

6

B a b 6

Alat-Alat Optik



Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat menerapkan konsep dan prinsip kerja alat-alat optik dengan cara menganalisis alat-alat optik secara kuantitatif serta menerapkan alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari.

Anda memiliki kamera? Meskipun Anda tidak memiliki kamera, tetapi setidaknya Anda pasti pernah berhadapan dengan kamera, yakni ketika Anda difoto. Pernahkah Anda bertanya, bagaimana kamera itu bekerja?

Kamera merupakan salah satu alat optik. Dewasa ini, seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, kualitas gambar yang dihasilkan kamera semakin baik. Hasil foto pun dapat diolah lagi. Ketika Anda difoto dengan latar belakang rumah Anda, hal tersebut dapat disulap menjadi berlatar belakang menara Pissa atau Istana Negara. Hal ini tidak terlepas dari berkembangnya kamera digital yang hasilnya dapat dibaca dan diolah dengan bantuan komputer.

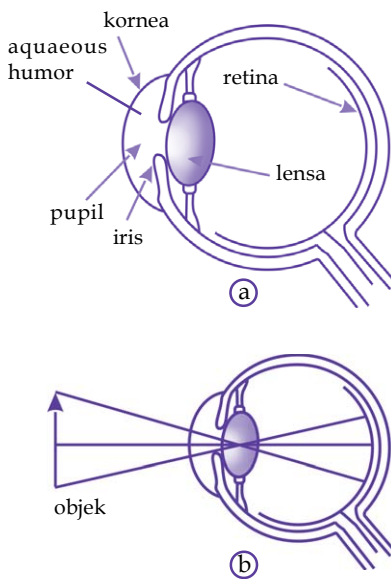
Bukan hanya kamera yang termasuk alat optik, tetapi masih terdapat banyak benda yang termasuk alat optik, seperti lup, mikroskop, dan teropong. Bahkan, mata kita juga termasuk ke dalam alat optik. Bahkan, mata merupakan alat optik ciptaan Tuhan yang tiada ternilai harganya. Anda dapat menikmati keindahan dunia berkat mata. Anda juga dapat membaca tulisan ini karena mata. Oleh karena itu, bersyukurlah kepada Tuhan. Apakah Anda tahu bagaimana alat optik bekerja? Jika Anda menggunakan kacamata, bagaimanakah cara kerja kacamata sehingga Anda dapat melihat seperti mata normal? Supaya Anda memahami materi mengenai alat-alat optik, pelajilah bahasan-bahasan berikut ini dengan saksama.

- A. Mata dan Kacamata**
- B. Kamera**
- C. Lup**
- D. Mikroskop**
- E. Teropong**

Soal

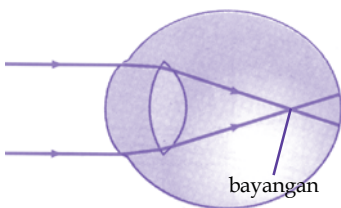
Pramateri

1. Jelaskan yang Anda ketahui mengenai alat optik.
2. Sebutkan alat-alat optik yang Anda ketahui beserta kegunaannya.
3. Jelaskan yang Anda ketahui cara kerja dari mata sampai terbentuk bayangan.



Gambar 6.1

- (a) Diagram sederhana mata manusia.
(b) Lensa mata membentuk bayangan nyata dan terbalik di retina.



Gambar 6.2

Pada mata miopi, bayangan benda jauh jatuh di depan retina.

A Mata dan Kacamata

1. Mata

Mata merupakan alat optik alamiah, ciptaan Tuhan yang sangat berharga. Diagram sederhana mata manusia adalah seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 6.1(a)**. Bagian depan mata yang memiliki lengkung lebih tajam dan dilapisi selaput cahaya disebut kornea. Tepat di belakang kornea terdapat cairan (*aquaeous humor*). Cairan ini berfungsi untuk membiaskan cahaya yang masuk ke mata. Intensitas cahaya yang masuk ke mata diatur oleh pupil, yakni celah lingkaran yang dibentuk oleh iris. Iris sendiri merupakan selaput yang selain berfungsi membentuk pupil, juga berfungsi sebagai pemberi warna pada mata (hitam, biru, atau coklat). Setelah melewati pupil, cahaya masuk ke lensa mata. Lensa mata ini berfungsi untuk membentuk bayangan nyata sedemikian sehingga jatuh tepat di retina. Bayangan yang ditangkap retina bersifat nyata dan terbalik. Bayangan ini kemudian disampaikan ke otak melalui syaraf optik dan diatur sehingga manusia mendapatkan kesan melihat benda dalam kondisi tegak. Proses pembentukan bayangan pada mata diilustrasikan pada **Gambar 6.1(b)**.

Mata memiliki daya akomodasi, yakni kemampuan untuk mengubah-ubah jarak fokus lensa mata sehingga bayangan benda yang dilihat selalu jatuh tepat di retina. Jarak fokus lensa mata diubah dengan cara mengatur ketebalannya (menipis atau menebal) yang dilakukan oleh otot siliar. Daya akomodasi ini memungkinkan mata dapat melihat dengan jelas setiap benda yang dilihatnya, meskipun jaraknya berbeda-beda di depan mata.

Akan tetapi, meskipun memiliki daya akomodasi, mata memiliki keterbatasan jangkauan pandang. Mata tidak dapat melihat benda yang terlalu dekat atau terlalu jauh. Sebagai contoh, mampukah Anda melihat partikel debu yang masuk/menempel pada kornea mata Anda? Atau sebaliknya, mampukah Anda melihat dengan jelas benda yang sangat jauh sekali? Tentu tidak, bukan? Jarak titik terdekat dari mata yang masih dapat dilihat dengan jelas disebut titik dekat, sedangkan jarak titik terjauh dari mata yang masih dapat dilihat dengan jelas disebut titik jauh. Ketika mata melihat pada titik dekatnya, mata dalam keadaan berakomodasi maksimum dan ketika mata melihat pada titik jauhnya, mata dalam keadaan tanpa akomodasi.

Berdasarkan jangkauan pandang ini, mata dibedakan menjadi mata normal (emetropi) dan mata cacat. Mata normal memiliki jangkauan pandang dari 25 cm sampai takhingga. Dengan kata lain, titik dekat mata normal adalah 25 cm, sedangkan titik jauhnya takhingga (jauh sekali). Mata yang jangkauan pandangnya tidak sama dengan jangkauan pandang mata normal disebut mata cacat, yang terdiri dari miopi, hipermetropi, dan presbiopi.

Miopi atau rabun jauh adalah mata yang hanya dapat melihat dengan jelas benda-benda dekat. Mata miopi memiliki titik dekat lebih dekat dari 25 cm dan titik jauh terbatas pada jarak tertentu. Miopi biasanya disebabkan oleh bola mata yang terlalu lonjong, bahkan kadang-kadang lengkungan korneanya terlalu besar. Pada mata miopi, bayangan benda jauh jatuh di depan retina, seperti diilustrasikan pada **Gambar 6.2**. Akibatnya, bayangan benda jauh akan tampak kabur.

Hipermetropi atau rabun dekat adalah mata yang tidak dapat melihat benda-benda dekat dengan jelas. Mata hipermetropi memiliki titik dekat lebih jauh dari 25 cm dan titik jauhnya takhingga. Meskipun dapat melihat dengan jelas benda-benda jauh, titik dekat yang lebih besar dari 25 cm membuat mata hipermetropi mengalami kesulitan untuk membaca pada jarak

baca normal. Cacat mata ini disebabkan oleh bola mata yang terlalu memipih atau lengkungan korneanya kurang. Ketika mata hipermetropi digunakan untuk melihat benda-benda dekat, bayangan benda-benda ini akan jatuh di belakang retina, seperti diilustrasikan pada **Gambar 6.3**. Akibatnya, bayangan benda dekat menjadi terlihat kabur.

Presbiopi memiliki titik dekat lebih jauh dari 25 cm dan titik jauh terbatas. Dengan demikian, penderita presbiopi tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda jauh dan juga tidak dapat membaca dengan jelas pada jarak baca normal. Umumnya, presbiopi terjadi karena faktor usia (tua) sehingga otot siliarnya tidak mampu membuat lensa mata berakomodasi normal seperti ketika ia masih muda.

Selain ketiga jenis cacat mata tersebut, ada lagi yang disebut astigmatisma. Pada penderita astigmatisma, benda titik akan terlihat sebagai sebuah garis dan kabur, seperti diilustrasikan pada **Gambar 6.4**. Hal ini terjadi karena lensa matanya tidak berbentuk bola, melainkan berbentuk silinder.

