

B. Indra Penglihatan Manusia dan Hewan

Ayo, Kita Pelajari



- Indra penglihatan manusia dan gangguannya
- Indra penglihatan hewan



Istilah Penting

- Kornea
- Pupil
- Iris
- Lensa mata
- Retina
- Hipermetropi
- Miopi
- Presbiopi

Mengapa Penting?



Mempelajari materi ini akan membantumu memahami bagian-bagian mata, mekanisme kerja, dan gangguan pada mata sehingga kamu dapat menjaga matamu agar tetap sehat. Dengan mempelajari indra penglihatan hewan, kamu dapat membandingkan bagaimana mekanisme kerja keduanya.

1. Indra Penglihat Manusia

a. Pentingnya Cahaya bagi Indra Penglihat Manusia

Coba sekarang kamu pergi ke halaman sekolah atau ke taman sekolah! Apa yang dapat kamu lihat dan bagaimana perasaan kamu ketika berada di tempat tersebut? Sekarang coba kamu tutup mata! Apa yang dapat kamu lihat dan bagaimana perasaan kamu? Pada saat kamu menutup mata, kamu tidak dapat melihat apapun yang ada di sekitar kamu karena tidak ada cahaya yang masuk ke mata kamu. Hal ini menunjukkan bahwa mata kita dapat melihat benda karena adanya cahaya yang mengenai benda tersebut kemudian dipantulkan ke mata kita.

b. Pembentukan Bayangan pada Mata Manusia

Pernahkah kamu berpikir, bagaimana mata kita dapat melihat benda? Untuk memahaminya lakukan kegiatan berikut.



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.6 Proses Pembentukan Bayangan pada Mata

Pada percobaan kali ini, kita akan mencoba untuk mempelajari proses yang terjadi pada mata sehingga mata dapat melihat benda.



Apa yang kamu perlukan?

1. 5 buah penjepit rel sebagai pemegang alat di atas rel presisi
2. 1 buah lampu dengan tiang/1 batang lilin
3. 1 buah lensa cembung
4. 1 buah pemegang slide
5. 1 buah slide panah
6. 1 buah layar transparan

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Aturlah posisi benda-benda yang telah kamu siapkan dengan posisi seperti Gambar 11.26!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.26 Susunan Alat-alat Percobaan Pembentukan Bayangan pada Mata

2. Aturlah posisi lensa (gerak-gerakkan maju atau mundur) sehingga terbentuk bayangan yang jelas pada layar! Bayangan yang terbentuk adalah bayangan yang memiliki sifat sama dengan sifat bayangan yang ditangkap oleh mata manusia!
3. Lakukan kegiatan ini dengan cermat dan teliti, jangan lupa bekerja samalah dengan teman satu kelompokmu!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bagaimana sifat bayangan yang terbentuk pada percobaan tersebut?
2. Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, analogkan benda-benda yang digunakan untuk percobaan dengan bagian-bagian mata manusia!

