuk melihat benda yang letaknya jauh. Teropong dibedakan menjadi dua yaitu teropong bias (tersusun atas beberapa lensa) dan teropong pantul (tersusun atas beberapa cermin dan lensa). Teropong bias antara lain teropong bintang (astronomi), teropong bumi, dan teropong panggung (teropong Galileo).

Teropong bintang digunakan untuk mengamati benda-benda langit. Bagaimana cara kerja teropong bintang? Cara kerja teropong bintang mirip dengan cara kerja mikroskop. Teropong ini terdiri atas dua buah lensa cembung yaitu lensa objektif dan lensa okuler. Lensa objektif digunakan untuk menangkap cahaya dari benda-benda yang jauh. Karena jaraknya jauh, benda dapat dianggap diletakkan di luar $2F$. Dengan demikian bayangan yang dibentuknya adalah nyata, terbalik, dan diperkecil. Bayangan dari lensa objektif ini menjadi benda bagi lensa okuler. Oleh lensa okuler, bayangan ini dibiarkan lagi sehingga membentuk bayangan yang maya, tegak, dan diperbesar dan dapat dilihat dengan mata. Dengan demikian benda-benda langit yang jaraknya jauh akan tampak dekat dan jelas jika dilihat menggunakan teropong bintang. Bayangan yang dihasilkan teropong bintang adalah terbalik.

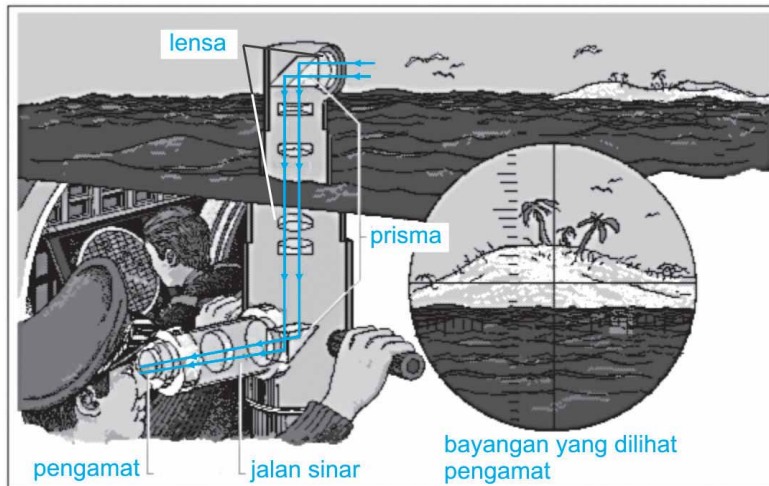


Gambar 10.44 Jenis teropong pantul yang banyak digunakan di observatorium untuk mengamati bintang.

e. Periskop

Apakah periskop itu? Periskop adalah alat optik yang digunakan pada kapal selam untuk melihat permukaan laut. Kapal selam perlu melihat keadaan permukaan laut sebelum kapal selam tersebut muncul mengapung di permukaan.

Periskop terdiri atas dua buah lensa cembung dan dua buah prisma siku-siku sama kaki. Perhatikan **Gambar 10.45**!



Gambar 10.45 Diagram jalannya sinar pada periskop.

Tokoh Sains

Bambang Hidayat



Prof. Dr. Bambang Hidayat (lahir di Kudus, Jawa Tengah, pada 18 September 1934), adalah seorang astronom Indonesia. Pendidikan menengah dilaluinya di SMP II Semarang dan SMA Bag. B Semarang. Bambang masuk FMIPA UI di Bandung tahun 1953. Pada tahun 1954 Bambang diangkat menjadi asisten pengamatan bintang ganda visual menggunakan teropong Zeiss Besar, di Observatorium Bosscha, Lembang. Pada tahun 60-an, Bambang ikut memasang teropong jenis mutakhir pada saat itu, yakni teropong tipe Schmidt di Lembang. Pada tahun 1968, Bambang diberi kehormatan untuk dapat memimpin Observatorium Bosscha dan Departemen Astronomi ITB. Tahun 1983 atas penunjukan Menteri Negara Riset dan Teknologi, Kepala BPPT, Prof. Habibie, Bambang ditugasi menjabat sebagai ketua panitia nasional pengembangan elektronika antariksa dan teleskop radio.