2. Kacamata

Kacamata merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengatasi cacat mata. Kacamata terdiri dari lensa cekung atau lensa cembung, dan frame atau kerangka tempat lensa berada, seperti yang dapat Anda lihat pada **Gambar 6.5**. Fungsi dari kacamata adalah mengatur supaya bayangan benda yang tidak dapat dilihat dengan jelas oleh mata menjadi jatuh di titik dekat atau di titik jauh mata, bergantung pada jenis cacat matanya.

Di SMP, Anda telah mempelajari bahwa jika sebuah benda berada di depan sebuah lensa, bayangan akan dibentuk oleh lensa tersebut. Jauh dekatnya bayangan terhadap lensa, bergantung pada letak benda dan jarak fokus lensa. Hubungan tersebut secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f} \quad (6-1)$$

dengan: S = jarak benda ke lensa (m),
 S' = jarak bayangan ke lensa (m), dan
 f = jarak fokus lensa (m).

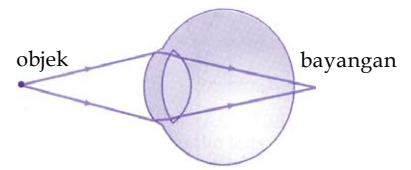
Selain itu, Anda juga pernah mempelajari kekuatan atau daya lensa. Kekuatan atau daya lensa adalah kemampuan lensa untuk memfokuskan sinar yang datang sejajar dengan lensa. Hubungan antara daya lensa dan kekuatan lensa memenuhi persamaan

$$P = \frac{1}{f} \quad (6-2)$$

dengan: P = kekuatan atau daya lensa (dioptri), dan
 f = jarak fokus lensa (m).

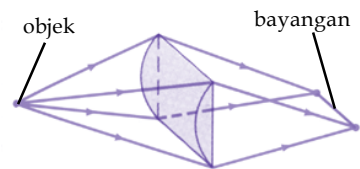
a. Kacamata Berlensa Cekung untuk Miopi

Seperti telah dibahas sebelumnya, mata miopi tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang jauh atau titik jauhnya terbatas pada jarak tertentu. Lensa kacamata yang digunakan penderita miopi harus membentuk bayangan benda-benda jauh ($S \sim$) tepat di titik jauh mata atau $S' = -PR$, dengan PR singkatan dari *punctum remotum*, yang artinya titik jauh. Tanda negatif pada S' diberikan karena bayangan yang dibentuk lensa kacamata berada di depan lensa tersebut atau bersifat maya. Jika nilai S dan S' tersebut Anda masukkan ke dalam **Persamaan (6-1)**, diperoleh



Gambar 6.3

Pada mata hipermetropi, bayangan benda dekat jatuh di belakang retina..



Gambar 6.4

Pada mata astigmatisma, benda titik akan terlihat sebagai sebuah garis dan kabur.



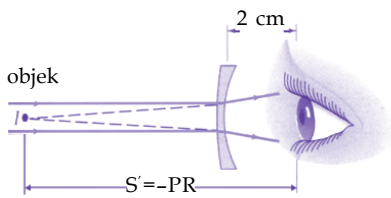
Sumber: Dokumentasi Penerbit

Gambar 6.5

Kacamata dapat membantu orang yang cacat mata.

Kata Kunci

- Astigmatisme
- Aqueous humor
- Daya lensa
- Emetropi
- Hipermetropi
- Kacamata
- Mata
- Miopi
- Presbiopi
- Retina
- Titik dekat
- Titik jauh



Gambar 6.6

Bayangan benda jauh yang dibentuk lensa untuk miopi harus jatuh di titik jauh mata.

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{-PR} = \frac{1}{f}$$

sehingga diperoleh jarak fokus lensa kacamata untuk mata miopi memenuhi persamaan

$$f = -PR \quad (6-3)$$

Persamaan (6-3) menunjukkan bahwa jarak fokus lensa kacamata adalah negatif dari titik jauh mata miopi. Tanda negatif menunjukkan bahwa keterbatasan pandang mata miopi perlu diatasi oleh kacamata berlensa negatif (cekung atau divergen).

Jika **Persamaan (6-3)** dimasukkan ke dalam **Persamaan (6-2)**, diperoleh

$$P = -\frac{1}{PR} \quad (6-4)$$

dengan PR dinyatakan dalam satuan m (meter) dan P dalam dioptri.

Contoh 6.1

Seseorang hanya mampu melihat benda dengan jelas paling jauh pada jarak 2 m dari matanya. Berapakah kekuatan lensa kacamata yang diperlukannya?

Jawab

Diketahui: titik jauh $PR = 2$ m.

maka sesuai dengan **Persamaan (6-4)**, kekuatan lensa kacamata adalah

$$P = -\frac{1}{PR} = -\frac{1}{2} \text{ dioptri}$$

Jelajah Fisika

Kacamata

Kacamata telah digunakan selama hampir 700 tahun. Kacamata yang paling dini memiliki sepasang lensa cembung dan dipakai oleh orang-orang yang menderita presbiopi atau rabun mata yang menyebabkan penderitanya tidak dapat melihat benda dengan jelas. Pada tahun 1784, Benjamin Franklin menciptakan kacamata bifokal yang lensa-lensanya terdiri atas dua bagian dan masing-masing memiliki jarak fokal yang berbeda.

Sumber: Jendela Iptek, 1997

b. Kacamata Berlensa Cembung untuk Hipermetropi

Karena hipermetropi tidak dapat melihat benda-benda dekat dengan jelas, lensa kacamata yang digunakannya haruslah lensa yang dapat membentuk bayangan benda-benda dekat tepat di titik dekat matanya. Benda-benda dekat yang dimaksud yang memiliki jarak 25 cm di depan mata. Oleh karena itu, lensa kacamata harus membentuk bayangan benda pada jarak $S = 25$ cm tepat di titik dekat (PP , *punctum proximum*) atau $S' = -PP$. Kembali tanda negatif diberikan pada S' karena bayangannya bersifat maya atau di depan lensa. Jika nilai S dan S' ini dimasukkan ke dalam **Persamaan (6-1)** dan **(6-2)**, diperoleh

$$P = \frac{1}{f} = 4 - \frac{1}{PP} \quad (6-5)$$

dengan PP dinyatakan dalam satuan meter (m) dan P dalam dioptri. Karena $PP > 0,25$ m, kekuatan lensa P akan selalu positif. Hal ini menunjukkan bahwa seseorang yang bermata hipermetropi perlu ditolong oleh kacamata berlensa positif (cembung atau konvergen).

Contoh 6.2

Seseorang menggunakan kacamata berkekuatan +2 dioptri agar dapat membaca seperti orang bermata normal. Berapa jauhkah letak benda terdekat ke matanya yang masih dapat dilihatnya dengan jelas?

Jawab

Letak benda terdekat ke mata yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata tidak lain adalah titik dekat atau *punctum proximum* (PP). Ambil jarak baca orang bermata normal 25 cm. Oleh karena orang tersebut menggunakan lensa positif atau lensa cembung maka sesuai dengan **Persamaan (6-5)**, diperoleh

$$P = 4 - \frac{1}{PP} \rightarrow 2 = 4 - \frac{1}{PP} \rightarrow \frac{1}{PP} = 2 \text{ dioptri}$$

sehingga diperoleh titik dekat mata orang tersebut adalah $PP = \frac{1}{2} \text{ m} = 50 \text{ cm}$.

c. Kacamata untuk Presbiopi dan Astigmatisma

Penderita presbiopi merupakan gabungan dari miopi dan hipermetropi. Oleh karena itu, kaca mata yang digunakannya haruslah berlensa rangkap atau bifokal, yakni lensa cekung pada bagian atas untuk melihat benda jauh dan lensa cembung pada bagian bawah untuk melihat benda-benda dekat. Sementara itu, astigmatisma dapat diatasi dengan menggunakan lensa silindris.

d. Lensa Kontak

Lensa kontak atau *contact lens* juga dapat digunakan untuk mengatasi cacat mata. Pada dasarnya lensa kontak adalah kacamata juga, hanya tidak menggunakan rangka, melainkan ditempelkan langsung ke kornea mata.