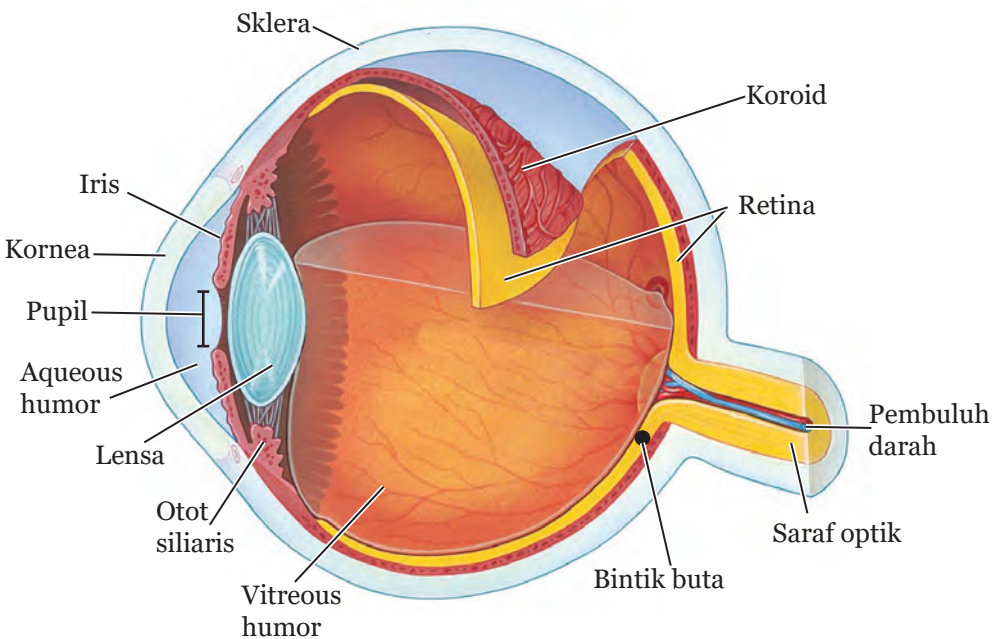
3. Gambarkan jalannya cahaya pada mata manusia, sehingga manusia dapat melihat benda!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

c. Bagian-Bagian Mata Manusia

Organ penglihatan yang dimiliki oleh manusia adalah mata. Organ ini berbentuk bulat. Organ ini tersusun atas beberapa bagian yang berbeda yang masing-masing bagian memiliki fungsi yang berbeda pula. Mata kita dibalut oleh tiga lapis jaringan yang berlainan. Lapisan luar adalah lapisan sklera, lapisan ini membentuk kornea. Lapisan tengah adalah lapisan koroid, lapisan ini membentuk iris. Lapisan ketiga adalah lapisan dalam, yaitu retina. Perhatikan Gambar 11.27!



Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 11.27 Bagian-bagian Mata

1) Kornea

Mata memiliki bentuk seperti bola dengan diameter $\pm 2,5$ cm. Lapisan terluar mata disebut sklera yang membentuk putih mata, dan bersambung dengan bagian depan yang bening yang disebut kornea. Cahaya masuk ke mata melewati kornea. Lapisan kornea mata terluar bersifat kuat dan tembus cahaya. Kornea berfungsi melindungi bagian yang sensitif yang berada di belakangnya dan membantu memfokuskan bayangan pada retina.

2) Iris atau Selaput Pelangi

Setelah cahaya melewati kornea, selanjutnya cahaya akan menuju ke pupil. Pupil adalah bagian berwarna hitam yang merupakan jalan masuknya cahaya ke dalam mata. Pupil dikelilingi oleh iris, yang merupakan bagian berwarna pada mata yang terletak di belakang kornea. Sekarang kamu mengetahui bahwa warna mata sebenarnya adalah warna iris. Jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata kamu diatur oleh iris. Besar dan kecilnya iris dan pupil bergantung pada jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata. Tahukah kamu, kapan mata kita membutuhkan banyak cahaya serta lebih sedikit cahaya? Agar kamu dapat mengetahuinya lakukan kegiatan berikut ini!



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 11.7 Mengukur Diameter Iris dan Pupil

Sebelum melakukan pengamatan ini berkumpul dengan teman satu kelompok (1 kelompok terdiri atas 3 orang). Lakukan pengamatan ini dengan cermat dan teliti.

Apa yang kamu perlukan?

1. Penggaris
2. Kertas
3. Alat tulis

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Berbagilah tugas dengan teman satu kelompokmu! Lakukan pembagian tugas dengan bijaksana. Pembagian tugas adalah sebagai berikut, satu orang menjadi peraga yang nantinya akan diukur diameter iris dan pupilnya, satu orang yang akan mengukur diameter iris dan pupil, dan satu orang lagi mencatat hasil pengamatan.
2. Mintalah temanmu yang bertindak sebagai peraga untuk keluar menuju halaman kelas! Mintalah dia berdiam di halaman ± 3 menit!
3. Ukurlah diameter iris dan pupil temanmu! Lakukan pengukuran dengan hati-hati! Jangan sampai penggaris yang kamu gunakan mengenai mata teman kamu.
4. Catatlah hasil pengukuranmu pada buku IPA!
5. Mintalah temanmu yang bertindak sebagai peraga untuk masuk ke kelas kembali! Mintalah temanmu berdiam di dalam kelas selama ± 3 menit!
6. Ukurlah diameter iris dan pupil temanmu. Lakukan pengukuran dengan hati-hati! Jangan sampai penggaris yang kamu gunakan mengenai mata teman kamu!
7. Catatlah hasil pengukuran pada buku IPA!