Tugas 10.2

Lensa kontak merupakan alat optik yang berfungsi sebagai pengganti kacamata. Kumpulkan informasi mengenai lensa kontak tersebut! Cari tahu bahannya dari apa, bagaimana pengaruhnya terhadap mata, dan bandingkan dengan kacamata lensa biasa! Kemukakan pendapatmu mengenai lensa kontak ini!

Latihan 10.5

1. Bagaimana lup dapat digunakan untuk membuat api? Jelaskan dengan gambar!
2. Sebutkan contoh alat optik beserta kegunaannya!
3. Mengapa banyak digunakan lensa cembung pada alat optik?
4. Apa yang dimaksud lensa objektif dan lensa okuler?
5. Bagaimana cara kerja teropong sehingga dihasilkan bayangan dari benda yang jaraknya sangat jauh?

Rangkuman

- Setiap benda yang memancarkan cahaya disebut sumber cahaya dan setiap benda yang tidak dapat memancarkan cahaya disebut benda gelap.
- Cahaya dapat dianggap sebagai partikel dan sebagai gelombang. Sebagai gelombang, cahaya mempunyai sifat dapat dipantulkan dan dapat dibiaskan.

- hukum pemantulan cahaya adalah sebagai berikut.
 - a. Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
 - b. Sudut datang sama dengan sudut pantul.
- Hukum pembiasan cahaya dituliskan sebagai berikut.
 - a. Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar dan ketiganya berpotongan di satu titik.
 - b. Sinar datang dari medium kurang rapat menuju medium lebih rapat dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya sinar datang dari medium lebih rapat menuju medium kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal. Sinar datang tegak lurus bidang batas diteruskan atau tidak mengalami pembiasan.
- Alat optik adalah alat yang cara kerjanya memanfaatkan peristiwa pembiasan dan pemantulan cahaya.
- Mata termasuk alat optik karena di dalamnya terdapat lensa mata yang digunakan untuk menerima cahaya yang dipantulkan oleh benda-benda yang kita lihat.
- Alat-alat optik lain yang menggunakan prinsip peristiwa pemantulan dan pembiasan cahaya oleh cermin dan lensa antara lain kamera, lup, mikroskop, teleskop, dan periskop.

Refleksi

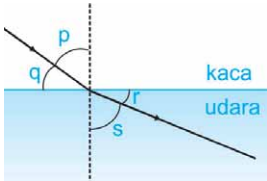
Kamu telah selesai mempelajari materi **Optika** dalam bab ini. Untuk itu, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu sudah memahami sifat-sifat cahaya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan pemantulan cahaya pada cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung serta pembentukan bayangan oleh cermin-cermin tersebut?
3. Bagaimanakah cahaya dibiaskan? Dapatkah kamu menjelaskan pembiasan cahaya pada lensa cekung dan lensa cembung serta pembentukan bayangan oleh lensa tersebut?
4. Apakah kamu dapat menyebutkan berbagai jenis alat optik serta menunjukkan cara kerja dan proses pembentukan bayangan benda pada alat optik tersebut?