Sumber: he uman Bod Close p, 2000

Gambar 6.7

Lensa kontak pengganti kacamata

Soal Penguasaan Materi 6.1

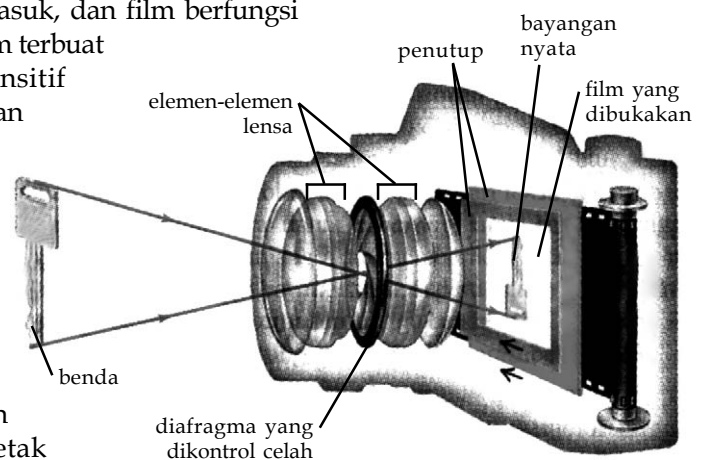
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Tuliskan bagian-bagian mata dan fungsinya.
2. Apa yang dimaksud dengan:
 - a. daya akomodasi,
 - b. titik dekat, dan
 - c. titik jauh?
3. Kapan mata dikatakan tanpa akomodasi atau akomodasi maksimum?
4. Seseorang tidak dapat melihat dengan jelas benda yang lebih jauh dari 50 cm. Tentukanlah:
 - a. jarak fokus, dan
 - b. kekuatan lensa kacamata yang diperlukannya.
5. Seorang pria membaca koran pada jarak 25 cm dari matanya sambil menggunakan kacamata 3 dioptri. Jika kacamata dilepas, pada jarak berapa koran itu paling dekat ke matanya agar ia dapat membacanya dengan jelas?

B Kamera

Kamera merupakan alat optik yang menyerupai mata. Elemen-elemen dasar lensa adalah sebuah 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 lensa. Film terbuat dari bahan yang mengandung zat kimia yang sensitif terhadap cahaya (berubah ketika cahaya mengenai bahan tersebut). Pada mata, ketiga elemen dasar ini menyerupai lensa mata (lensa cembung), iris (celah diafragma), dan retina (film).

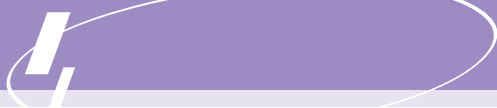
Prinsip kerja kamera secara umum sebagai berikut. Objek yang hendak difoto harus berada di depan lensa. Ketika diafragma dibuka, cahaya yang melewati objek masuk melalui celah diafragma menuju lensa mata. Lensa mata akan membentuk bayangan benda. Supaya bayangan benda tepat jatuh pada film dengan jelas maka letak lensa harus digeser-geser mendekati atau menjauhi film. Mengeser-geser lensa pada kamera, seperti mengatur jarak fokus lensa pada mata (akomodasi). Diagram pembentukan bayangan pada kamera ditunjukkan pada **Gambar 6.8**.



Sumber: Fisika niversitas, 2003

Gambar 6.8

Diagram pembentukan bayangan pada kamera.



Contoh 6.3

Jarak fokus lensa sebuah kamera adalah 50 mm. Kamera tersebut diatur untuk memfokuskan bayangan benda pada jauh tak terhingga. Berapa jauh lensa kamera harus digeser agar dapat memfokuskan bayangan benda yang terletak pada jarak 2,5 m?

Jawab

Ketika digunakan untuk memfokuskan benda yang letaknya jauh di tak terhingga, bayangan benda tersebut akan tepat berada di titik fokus lensa. Dengan kata lain, $s' = f = 50$ mm. Ketika jarak benda ke lensa, $s = 2,5$ m = 2.500 mm, bayangannya

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

$$\frac{1}{2.500 \text{ mm}} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{50 \text{ mm}}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{50 \text{ mm}} - \frac{1}{2.500 \text{ mm}}$$

$$= \frac{49}{2.500 \text{ mm}}$$

sehingga diperoleh

$$s' = \frac{2.500 \text{ mm}}{49} = 51,02 \text{ mm}$$

Dengan demikian, lensa harus digeser sejauh 51,02 mm - 50 mm = 1,02 mm.

Soal Penguasaan Materi 6.2

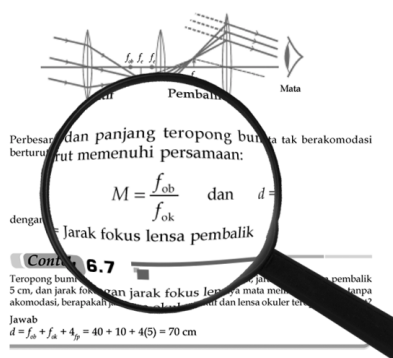
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Tuliskan elemen-elemen dasar lensa dan fungsinya.
2. Apa perbedaan antara lensa kamera dan lensa mata dalam hal memfokuskan bayangan?
3. Sebuah lensa kamera dengan jarak fokus 200 mm dapat diatur berada pada jarak 200 mm sampai dengan 206 mm dari film. Tentukan jangkauan jarak objek di depan kamera sehingga bayangannya tertangkap jelas oleh film?

C Lup

Lup atau kaca pembesar (atau sebagian orang menyebutnya suryakanta) adalah lensa cembung yang difungsikan untuk melihat benda-benda kecil sehingga tampak lebih jelas dan besar, seperti tampak pada **Gambar 6.9**. Penggunaan lup sebagai kaca pembesar bermula dari kenyataan bahwa objek yang ukurannya sama akan terlihat berbeda oleh mata ketika jaraknya ke mata berbeda. Semakin dekat ke mata, semakin besar objek tersebut dapat dilihat. Sebaliknya, semakin jauh ke mata, semakin kecil objek tersebut dapat dilihat. Sebagai contoh, sebuah pensil ketika dilihat pada jarak 25 cm akan tampak dua kali lebih besar daripada ketika dilihat pada jarak 50 cm. Hal ini terjadi karena sudut pandang mata terhadap objek yang berada pada jarak 25 cm dua kali dari objek yang berjarak 50 cm.

Meskipun jarak terdekat objek yang masih dapat dilihat dengan jelas adalah 25 cm (untuk mata normal), lup memungkinkan Anda untuk menempatkan objek lebih dekat dari 25 cm, bahkan harus lebih kecil daripada jarak fokus lup. Hal ini karena ketika Anda mengamati objek dengan menggunakan lup, yang Anda lihat adalah bayangan objek, bukan objek tersebut. Ketika objek lebih dekat ke mata, sudut pandangan mata akan



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Gambar 6.9

Lup digunakan untuk melihat objek-objek kecil agar tampak besar dan jelas.

menjadi lebih besar sehingga objek terlihat lebih besar. Perbandingan sudut pandangan mata ketika menggunakan lup dan sudut pandangan mata ketika tidak menggunakan lup disebut *perbesaran sudut lup*.

Untuk menentukan perbesaran sudut lup, perhatikan **Gambar 6.10**. Sudut pandangan mata ketika objek yang dilihat berada pada jarak S_n , yakni titik dekat mata, diperlihatkan pada **Gambar 6.10(a)**, sedangkan sudut pandangan mata ketika menggunakan lup diperlihatkan pada **Gambar 6.10(b)**. Perbesaran sudut lup secara matematis didefinisikan sebagai

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \quad (6-6)$$

Dari **Gambar 6.10** diperoleh bahwa

$$\tan \alpha = \frac{h}{S_n} \quad \text{dan} \quad \tan \beta = \frac{h}{S}$$

Untuk sudut-sudut yang sangat kecil berlaku

$$\alpha \cong \tan \alpha = \frac{h}{S_n} \quad \text{dan} \quad \beta \cong \tan \beta = \frac{h}{S}$$

Jika persamaan terakhir dimasukkan ke **Persamaan (6-6)**, perbesaran sudut lup dapat ditulis menjadi

$$M = \frac{S_n}{S} \quad (6-7)$$

dengan: S_n = titik dekat mata (25 cm untuk mata normal), dan
 S = letak objek di depan lup.