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bagaimanakah diameter pupil jika berada di tempat terang? Mengapa demikian?
2. Bagaimanakah diameter pupil jika berada di tempat gelap? Mengapa demikian?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?



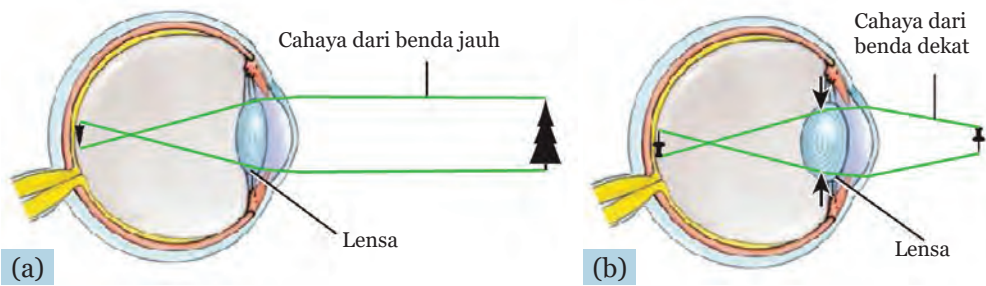
Tahukah Kamu?

Iris memberi warna pada mata. Seperti sidik jari, iris dapat digunakan sebagai pengenal pribadi dengan tingkat keakuratan yang tinggi.



3) Lensa Mata

Setelah melewati pupil, cahaya bergerak merambat menuju ke lensa. Lensa mata kamu berbentuk bikonvex (cembung depan-belakang), seperti lensa pada kaca pembesar. Lensa mata bersifat fleksibel. Otot siliar yang ada dalam mata akan membantu mengubah kecembungan lensa mata kamu.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.28 Perubahan Kecembungan Lensa Mata
Ketika Melihat Benda Jauh dan Dekat

Ketika kamu melihat benda yang berada pada jarak jauh, otot siliaris akan mengalami relaksasi. Hal ini akan menyebabkan lensa mata menjadi lebih datar atau mata melihat tanpa berakomodasi. Ketika kamu melihat benda yang berada pada jarak dekat, otot siliaris akan mengalami kontraksi. Hal ini akan menyebabkan lensa mata menjadi lebih cembung. Pada kondisi ini mata dikatakan berakomodasi maksimum. Dengan mengubah kecembungan lensa, lensa dapat menangkap bayangan yang jelas pada jarak jauh atau dekat yang selanjutnya bayangan tersebut akan dibentuk di retina. Dengan demikian sebaiknya kita harus bersyukur kepada Tuhan atas anugerah berupa lensa mata, sehingga kita dapat melihat benda dengan jelas, baik berada pada jarak dekat maupun pada jarak jauh.