Latih Kemampuan 10

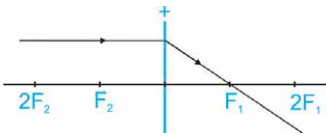
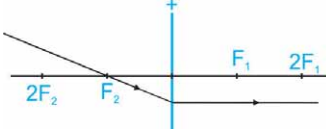
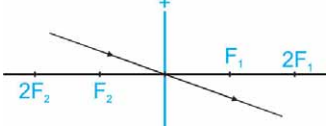
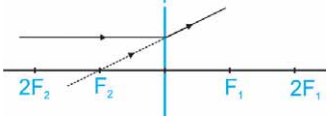
I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Berikut yang **bukan** merupakan sifat cahaya adalah
 - a. memerlukan medium untuk merambat
 - b. dapat dipantulkan
 - c. dapat dibiaskan
 - d. termasuk gelombang elektromagnetik
2. Suatu benda berjarak 10 cm di depan sebuah cermin cekung yang memiliki fokus 15 cm. Perbesaran bayangan yang dihasilkan adalah
 - a. 3,0 kali
 - b. 2,0 kali
 - c. 1,5 kali
 - d. 0,5 kali
3. Perhatikan gambar berikut.



Daerah yang disebut sudut bias adalah

 - a. p
 - b. q
 - c. r
 - d. s

4. Bayangan yang dibentuk oleh cermin datar bersifat
 - a. nyata, terbalik, dan diperkecil
 - b. nyata, sama besar, dan tegak
 - c. maya, tegak, dan sama besar
 - d. nyata, terbalik, dan diperbesar
5. Sebuah benda diletakkan 8 cm di depan lensa cembung yang memiliki jarak fokus 12 cm. Letak bayangan adalah
 - a. 24 cm di depan lensa
 - b. 24 cm di belakang lensa
 - c. 48 cm di depan lensa
 - d. 48 cm di belakang lensa
6. Berikut jalannya sinar istimewa pada lensa cembung, **kecuali**
 - a. 
 - b. 
 - c. 
 - d. 
7. Sebuah lensa cekung memiliki jarak fokus 20 cm. Apabila sebuah benda diletakkan 30 cm di depan lensa maka jarak bayangan yang terbentuk dari lensa adalah
 - a. 60 cm di depan lensa
 - b. 60 cm di belakang lensa
 - c. 12 cm di depan lensa
 - d. 12 cm di belakang lensa
8. Pernyataan berikut yang benar adalah
 - a. lensa cembung disebut juga lensa negatif
 - b. pada pemantulan cahaya oleh cermin datar selalu bersifat nyata
 - c. pembentukan bayangan oleh lensa cekung selalu diperkecil
 - d. pembentukan bayangan oleh lensa cembung selalu diperbesar
9. Mata disebut alat optik karena
 - a. memiliki lensa
 - b. memiliki saraf
 - c. menggunakan kacamata
 - d. memiliki otot
10. Alat optik yang digunakan untuk melihat jasad renik adalah
 - a. lup
 - b. mikroskop
 - c. teropong
 - d. kamera
11. Jarak paling dekat yang dapat dilihat jelas oleh orang yang rabun dekat adalah 40 cm. Kekuatan lensa kacamata yang diperlukan orang tersebut adalah
 - a. 0,67 D
 - b. 0,75 D
 - c. 1,5 D
 - d. 1,75 D
12. Bayangan pada kamera memiliki sifat
 - a. nyata, terbalik, diperkecil
 - b. nyata, tegak, diperbesar
 - c. maya, terbalik, diperkecil
 - d. maya, tegak, diperbesar
13. Seorang penderita miopi memakai kacamata dengan kekuatan lensa $-0,33$ D. Jarak titik jauh penderita miopi tersebut adalah
 - a. 100 cm
 - b. 200 cm
 - c. 250 cm
 - d. 300 cm
14. Sifat bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler pada mikroskop adalah
 - a. nyata, terbalik, dan diperbesar
 - b. nyata, tegak, dan diperkecil
 - c. maya, tegak, dan diperbesar
 - d. maya, terbalik, dan sama besar
15. Perbedaan mendasar periskop dengan alat optik lainnya adalah adanya
 - a. sepasang lensa cembung
 - b. sepasang lensa cekung
 - c. cermin datar
 - d. sepasang prisma siku-siku

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Sebuah benda diletakkan di depan cermin cembung pada jarak 4 cm. Jika titik fokus cermin tersebut adalah 8 cm, berapa jarak bayangan terhadap benda?
2. Lukislah bayangan yang dibentuk oleh suatu benda dengan jarak 2 cm di depan sebuah cermin cekung yang mempunyai titik fokus 5 cm!