Perlu dicatat bahwa objek yang akan dilihat menggunakan lup harus diletakkan di depan lup pada jarak yang lebih kecil daripada jarak fokus lup atau $S \leq f$ (f = jarak fokus lup). Ketika objek diletakkan di titik fokus lup, $S = f$, bayangan yang dibentuk lup berada di tak terhingga, $S' = -\infty$. Ketika bayangan atau objek berada di tak terhingga, mata dalam keadaan tanpa akomodasi. Jika $S = f$ dimasukkan ke **Persamaan (6-7)**, diperoleh perbesaran sudut lup untuk mata tanpa akomodasi, yaitu

$$M = \frac{S_n}{f} \quad (6-8)$$

Persamaan (6-8) menunjukkan bahwa semakin kecil jarak fokus lup, semakin besar perbesaran sudut lup tersebut. Apabila mata berakomodasi maksimum mengamati bayangan dengan menggunakan lup, bayangan tersebut akan berada di titik dekat mata atau $S' = -S_n$ (tanda negatif karena bayangannya maya). Sesuai dengan **Persamaan (6-1)** diperoleh

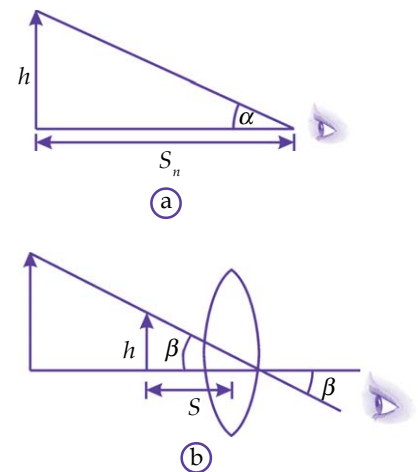
$$\frac{1}{S} + \frac{1}{-S_n} = \frac{1}{f} \quad \text{atau} \quad \frac{1}{S} = \frac{1}{f} + \frac{1}{S_n}$$

Berdasarkan hasil tersebut, **Persamaan (6-7)** menjadi

$$M = \frac{S_n}{S} = S_n \left(\frac{1}{S} \right) = S_n \left(\frac{1}{f} + \frac{1}{S_n} \right)$$

sehingga diperoleh perbesaran sudut ketika mata berakomodasi maksimum, yaitu

$$M = \frac{S_n}{f} + 1 \quad (8-9)$$



Gambar 6.10

Menentukan perbesaran lup
 (a) sudut pandang mata tanpa menggunakan lup.
 (b) saat menggunakan lup.

Kata Kunci

- Akomodasi maksimum
- Celah diafragma
- Kamera
- Lup
- Tanpa akomodasi



Contoh 6.4

Sebuah benda diletakkan di depan lup pada jarak 5 cm. Jika jarak titik fokus lup 5 cm, tentukanlah perbesaran sudut lup.

Jawab

Karena $S = f = 5$ cm, mata akan melihat bayangan dengan menggunakan lup tanpa akomodasi. Dengan demikian, perbesaran sudut lup adalah

$$M = \frac{S_n}{f} = \frac{25}{5} = 5 \text{ kali}$$

Soal Penguasaan Materi 6.3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- (a) Apa syaratnya agar bayangan yang dihasilkan lup dapat diamati oleh mata?
(b) Di manakah benda harus diletakkan di depan lup?
- Andi menggunakan lup yang jarak fokusnya 10 cm. Agar mendapatkan perbesaran maksimum, (a) pada jarak berapa benda ditempatkan di depan lup, dan (b) berapa perbesaran sudutnya? Anggap titik dekat mata Andi 25 cm.
- Sebuah lup memiliki perbesaran sudut 3 kali untuk mata normal tak berakomodasi. Berapa perbesaran sudut lup tersebut ketika digunakan oleh seseorang yang titik dekatnya (a) 50 cm dan (b) 15 cm dengan mata tak berakomodasi?

D Mikroskop



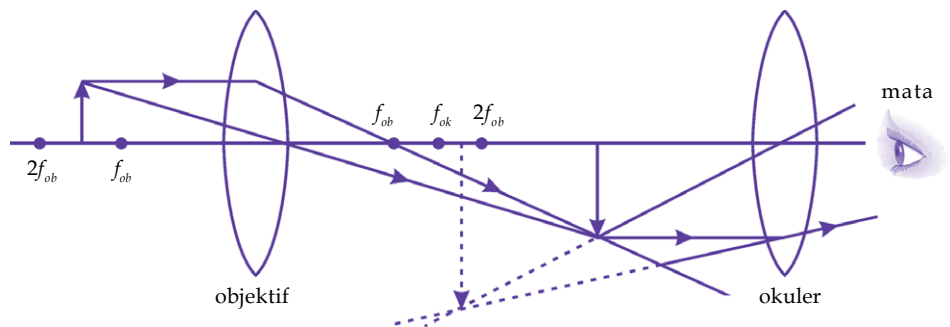
Sumber: www.a-microscope.on.ca

Gambar 6.11

Mikroskop digunakan dalam melihat benda-benda kecil yang sulit dilihat oleh mata.

Sebuah mikroskop terdiri atas susunan dua buah lensa positif. Lensa yang berhadapan langsung dengan objek yang diamati disebut lensa objektif. Sementara itu, lensa tempat mata mengamati bayangan disebut lensa okuler. Fungsi lensa okuler ini sama dengan lup. Salah satu bentuk sebuah mikroskop diperlihatkan pada **Gambar 6.11**.

Fungsi mikroskop mirip dengan lup, yakni untuk melihat objek-objek kecil. Akan tetapi, mikroskop dapat digunakan untuk melihat objek yang jauh lebih kecil lagi karena perbesaran yang dihasilkannya lebih berlipat ganda dibandingkan dengan lup. Pada mikroskop, objek yang akan diamati harus diletakkan di depan lensa objektif pada jarak antara f_{ob} dan $2f_{ob}$ sehingga bayangannya akan terbentuk pada jarak lebih besar dari $2f_{ob}$ di belakang lensa objektif dengan sifat nyata dan terbalik. Bayangan pada lensa objektif dipandang sebagai objek oleh lensa okuler dan terbentuklah bayangan pada lensa okuler. Agar bayangan pada lensa okuler dapat dilihat atau diamati oleh mata, bayangan ini harus berada di depan lensa okuler dan bersifat maya. Hal ini dapat terjadi jika bayangan pada lensa objektif jatuh pada jarak kurang dari f_{ok} dari lensa okuler. Proses terbentuknya bayangan pada mikroskop, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 6.12**. Pada **Gambar 6.12** terlihat bahwa bayangan akhir yang dibentuk oleh mikroskop bersifat maya, terbalik, dan diperbesar.



Gambar 6.12

Diagram pembentukan bayangan pada mikroskop.

Jarak antara lensa objektif dan lensa okuler menentukan panjang pendeknya sebuah mikroskop. Seperti dapat Anda lihat pada **Gambar 6.12**, panjang mikroskop atau jarak antara lensa objektif dan lensa okuler sama dengan jarak bayangan objektif ke lensa objektif ditambah jarak bayangan objektif tadi ke lensa okuler atau secara matematis dituliskan

$$d = S'_{ob} + S_{ok} \quad (6-10)$$

dengan: d = panjang mikroskop,

S'_{ob} = jarak bayangan lensa objektif ke lensa objektif, dan

S_{ok} = jarak bayangan objektif ke lensa okuler.

Perbesaran total yang dihasilkan mikroskop merupakan perkalian antara perbesaran yang dihasilkan oleh lensa objektif dan perbesaran sudut yang dihasilkan oleh lensa okuler. Secara matematis, perbesaran total yang dihasilkan mikroskop ditulis sebagai berikut.

$$M = M_{ob} \times M_{ok} \quad (6-11)$$

dengan: M = perbesaran total yang dihasilkan mikroskop,

M_{ob} = perbesaran yang dihasilkan lensa objektif, dan

M_{ok} = perbesaran sudut yang dihasilkan lensa okuler.

Perbesaran yang dihasilkan oleh lensa objektif memenuhi

$$M_{ok} = \frac{S_n}{f_{ok}} \quad (6-12)$$

sedangkan perbesaran sudut yang dihasilkan lensa okuler mirip dengan perbesaran sudut lup, yakni, untuk pengamatan tanpa akomodasi

$$M_{ob} = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \quad (6-13)$$

dan untuk pengamatan dengan berakomodasi maksimum

$$M_{ok} = \frac{S_n}{f_{ok}} + 1 \quad (6-14)$$

dengan f_{ok} = panjang fokus lensa okuler.

Contoh 6.5

Sebuah mikroskop memiliki jarak fokus lensa objektif dan lensa okuler masing-masing 10 mm dan 5 cm. Sebuah benda ditempatkan 11 mm di depan lensa objektif. Tentukan perbesaran mikroskop pada pengamatan: (a) tanpa akomodasi, (b) berakomodasi maksimum, dan (c) berakomodasi pada jarak 50 cm.

Jawab

Diketahui: $f_{ob} = 10$ mm, $f_{ok} = 5$ cm, $S_{ob} = 11$ mm, dan $S_n = 25$ cm

Jarak bayangan oleh lensa objektif

$$\frac{1}{S'_{ob}} = \frac{1}{f_{ob}} - \frac{1}{S_{ob}} \rightarrow = \frac{1}{10 \text{ mm}} - \frac{1}{11 \text{ mm}} = \frac{1}{110 \text{ mm}}$$

sehingga diperoleh $S'_{ob} = 110$ mm. Dengan demikian, perbesaran yang dihasilkan oleh lensa objektif adalah

$$M_{ob} = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} = \frac{110 \text{ mm}}{11 \text{ mm}} = 10 \text{ kali}$$

Selanjutnya, perbesaran sudut yang dihasilkan oleh lensa okuler

- pada pengamatan tanpa akomodasi

$$M_{ok} = \frac{S_n}{f_{ok}} = \frac{25 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 5 \text{ kali}$$

Solusi Cerdas

Sebuah mikroskop memiliki panjang tabung 21,4 cm, fokus objektif 4 mm, fokus okuler 5 mm. Untuk mendapatkan bayangan yang jelas dengan mata tanpa akomodasi maka terhadap objektif benda harus berada pada jarak ... cm.