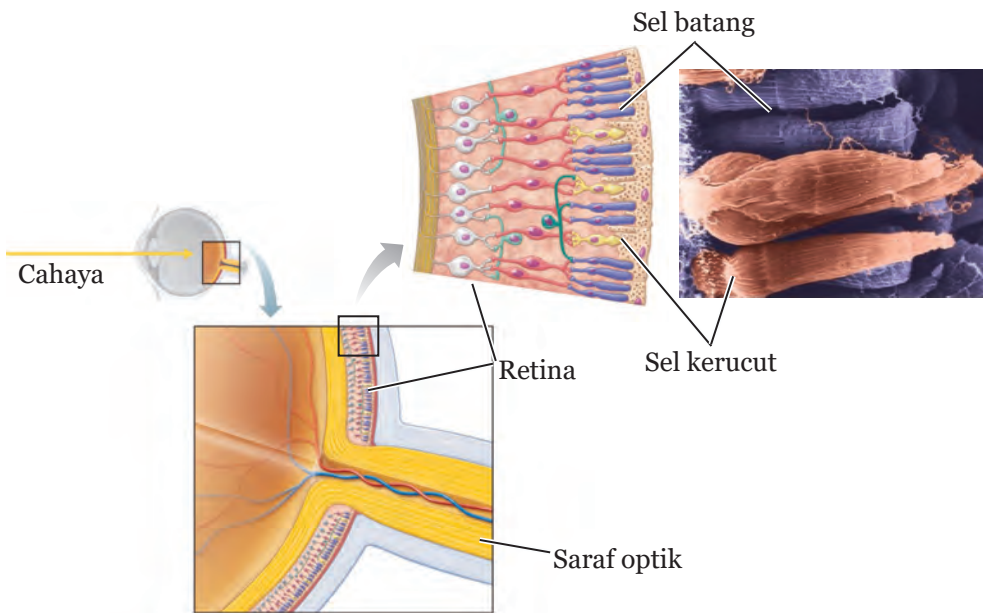


Ayo, Kita Pikirkan!

Setelah kamu berada pada tempat yang terang (misalnya halaman rumah) kemudian kita menuju tempat yang lebih gelap (misalnya masuk rumah), maka selama beberapa detik semuanya akan terlihat gelap sehingga kamu tidak dapat melihat dengan jelas. Mengapa hal ini terjadi?

4) Retina

Cahaya yang melewati lensa selanjutnya akan membentuk bayangan yang kemudian ditangkap oleh retina. Retina merupakan sel yang sensitif terhadap cahaya matahari atau saraf penerima rangsang sinar (fotoreseptor) yang terletak pada bagian belakang mata. Retina terdiri atas dua macam sel fotoreseptor, yaitu sel batang dan sel kerucut. Sel kerucut memungkinkan kamu melihat warna, tetapi membutuhkan cahaya yang lebih terang dibandingkan sel batang. Sel batang akan menunjukkan responsnya ketika berada pada tempat yang redup. Sel batang mampu menerima rangsang sinar tidak berwarna, jumlahnya sekitar 125 juta. Sel kerucut mampu menerima rangsang sinar yang kuat dan warna, jumlahnya 6,5 - 7 juta.



Sumber: Marieb & Hoehn, 2013

Gambar 11.29 Sel Batang dan Kerucut pada Retina

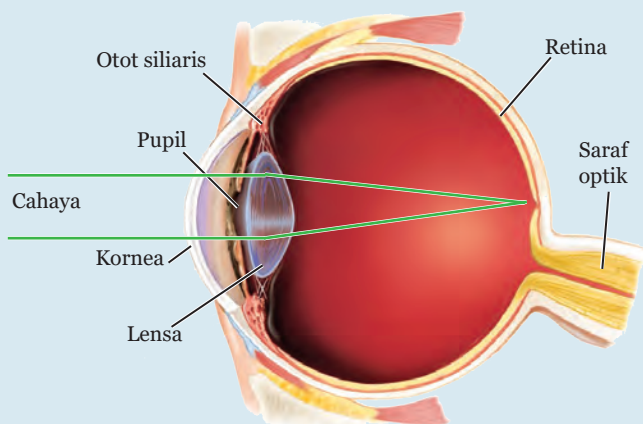
Ketika sel kerucut menyerap cahaya, maka akan terjadi reaksi kimia. Reaksi kimia ini akan menghasilkan impuls saraf yang kemudian ditransmisikan ke otak oleh saraf mata. Sel batang akan menunjukkan responsnya ketika berada pada tempat yang redup. Sel-sel batang mengandung pigmen yang disebut rodopsin, yaitu senyawa antara vitamin A dan protein. Bila terkena sinar terang rodopsin terurai, dan