3. Bagaimana suatu alat disebut sebagai alat optik? Jelaskan!
4. a. Jelaskan mekanisme pembentukan bayangan pada mata normal!
b. Jelaskan mekanisme pembentukan bayangan pada mata yang mengalami cacat mata miopi, presbiopi, dan hipermetropi!
5. Jelaskan cara kerja mikroskop sehingga pengamat memperoleh bayangan yang diperbesar beberapa kali!

Wacana Sains

Sejarah Pengukuran Kelajuan Cahaya

Kelajuan cahaya telah sering diukur oleh ahli Fisika. Pengukuran awal yang paling baik dilakukan oleh Olaus Roemer (ahli Fisika Denmark), pada 1676. Beliau menciptakan kaedah mengukur kelajuan cahaya. Beliau mendapati dan telah mencatatkan pergerakan planet Saturnus dan satu dari bulannya dengan menggunakan teleskop. Roemer mendapati bahwa bulan tersebut mengorbit Saturnus sekali setiap $42\frac{1}{2}$ jam. Masalahnya adalah apabila bumi dan Saturnus berjauhan, putaran orbit bulan tersebut kelihatan bertambah. Ini menunjukkan cahaya memerlukan waktu lebih lama untuk sampai ke Bumi. Dengan ini kelajuan cahaya dapat diperhitungkan dengan menganalisa jarak antara planet pada masa-masa tertentu. Roemer mencapai kelajuan 227.000 kilometer per sekon.

Albert A. Michelson memperbaiki hasil kerja Roemer pada tahun 1926. Dia menggunakan cermin berputar untuk mengukur waktu yang diambil cahaya untuk pergi balik dari Gunung Wilson ke Gunung San Antonio di California. Ukurannya menghasilkan kelajuan 299.796 kilometer/sekon. Dalam penggunaan sehari-hari, jumlah ini dibulatkan menjadi 300.000 kilometer/sekon.

Ellipsometer Sederhana

Ellipsometer adalah suatu alat yang dapat dipergunakan untuk pengukuran sifat-sifat optik dari suatu media yang didasarkan pada analisis fenomena pantulan sinar terhadap suatu media tersebut yaitu perubahan pengutuban (*polarization*) sinar dengan panjang gelombang tertentu yang terjadi sewaktu sinar dipantulkan atau diteruskan pada media tersebut. Dengan menganalisa perubahan intensitas sinar akibat pantulan gelombang tersebut, maka dimungkinkan untuk mengetahui berbagai parameter sifat optik seperti parameter indeks bias, ketebalan, koefisien serapan, dan lain-lain dari medium yang dikenainya.

Beberapa faktor keuntungan yang dapat diperoleh dari alat ini antara lain: (i) tidak mengganggu sifat-sifat fisis dari permukaan sampel yang diukurnya untuk panjang gelombang tertentu yang dapat dipilih, (ii) cukup sensitif untuk pengukuran antarmuka (*interface*) dari suatu struktur media yang memiliki ukuran cukup kecil, (iii) dapat dioperasikan pada udara bebas (tidak harus pada kondisi khusus seperti ruang hampa), dan (iv) dapat diperoleh hasil secara langsung (*in situ*) dari pengukuran. Secara umum alat ellipsometer dapat dipergunakan untuk mengukur sifat-sifat optik suatu bahan baik padat maupun cair yang memiliki sifat isotropik (sifat optik tidak tergantung arah) ataupun anisotropik (sifat optik tergantung arah). Selain itu media yang akan diukur dapat berupa lapisan tipis (*thin film*) atau berupa lapisan yang tebal (*bulk*).

Sumber: www.elektroindonesia.com