- 40
- 41,4
- 42,4
- 44,4
- 46,4

Penyelesaian

Diketahui: $f_{ok} = 5$ mm,

$f_{ob} = 4$ mm, dan

$\ell = 21,4$ cm.

Perbesaran bayangan bagi lensa okuler untuk mata berakomodasi adalah

$$M_{ok} = \frac{PP}{F_{ok}}$$

dengan PP =

punctum

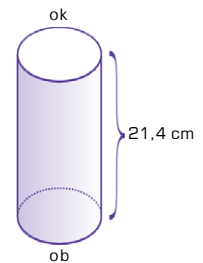
pro imum, yakni titik dekat

mata = 25 cm. Benda harus

berjarak 25 cm dari okuler dan $(25 + 21,4)$ cm = 46,4 cm.

Jawab: e

Sipemaru 1994



Kata Kunci

- Mikroskop
- Lensa objektif
- Lensa okuler
- Panjang mikroskop



- pada pengamatan dengan berakomodasi maksimum

$$M_{ok} = \frac{S_n}{f_{ok}} + 1 = \frac{25 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} + 1 = 6 \text{ kali}$$

- pada pengamatan dengan berakomodasi pada jarak 50 cm, yakni $S'_{ok} = 50 \text{ cm}$,

$$\frac{1}{S_{ok}} = \frac{1}{f_{ok}} - \frac{1}{S'_{ok}} = \frac{1}{5 \text{ cm}} - \frac{1}{-50 \text{ cm}} = \frac{11}{50 \text{ cm}}$$

sehingga [lihat kembali **Persamaan (6-7)**]

$$M_{ok} = \frac{S_n}{S_{ok}} = S_n \left(\frac{1}{S_{ok}} \right) = 25 \text{ cm} \times \frac{11}{50 \text{ cm}} = 5,5 \text{ kali}$$

Dengan demikian, perbesaran total mikroskop

- (a) pada pengamatan tanpa akomodasi,

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = 10 \times 5 = 50 \text{ kali}$$

- (b) pada pengamatan dengan mata berakomodasi maksimum,

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = 10 \times 6 = 60 \text{ kali}$$

- (c) pada pengamatan dengan berakomodasi pada jarak 50 cm,

$$M = M_{ob} \times M_{ok} = 10 \times 5,5 = 55 \text{ kali}$$

Soal Penguasaan Materi 6.4

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Mana yang sebaiknya lebih besar, jarak fokus objektif atau jarak fokus okuler? Mengapa demikian? Tuliskan alasan Anda.
2. Sebuah benda diletakkan pada jarak 4,1 mm di depan lensa objektif yang jarak fokusnya 4,0 mm. Jika perbesaran okuler 10 kali, berapakah perbesaran yang dihasilkan mikroskop?
3. Seseorang mengamati objek yang berjarak 5 cm di depan lensa objektif dengan mata tanpa akomodasi. Jarak fokus lensa objektif = 4 cm dan jarak fokus lensa okuler = 10 cm. Agar orang tersebut dapat melihat objek dengan perbesaran maksimum, berapakah jauh lensa okuler harus digeser? Ke mana arah geserannya?
4. Jarak fokus lensa objektif dan lensa okuler sebuah mikroskop adalah 2 cm dan 10 cm. Sebuah benda diletakkan pada jarak 2,1 cm di depan lensa objektif. Tentukanlah: (a) perbesaran tanpa akomodasi dan berakomodasi maksimum (b) panjang mikroskop untuk pengamatan tanpa akomodasi dan berakomodasi maksimum.

E Teropong

Anda tentu pernah melihat bintang. Pada malam hari, terutama ketika sinar bulan tidak terlalu terang, bintang-bintang di langit akan terlihat sangat banyak. Akan tetapi bintang-bintang tersebut terlihat sangat kecil, meskipun aslinya sangat besar, bahkan mungkin lebih besar dari bulan yang Anda lihat. Lalu, apa yang digunakan untuk mengamati benda-benda tersebut agar tampak jelas dan dekat?

Teropong atau teleskop merupakan alat optik yang digunakan untuk melihat objek-objek yang sangat jauh agar tampak lebih dekat dan jelas. Benda-benda langit, seperti bulan, planet, dan bintang dapat diamati dengan bantuan teropong. Dengan adanya teropong, banyak hal-hal yang berkaitan dengan luar angkasa telah ditemukan. Bagaimana proses terlihatnya bintang menggunakan teropong? Dan tahukah Anda jenis-jenis teropong yang digunakan untuk melihat benda jauh?

Secara umum ada dua jenis teropong, yaitu teropong bias dan teropong pantul. Perbedaan antara keduanya terletak pada objektifnya. Pada teropong bias, objektifnya menggunakan lensa, yakni lensa objektif, sedangkan pada teropong pantul objektifnya menggunakan cermin.



Sumber: www.eurocosm.com

Gambar 6.13

Contoh teropong

1. Teropong Bintang

Teropong bintang menggunakan dua lensa cembung, masing-masing sebagai lensa objektif dan lensa okuler dengan jarak fokus objektif lebih besar daripada jarak fokus okuler ($f_{ob} > f_{ok}$). Diagram sinar pembentukan bayangan pada teropong untuk mata tak terakomodasi sebagai berikut:

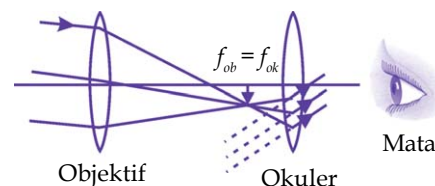
Perbesaran sudut dan panjang teropong bintang memenuhi persamaan-persamaan sebagai berikut:

(1) Untuk mata tak terakomodasi

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + f_{ok} \quad (6-15)$$

(2) Untuk mata berakomodasi maksimum ($S'_{ok} = -S_n$)

$$M = \frac{f_{ob}}{S_{ok}} \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + S_{ok} \quad (6-16)$$



Gambar 6.14
Pembentukan bayangan menggunakan teropong bintang.

Contoh 6.6

Sebuah teropong bintang memiliki lensa objektif dengan jarak fokus 150 cm dan lensa okuler dengan jarak fokus 30 cm. Teropong bintang tersebut dipakai untuk melihat benda-benda langit dengan mata tak berakomodasi. Tentukanlah (a) perbesaran teropong dan (b) panjang teropong.

Jawab

Diketahui: jarak fokus objektif $f_{ob} = 150$ cm dan jarak fokus okuler $f_{ok} = 30$ cm.

a. Perbesaran teropong untuk mata tak berakomodasi

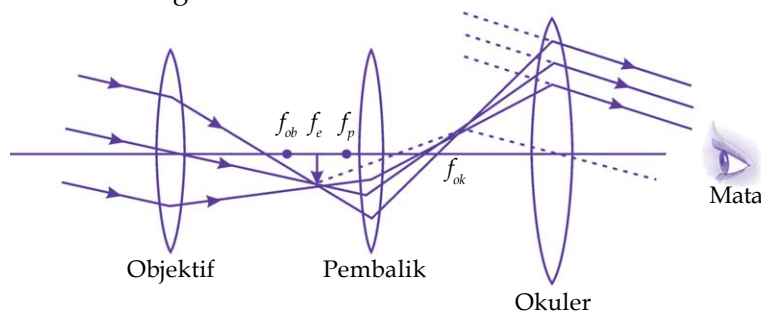
$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} = \frac{150}{30} = 5 \text{ kali}$$

b. Panjang teropong untuk mata tak berakomodasi

$$d = f_{ob} + f_{ok} = 150 + 30 = 180 \text{ cm}$$

2. Teropong Bumi

Teropong bumi menggunakan tiga jenis lensa cembung. Lensa yang berada di antara lensa objektif dan lensa okuler berfungsi sebagai lensa pembalik, yakni untuk pembalik bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif. Diagram sinar pembentukan bayangan pada teropong bumi mata tak berakomodasi sebagai berikut:



Perbesaran dan panjang teropong bumi untuk mata tak berakomodasi berturut-turut memenuhi persamaan:

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + f_{ok} + 4f_p \quad (6-17)$$

dengan f_p = jarak fokus lensa pembalik.