terbentuk kembali menjadi rodopsin pada keadaan gelap. Pembentukan kembali rodopsin memerlukan waktu yang disebut adaptasi gelap atau adaptasi rodopsin. Pada saat itu mata sulit untuk melihat. Sekarang kamu mengetahui mengapa vitamin A penting bagi kesehatan mata. Sel kerucut mengandung pigmen iodopsin, yaitu senyawa antara retinin dan opsin. Ada tiga macam sel kerucut yang masing-masing peka terhadap warna merah, biru, dan hijau. Akibatnya, kamu dapat melihat seluruh spektrum warna yang merupakan kombinasi dari ketiga warna.



Ayo, Kita Pahami

Mata kamu dapat mendeteksi cahaya yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek atau benda. Lensa pada mata akan memfokuskan cahaya untuk menghasilkan bayangan yang akan jatuh pada bagian belakang mata. Sel-sel khusus yang terletak di belakang mata akan mengubah bayangan menjadi sinyal elektrik (impuls). Sinyal elektrik ini kemudian akan ditransfer ke otak, yang kemudian akan diterjemahkan sebagai objek atau benda yang kamu lihat.



Sumber: Marieb & Hoehn, 2013

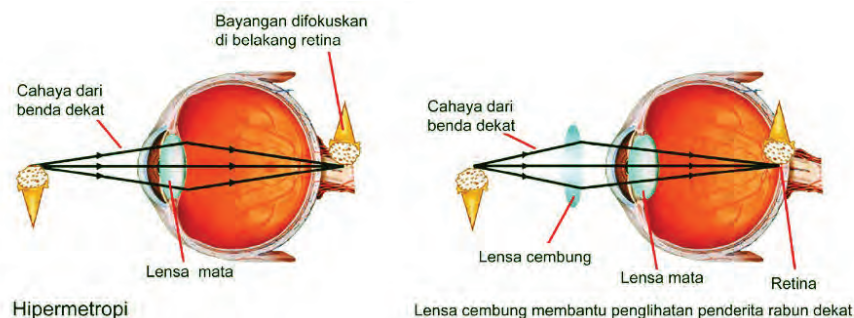
Gambar 11.30 Jalur Sinar dalam Mata

d. Gangguan pada Indra Penglihat

Adakah teman kamu yang menggunakan kacamata? Atau bahkan kamu sendiri menggunakan kacamata? Seseorang yang mempunyai penglihatan yang baik, akan dapat melihat benda secara jelas pada jarak kira-kira 30 cm. Hal ini berarti pada orang yang memiliki penglihatan normal, bayangan yang dibentuk jatuh tepat pada retina. Jika seseorang memiliki gangguan pada penglihatannya maka dia tidak akan dapat melihat objek dengan jelas pada jarak tersebut. Hal ini menyebabkan mereka membutuhkan alat bantu penglihatan berupa kacamata seperti yang dikenakan oleh teman kamu atau bahkan kamu kenakan sendiri. Kacamata berfungsi untuk memfokuskan cahaya sehingga dapat jatuh tepat pada retina.

1) Rabun Dekat (Hipermetropi)

Seorang penderita rabun dekat tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak dekat (± 30 cm) dengan jelas. Hal ini karena bayangan yang terbentuk jatuh di belakang retina, sehingga bayangan yang jatuh pada retina menjadi tidak jelas (kabur). Kacamata positif dapat menolong penderita rabun dekat, sebab lensa cembung mengumpulkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata. Dengan demikian, kornea dan lensa dapat membentuk bayangan yang jelas pada retina seperti ditunjukkan pada Gambar 11.31.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.31 Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Dekat

Kekuatan lensa kacamata yang diperlukan sesuai dengan rumus berikut:

$$P_H = \frac{100}{s} - \frac{100}{PP}$$

dengan:

P_H = Kekuatan lensa kacamata untuk hipermetropi (dioptri atau D)

s = Jarak benda di depan kacamata (cm)

PP (*Punctum Proximum*) = titik dekat mata seseorang (cm)



Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal:

Titik dekat mata seseorang terletak pada jarak 120 cm di depan matanya. Untuk melihat dengan jelas suatu benda yang terletak 30 cm di depan mata, berapa kekuatan lensa kacamata yang harus digunakan?