Solusi Cerdas

Teropong bintang memiliki perbesaran angular 10 kali. Jika jarak titik api objektifnya 50 cm, panjang teropong adalah

- 5 cm
- 32 cm
- 45 cm
- 50 cm
- 55 cm

Penyelesaian

Diketahui: $M = 10$ kali, dan $F_{ob} = 50$ cm

$$= \frac{F_{ob}}{F_{ok}}$$

$$10 = \frac{50 \text{ cm}}{F_{ok}}$$

$$F_{ok} = 5 \text{ cm}$$

Panjang teropong

$$d_{ok} + d_{ob} = (50 \text{ cm} + 5 \text{ cm}) = 55 \text{ cm}$$

Jawab: e

Ebtanas 1989

Gambar 6.15

Pembentukan bayangan menggunakan teropong Bumi.



Contoh 6.7

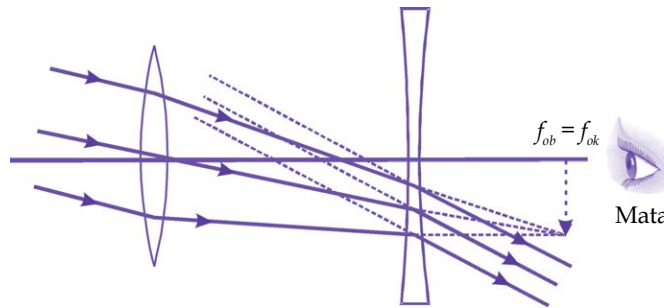
Teropong bumi dengan jarak fokus lensa objektif 40 cm, jarak fokus lensa pembalik 5 cm, dan jarak fokus lensa okulernya 10 cm. Supaya mata melihat bayangan tanpa akomodasi, berapakah jarak antara lensa objektif dan lensa okuler teropong tersebut?

Jawab

$$d = f_{ob} + f_{ok} + 4f_p = 40 \text{ cm} + 10 \text{ cm} + 4(5 \text{ cm}) = 70 \text{ cm}$$

3. Teropong Panggung

Teropong panggung atau teropong Galileo menggunakan sebuah lensa cembung sebagai objektif dan sebuah lensa cekung sebagai okuler. Diagram sinar pembentukan bayangan pada teropong panggung sebagai berikut:



Gambar 6.16

Pembentukan bayangan pada teropong panggung.

Perbesaran dan panjang teropong panggung untuk mata tak berakomodasi berturut-turut memenuhi persamaan:

$$M = \left| \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \right| \quad \text{dan} \quad d = f_{ob} + f_{ok} \quad (6-18)$$

Oleh karena lensa okulernya adalah lensa cekung maka f_{ok} bertanda negatif.

Contoh 6.8

Sebuah teropong panggung dipakai untuk melihat bintang yang menghasilkan perbesaran 6 kali. Jarak lensa objektif dan okulernya 30 cm. Teropong tersebut digunakan dengan mata tak berakomodasi. Tentukanlah jarak fokus lensa okulernya.

Jawab

$M = 6$ kali dan $d = 30$ cm. Misalkan, $f_{ok} = -a$ (lensa cekungnya)

$$\bullet \quad M = \left| \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \right| = 6 \rightarrow f_{ob} = 6|f_{ok}| = 6a$$

$$\bullet \quad d = f_{ob} + f_{ok} \rightarrow 30 = 6a - a = 5a \rightarrow a = 6 \text{ cm} \rightarrow f_{ok} = -6 \text{ cm}$$

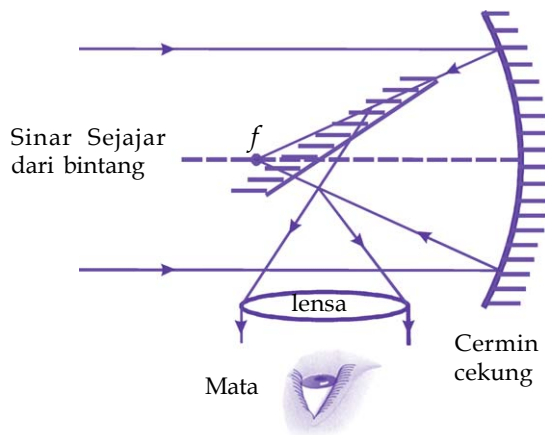
Dengan demikian, jarak fokus lensa okulernya adalah 6 cm.

4. Teropong Pantul

Teropong pantul tersusun atas beberapa cermin dan lensa. Teropong jenis ini menggunakan cermin cekung besar sebagai objektif untuk memantulkan cahaya, cermin datar kecil yang diletakkan sedikit di depan titik fokus cermin cekung F , dan sebuah lensa cembung yang berfungsi sebagai okuler.

Kata Kunci

- Teropong Bintang
- Teropong Bumi
- Teropong panggung
- Teropong pantul



Gambar 6.17

Pembentukan bayangan pada teropong pantul.

Kerjakanlah

Carilah alat-alat optik lainnya yang Anda ketahui dan tidak dibahas dalam buku ini. Buatlah penjelasan mengenai pembentukan bayangannya. Laporkan hasilnya kepada guru Anda dan persentasikan di depan kelas.

Rangkuman

- Bagian-bagian mata** iris, pupil, lensa, kornea, aqueous humor, dan retina.
- Cacat mata** di antaranya emetropi (mata normal), miopi (rabun jauh), hipermetropi (rabun dekat), presbiopi (rabun tua), dan astigmatisme.
- Kacamata** merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengatasi cacat mata.
- Rumus **kacamata berlensa cekung untuk miopi**

$$f = -PR$$

$$P = -\frac{1}{PR}$$
- Rumus **kacamata berlensa cembung untuk hipermetropi**

$$P = \frac{1}{f} = 4 - \frac{1}{PP}$$
- Kamera** merupakan alat optik yang menyerupai mata. Elemen-elemen dasar lensa adalah sebuah lensa cembung, celah diafragma, dan film (pelat sensitif).
- Lup** atau kaca pembesar (atau sebagian orang menyebutnya suryakanta) adalah lensa cembung yang difungsikan untuk melihat benda-benda kecil sehingga tampak lebih jelas dan besar.
- Rumus **perbesaran sudut lup untuk mata tanpa akomodasi**

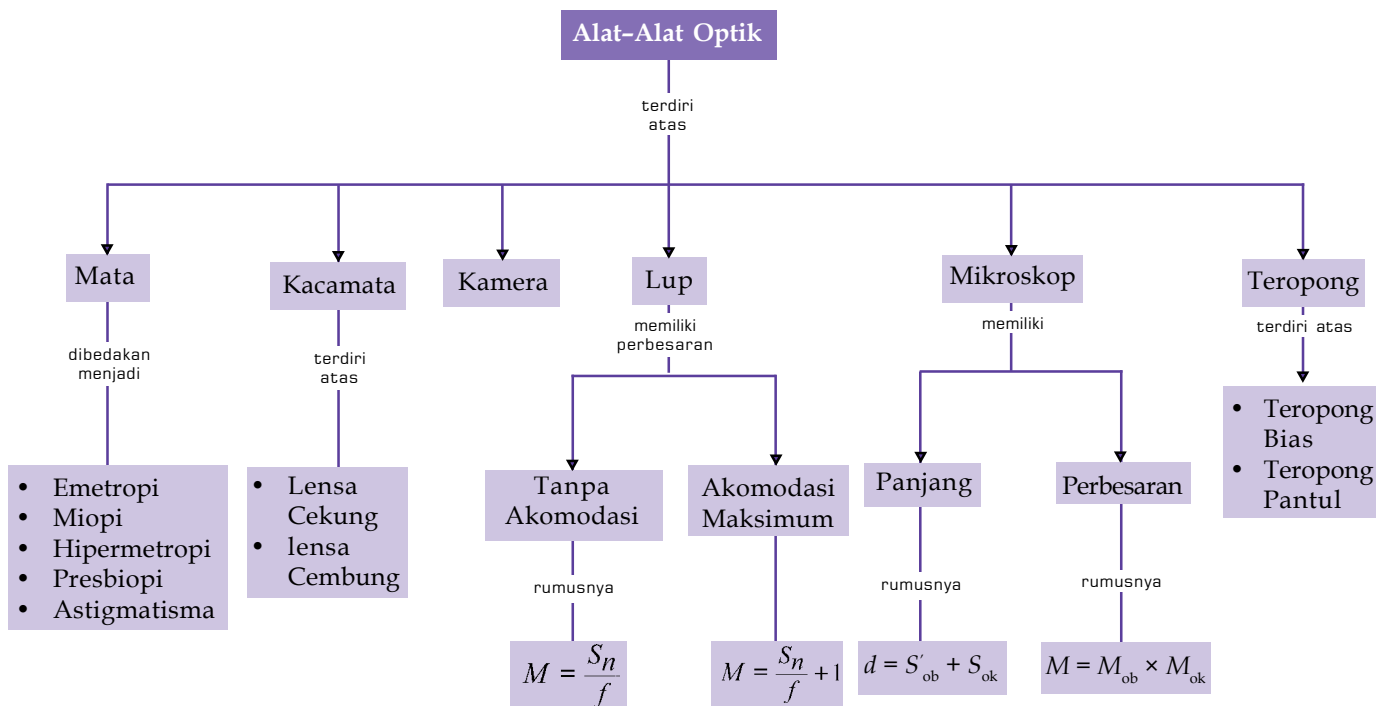
$$M = \frac{S_n}{f}$$
- Rumus **perbesaran sudut ketika mata berakomodasi maksimum**

$$M = \frac{S_n}{f} + 1$$
- Mikroskop** memiliki dua buah lensa, yaitu lensa objektif dan lensa okuler.
- Rumus **panjang mikroskop**

$$d = S'_{ob} + S_{ok}$$
- Rumus **perbesaran mikroskop**

$$M = M_{ob} \times M_{ok}$$
- Teropong atau teleskop** merupakan alat optik yang digunakan untuk melihat objek-objek yang sangat jauh agar tampak lebih dekat dan lebih jelas.
- Secara umum ada dua jenis teropong, yaitu **teropong bias** dan **teropong pantul**. Perbedaan antara keduanya terletak pada objektifnya. Pada teropong bias, objektifnya menggunakan lensa, yakni lensa objektif, sedangkan pada teropong pantul objektifnya menggunakan cermin.

Peta Konsep



Kaji Diri

Setelah mempelajari bab Alat-Alat Optik, Anda dapat menganalisis alat-alat optik secara kuantitatif serta menerapkan alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari. Jika Anda belum mampu menganalisis alat-alat optik secara kuantitatif serta menerapkan alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari, Anda belum menguasai materi bab Alat-Alat

Optik dengan baik. Rumuskan materi yang belum Anda pahami, lalu cobalah Anda tuliskan kata-kata kunci tanpa melihat kata kunci yang telah ada dan tuliskan pula rangkuman serta peta konsep berdasarkan versi Anda. Jika perlu, diskusikan dengan teman-teman atau guru Fisika Anda.

Evaluasi Materi Bab 6

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

1. Bagian mata yang tepat berada di belakang kornea dan berfungsi untuk membiaskan cahaya yang masuk ke mata adalah
 - a. aqueous humor
 - b. lensa mata
 - c. iris
 - d. pupil
 - e. retina
2. Mata dapat melihat sebuah benda apabila terbentuk bayangan
 - a. sejati, tegak di retina
 - b. sejati, terbalik di retina
 - c. maya, tegak di retina
 - d. maya, terbalik di retina
 - e. maya, tegak di lensa mata
3. Ketika mata melihat benda dengan berakomodasi sekuat-kuatnya, berarti letak benda di depan mata
 - a. lebih besar dari titik dekat mata
 - b. tepat pada titik dekat mata
 - c. antara titik dekat mata dan titik jauh mata
 - d. tepat pada titik jauh mata
 - e. pada sembarang jarak
4. Seseorang yang cacat mata miopi tidak mampu melihat dengan jelas benda yang terletak lebih dari 50 cm dari matanya. Kacamata yang dibutuhkan untuk melihat benda jauh harus memiliki kekuatan lensa sebesar
 - a. -5 dioptri
 - b. +4 dioptri
 - c. -4 dioptri
 - d. +2 dioptri
 - e. -2 dioptri
5. Seorang anak rabun jauh mula-mula menggunakan kacamata berkekuatan $-16\frac{2}{3}$ dioptri. Ketika diperiksa lagi ke dokter, ternyata dokter menyarankan agar anak tersebut mengganti kacamata dengan kacamata berkekuatan -1 dioptri. Hal ini berarti
 - a. titik jauh anak tersebut bergeser sejauh 150 cm
 - b. titik dekat anak tersebut bergeser sejauh 150 cm
 - c. titik jauh anak tersebut bergeser sejauh 100 cm
 - d. titik dekat anak tersebut bergeser sejauh 50 cm
 - e. titik jauh anak tersebut bergeser sejauh 50 cm
6. Titik dekat mata seorang siswa terletak pada jarak 120 cm di depan mata. Untuk melihat dengan jelas suatu benda yang berjarak 30 cm di depan mata, kekuatan lensa kacamata yang harus dipakai adalah
 - a. -5 dioptri
 - b. -4,16 dioptri
 - c. -2,5 dioptri
 - d. 2,5 dioptri
 - e. 4,16 dioptri
7. Seorang pria yang menggunakan lensa dengan kekuatan 3 dioptri harus memegang surat kabar paling dekat 25 cm di depan matanya supaya dapat membaca dengan jelas. Jika pria tersebut melepas kacamata dan tetap ingin membaca surat kabar dengan jelas, jarak terdekat surat kabar ke matanya adalah
 - a. 50 cm
 - b. 75 cm
 - c. 100 cm
 - d. 150 cm
 - e. 200 cm
8. Seorang penderita presbiopi dengan titik dekat 40 cm, ingin membaca pada jarak normal (25 cm). Kacamata yang dipakai harus memiliki ukuran
 - a. 0,15 dioptri
 - b. 0,65 dioptri
 - c. 1,5 dioptri
 - d. 6,6 dioptri
 - e. 15 dioptri
9. Seseorang yang menderita rabun dekat meletakkan sebuah cermin cembung di depan matanya. Jarak terdekatnya terhadap cermin adalah 20 cm sehingga masih dapat melihat bayangannya dengan jelas. Jika jarak titik fokus cermin tersebut 15 cm, titik dekat orang tersebut adalah
 - a. 20 cm
 - b. 23,6 cm
 - c. 28,6 cm
 - d. 33,6 cm
 - e. 60 cm
10. Pengaturan awal sebuah kamera adalah benda berada pada jarak sangat jauh (tak terhingga). Berapa jauh sebuah lensa kamera yang jarak fokusnya 50 mm harus digeser dari pengaturan awalnya supaya dapat memfokuskan secara tajam suatu benda yang berjarak 3,0 m di depan lensa?
 - a. 0,85 mm
 - b. 0,98 mm
 - c. 1,05 mm
 - d. 8,5 mm
 - e. 50,8 mm
11. Sebuah lup memiliki jarak fokus 5 cm, dipakai melihat sebuah benda kecil yang berjarak 5 cm dari lup. Perbesaran anguler lup tersebut adalah
 - a. 2 kali
 - b. 4 kali
 - c. $4\frac{1}{6}$ kali
 - d. 5 kali
 - e. $6\frac{1}{4}$ kali
12. Seorang siswa berpenglihatan normal (jarak baca minimumnya 25 cm) mengamati benda kecil melalui