Penyelesaian:

Diketahui: $PP = 120$ cm $s = 30$ cm

Ditanya: P_H ?

Jawab:

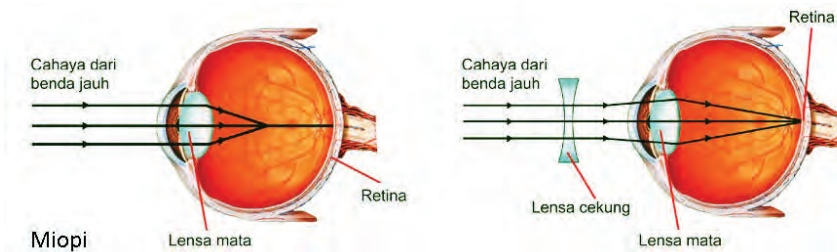
$$P_H = \frac{100}{s} - \frac{100}{PP} = \frac{100}{30} - \frac{100}{120} = \frac{400 - 100}{120} = \frac{300}{120} = 2,5 \text{ D}$$

Jika jarak benda s tidak disebutkan dalam soal, nilai s diambil dari titik dekat mata normal, yaitu 25 cm, sehingga persamaan kekuatan lensa untuk hipermetropi menjadi:

$$P_H = 4 - \frac{100}{PP} = 4 - \frac{100}{120} = 4 - 0,83 = 3,16 \text{ D}$$

2) Rabun Jauh (Miopi)

Seorang penderita rabun jauh tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak jauh (tak hingga) dengan jelas. Hal ini dikarenakan bayangan yang terbentuk jatuh di depan retina, seperti yang ditunjukkan Gambar 11.32. Kacamata negatif dapat menolong penderita rabun jauh karena lensa cekung akan dapat membuat cahaya menyebar sebelum cahaya masuk ke mata. Dengan demikian, bayangan yang jelas akan terbentuk di retina.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.32 Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Jauh

Kekuatan atau daya lensaacamata yang diperlukan sesuai dengan rumus berikut:

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

dengan:

P_M = Daya lensa untuk miopi (dioptri atau D)

PR (*Punctum Remotum*) = titik jauh mata (cm)



Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal:

Seseorang hanya mampu melihat jelas benda di depan matanya paling jauh 100 cm. Berapa kekuatanacamata orang tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $PR = 100$ cm

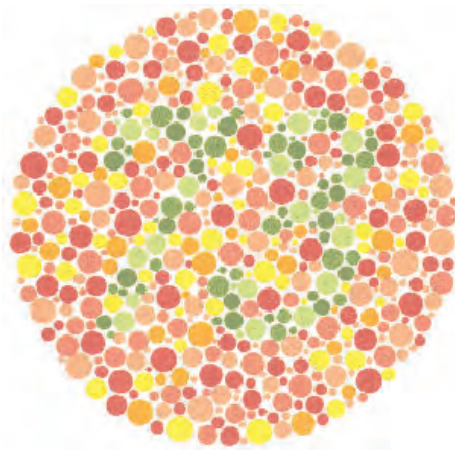
Ditanya : P_M

Jawab : $P_M = -\frac{100}{PR} = -\frac{100}{100} = -\frac{100}{100} = -1$ D

3) Buta Warna

Perhatikan Gambar 11.33! Apakah kamu dapat melihat angka? Coba sebutkan angka berapa yang dapat kamu lihat! Masih ingatkah kamu pada sel kerucut? Kamu memiliki lebih kurang tujuh juta sel kerucut pada retina. Gelombang cahaya dipantulkan dari benda masuk ke pupil dan ditangkap oleh retina. Respons dari sel kerucut pada cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda menyebabkan kamu dapat melihat benda yang berwarna.

Buta warna merupakan suatu kelainan pada mata yang disebabkan ketidakmampuan sel-sel kerucut mata untuk menangkap suatu warna tertentu. Penyakit ini bersifat menurun. Buta warna ada yang buta warna total dan buta warna sebagian. Buta warna total hanya mampu melihat warna hitam dan putih saja, sedangkan buta warna sebagian tidak dapat melihat warna tertentu, yaitu merah, hijau, atau biru. Ingat kembali tentang sel kerucut!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 11.33 Huruf Tokek untuk Mengecek Kelainan Buta Warna

Gambar 11.33 merupakan salah satu gambar yang dipakai untuk menguji buta warna. Uji tersebut dikenal dengan **Uji Ishihara**. Uji tersebut didasarkan pada penentuan angka atau pola yang ada pada kartu dengan berbagai ragam warna, dengan pola tertentu. Ada satu seri gambar titik bola kecil dengan warna dan besar berbeda-beda, sehingga dalam keseluruhan terlihat warna pucat dan menyulitkan pasien dengan kelainan penglihatan warna untuk melihatnya. Penderita buta warna atau dengan kelainan penglihatan warna dapat melihat sebagian ataupun sama sekali tidak dapat melihat gambaran yang diperlihatkan. Pada pemeriksaan, pasien diminta melihat dan mengenali tanda gambar yang diperlihatkan dalam waktu 10 detik.

4) Presbiopi

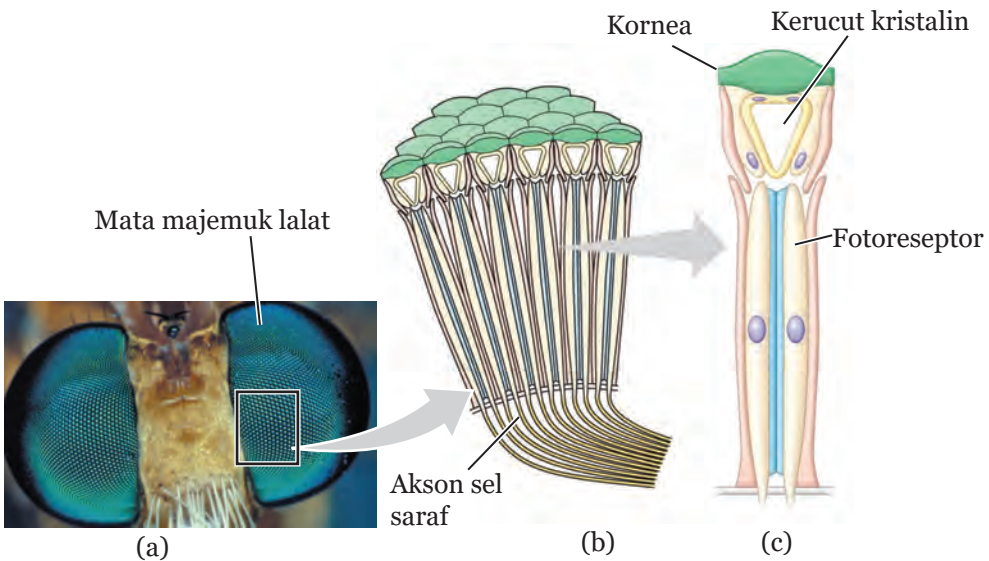
Presbiopi disebut juga rabun jauh dan dekat atau rabun tua, karena kelainan mata ini biasanya diderita oleh orang yang sudah tua. Kelainan jenis ini membuat si penderita tidak mampu melihat dengan jelas benda-benda yang berada di jarak jauh maupun benda yang berada pada jarak dekat. Hal tersebut diakibatkan oleh berkurangnya daya akomodasi mata. Kelainan ini biasanya diatasi dengan kacamata rangkap, yaitu kacamata cembung dan cekung. Pada kacamata dengan lensa rangkap atau kacamata bifokal, lensa negatif bekerja seperti pada kacamata untuk penderita miopi, sedangkan lensa positif bekerja seperti pada kacamata untuk penderita hipermetropi.