- lup dengan berakomodasi maksimum. Jika benda tersebut berada 10 cm di depan lup maka
- (1) jarak fokus lensa lup adalah $16\frac{2}{3}$ cm
 - (2) kekuatan lensa lup adalah 6 dioptri
 - (3) perbesaran bayangan yang terjadi 2,5 kali
 - (4) perbesaran bayangan jadi dua kali dibandingkan dengan pengamatan tanpa berakomodasi
- Pernyataan tersebut yang benar adalah
- a. 1, 2, dan 3
 - b. 1 dan 3
 - c. 2 dan 4
 - d. 4 saja
 - e. semua benar
13. Titik dekat mata seseorang adalah 25 cm. Orang tersebut menggunakan lup 20 dioptri untuk mengamati objek kecil dengan cara berakomodasi pada jarak 50 cm. Perbesaran lup sama dengan
- a. 4 kali
 - b. 5 kali
 - c. 5,5 kali
 - d. 6 kali
 - e. 6,5 kali
14. Seseorang yang memiliki jarak titik dekat 20 cm, menggunakan lup 20 dioptri dengan berakomodasi maksimum. Jika diukur dari lup maka objek yang diamati harus berjarak
- a. 3,33 cm
 - b. 3,67 cm
 - c. 4 cm
 - d. 5 cm
 - e. 6,67 cm
15. Seseorang bermata normal yang memiliki titik dekat 25 cm mengamati benda dengan lup. Jarak antara mata dan lup 5 cm. Ternyata, mata berakomodasi maksimum sehingga lup menghasilkan perbesaran sudut 5 kali maka jarak benda di depan lup adalah
- a. 4 cm
 - b. 4,16 cm
 - c. 4,5 cm
 - d. 5 cm
 - e. 5,25 cm
16. Pernyataan-pernyataan berikut tentang mikroskop yang tidak benar adalah
- a. jarak fokus lensa objektifnya lebih kecil daripada jarak fokus lensa okuler
 - b. Benda yang diamati ditempatkan di ruang II lensa objektif
 - c. bayangan yang dibentuk lensa objektif bersifat nyata, diperbesar, terbalik dari bendanya
 - d. jarak antara lensa objektif dan lensa okuler sama atau lebih kecil dari jumlah jarak fokus objektif dan okuler
 - e. bayangan akhir yang terjadi adalah maya, tegak, dan diperbesar
17. Perbesaran lensa okuler dari sebuah mikroskop adalah 20 kali. Jarak fokus objektif dan okulernya masing-masing 4 mm dan 2 cm. Jika sebuah benda berada pada jarak 4,2 mm di depan lensa objektif, perbesaran total mikroskop adalah
- a. 80 kali
 - b. 400 kali
 - c. 160 kali
 - d. 320 kali
 - e. 400 kali
18. Jarak lensa objektif dan lensa okuler dari sebuah mikroskop untuk mata tak berakomodasi adalah 12 cm. Jika jarak fokus lensa objektif dan lensa okuler masing-masing 1,6 cm dan 4 cm, objek ditempatkan didepan lensa objektif sejauh
- a. 1,2 cm
 - b. 1,8 cm
 - c. 20 cm
 - d. 2,4 cm
 - e. 4 cm
19. Objektif sebuah mikroskop berupa lensa cembung dengan jarak fokus f . Benda yang diteliti dengan mikroskop itu harus ditempatkan di bawah objektif pada jarak yang
- a. lebih kecil daripada f
 - b. semua dengan f
 - c. terletak antara f dan $2f$
 - d. sama dengan $2f$
 - e. lebih besar dari $2f$
20. Sebuah mikroskop mempunyai jarak fokus objektif 2 mm dan jarak fokus okuler 5 cm. Sebuah benda ditempatkan 2,2 mm di depan lensa objektif. Untuk mendapatkan perbesaran yang maksimum, maka jarak lensa objektif ke lensa okuler haruslah
- a. 4,6 cm
 - b. 5,2 cm
 - c. 6,4 cm
 - d. 7,2 cm
 - e. 8,4 cm
21. Sebuah mikroskop jarak fokus okulernya 2,5 cm dan jarak fokus objektifnya 0,9 cm, digunakan oleh mata normal ($S_n = 5$ cm) tanpa berakomodasi dan ternyata perbesarannya 90 kali. Berarti jarak objek terhadap lensa adalah
- a. 1 cm
 - b. 1,2 cm
 - c. 1,5 cm
 - d. 2 cm
 - e. 2,5 cm
22. Seseorang melihat preparat yang berjarak 6 cm di muka objektif yang berfokus 4 cm dari suatu mikroskop tanpa akomodasi. Jika jarak fokus okulernya 10 cm, maka agar orang tersebut dapat melihat preparat dengan perbesaran maksimum, lensa okuler harus digeser

- a. $2\frac{6}{7}$ cm menjauhi objektif
 - b. $2\frac{6}{7}$ cm mendekati objektif
 - c. $2\frac{3}{7}$ cm menjauhi objektif
 - d. $2\frac{1}{7}$ cm mendekati objektif
 - e. $2\frac{1}{7}$ cm menjauhi objektif
23. Teropong bintang memiliki jarak fokus objektif 4 m dan jarak fokus okulernya 4 cm. Perbesaran sudut yang dihasilkan untuk mata yang tak berakomodasi adalah
- a. 10 kali
 - b. 40 kali
 - c. 50 kali
 - d. 100 kali
 - e. 400 kali
24. Seseorang mengamati gerhana matahari dengan teropong bintang yang jarak fokus objektif dan okulernya masing-masing 60 cm dan 4 cm. Jika sudut diameter matahari dilihat dengan mata telanjang, sudut diameter matahari dilihat dengan teropong adalah
- a. $7,5^\circ$
 - b. 10°
 - c. $1,5^\circ$
 - d. 15°
 - e. 20°
25. Jarak titik api lensa objektif dan okuler dari teropong bintang berturut-turut 150 cm dan 10 cm. Jika teropong dipakai oleh mata normal dengan berakomodasi maksimum, panjang teropong adalah
- a. 140 cm
 - b. 158 cm
 - c. 160 cm
 - d. 166 cm
 - e. 180 cm
26. Sebuah teropong bintang dipakai untuk melihat benda langit yang menghasilkan perbesaran 6 kali. Jarak lensa objektif terhadap okuler 35 cm. Teropong ini digunakan dengan mata tak berakomodasi. Jarak fokus okulernya adalah

- a. 3,5 cm
- b. 5 cm
- c. 7 cm
- d. 10 cm
- e. 30 cm

27. Alat optik yang mempergunakan tiga buah lensa cembung adalah
- a. mikroskop
 - b. teropong Bintang
 - c. teropong Bumi
 - d. teropong panggung
 - e. teropong pantul
28. Jika jarak fokus lensa objektif, lensa pembalik, dan lensa okulernya dari sebuah teropong bumi berturut-turut 15 cm, 5 cm, dan 5 cm, panjang tabung dari teropong bumi tersebut untuk mata tak berakomodasi adalah
- a. 25 cm
 - b. 30 cm
 - c. 35 cm
 - d. 40 cm
 - e. 60 cm

29. Perhatikan tabel berikut ini.

No	Alat Optik	Lensa Objektif	Lensa Okuler	Keterangan
1.	Mikroskop	+	+	$f_{ok} < f_{ob}$
2.	Teropong Bintang	+	+	$f_{ok} < f_{ob}$
3.	Teropong panggung	+	-	
4.	Teropong Bumi	+	+	Lensa pembalik (+)

Dari tabel tersebut, pernyataan yang benar adalah

- a. 1, 2, dan 3
 - b. 1 dan 3
 - c. 2 dan 4
 - d. 4 saja
 - e. semua benar
30. Sebuah teropong panggung memiliki lensa objektif dengan jarak fokus 120 cm. Jika perbesaran teropong untuk mata tak berakomodasi adalah 15 kali, panjang teropong adalah
- a. 112 cm
 - b. 120 cm
 - c. 128 cm
 - d. 135 cm
 - e. 160 cm

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

1. Dua buah lensa yang jaraknya mempunyai jarak titik fokusnya masing-masing 1 cm dan 5 cm disusun membentuk mikroskop majemuk jika sebuah benda diletakkan 1,1 cm di depan lensa pertama dan mata berakomodasi maksimum, berapakah jarak kedua lensa tersebut?
2. Titik dekat mata seseorang 200 cm di depan mata. Agar orang tersebut dapat melihat pada jarak 25 cm, tentukanlah kekuatan lensa yang harus digunakannya.
3. Sebuah mikroskop mempunyai jarak fokus objektif 9 mm dan jarak fokus okulernya 5 cm. Sebuah benda ditempatkan pada 10 mm didepan objektifnya dan jarak antara lensa objektif ke lensa okulernya 12 cm.



- a. Tentukan perbesaran mikroskop.
- b. Agar mata tak berakomodasi, berapa jauh lensa okulernya harus digeser? Mendekati atau menjauhi objektif?
4. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis cacat pada mata.
5. Teropong bintang mempunyai kekuatan lensa objektif dan okuler masing-masing 0,5 dioptri. Tentukan perbesaran yang dihasilkan jika
 - a. mata tak berakomodasi, dan
 - b. mata berakomodasi maksimum.
6. Jarak titik fokus objektif dan okuler sebuah mikroskop berturut-turut adalah 1,8 cm dan 6 cm. Diketahui jarak antara lensa objektif dan lensa okuler mikroskop tersebut adalah 24 cm dan digunakan dalam pengamatan mikroorganisme. Tentukan jarak mikroorganisme dari lensa objektif mikroskop.
7. Sebuah teropong bintang digunakan untuk melihat sebuah benda angkasa. Jarak antara lensa objektif dan lensa okuler 130 cm. Jika si peninjau adalah seorang emetrop dengan *punctum proximum* 25 cm yang berakomodasi maksimum, tentukanlah daya perbesarannya jika mata tidak berakomodasi.
8. Panjang fokus lensa objektif dan lensa okuler sebuah mikroskop berturut-turut adalah 10 cm dan 5 cm. Jika jarak antara lensa objektif dan lensa okuler mata tidak berakomodasi adalah 35 cm, tentukanlah perbesaran total mikroskop tersebut.
9. Apa perbedaan mikroskop, teropong bintang, dan teropong Bumi tentang
 - a. kekuatan lensa yang dipergunakan,
 - b. sifat bayangan akhir yang dibentuk?
10. Tentukan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif.