5) Astigmatisma

Astigmatisma atau dikenal dengan istilah silinder adalah sebuah gangguan pada mata karena penyimpangan dalam pembentukan bayangan pada lensa. Hal ini disebabkan oleh cacat lensa yang tidak dapat memberikan gambaran atau bayangan garis vertikal dengan horizontal secara bersamaan. Penglihatan si penderita menjadi kabur. Untuk mengatasi gangguan ini, dapat menggunakan lensa silindris.

2. Indra Penglihatan Serangga

Apakah kamu mengetahui berbagai macam hewan dari golongan serangga? Pernahkah kamu membayangkan bagaimana cara serangga-serangga tersebut melihat sebuah benda? Tahukah kamu bahwa lalat, belalang, kumbang, atau serangga mempunyai cara melihat suatu benda dengan cara yang sangat berbeda dengan manusia? Apabila manusia hanya memiliki dua buah mata untuk melihat, serangga memiliki banyak sekali mata untuk melihat, sehingga mata serangga disebut dengan “mata majemuk” (Gambar 11.34).



Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 11.34 Mata Majemuk pada Mata Lalat

Masing-masing mata serangga disebut omatidium (jamak: omatidia). Masing-masing omatidium berfungsi sebagai reseptor penglihatan yang terpisah. Setiap omatidium terdiri atas beberapa bagian, di antaranya berikut ini. (1) Lensa, permukaan depan lensa

merupakan satu faset mata majemuk. (2) Kerucut kristalin, yang tembus cahaya. (3) Sel-sel penglihatan, yang peka terhadap adanya cahaya. (4) Sel-sel yang mengandung pigmen, yang memisahkan omatidia dari omatidia di sekelilingnya. Setiap omatidium akan menyumbangkan informasi penglihatan dari satu daerah objek yang dilihat serangga, dari arah yang berbeda-beda. Bagian omatidia yang lain akan memberikan sumbangan informasi penglihatan pada daerah lainnya. Gabungan dari gambar-gambar yang dihasilkan dari setiap omatidium merupakan bayangan mosaik, yang menyusun seluruh pandangan serangga.

Sebagai contoh, mata lalat rumah terdiri atas 6.000 bentuk mata yang ditata dalam segi enam (omatidium). Setiap omatidium dihadapkan ke arah yang berbeda-beda, seperti ke depan, belakang, bawah, atas, dan ke setiap sisi, sehingga lalat dapat melihat ke mana-mana. Dengan demikian, lalat dapat mengindra dalam daerah penglihatan dari semua arah. Pada setiap omatidium, terdapat delapan neuron sel saraf reseptor (penerima cahaya), sehingga secara keseluruhan terdapat sekitar 48.000 sel pengindra di dalam matanya. Dengan kelebihannya tersebut, mata lalat dapat memroses hingga seratus gambar per detik.



Tahukah Kamu?

Para ilmuwan berusaha mengembangkan peralatan yang diperlukan untuk kepentingan manusia dengan meniru rancangan mata lalat yang luar biasa. Misalnya, para ilmuwan mengembangkan alat detektor gerakan berkecepatan tinggi dan kamera sangat tipis yang dapat membidik ke banyak arah. Salah satu bidang yang memanfaatkan kamera tersebut adalah bidang medis, untuk memeriksa bagian dalam lambung. Alat tersebut dikembangkan agar dapat ditelan oleh pasien. Jika sudah sampai di dalam lambung, alat tersebut akan mengumpulkan data melalui mata majemuknya dan mengirimkan laporannya tanpa kabel. Ada pula ilmuwan yang mengembangkan mata majemuk tiruan berukuran lebih kecil daripada kepala jarum pentul yang terdiri atas 8.500 lebih lensa. Namun demikian, kehebatan ciptaan manusia tersebut tidak ada artinya jika dibandingkan dengan mata majemuk serangga, misalnya capung yang mempunyai kira-kira 30.000 satuan optik di setiap matanya! Kamu mengetahui siapa pencipta mata majemuk serangga yang demikian hebat?