

Pembelajaran 4. Pendengaran, Penglihatan, dan Kelistrikan pada Manusia dan Hewan

Sumber. Modul Pendidikan Profesi Guru
Modul 5. Gelombang, Optik, dan Listrik Magnet
Penulis. Dr. Eka Cahya Prima, S.Pd., M.T.

A. Kompetensi

Penjabaran model kompetensi yang selanjutnya dikembangkan pada kompetensi guru bidang studi yang lebih spesifik pada pembelajaran 4. Pendengaran, Penglihatan, dan Kelistrikan pada Manusia dan Hewan, ada beberapa kompetensi guru bidang studi yang akan dicapai pada pembelajaran ini, kompetensi yang akan dicapai pada pembelajaran ini adalah calon guru P3K mampu menguasai teori dan aplikasi materi pelajaran IPA yang mencakup: (1) inkuiri IPA, keterpaduan konsep dan proses dalam IPA, (2) materi dan interaksinya, (3) gerak, gaya, dan tekanan, (4) energi, usaha, dan pesawat sederhana, (5) gelombang dan optik serta aplikasinya dalam teknologi, (6) kelistrikan dan kemagnetan, (7) ciri, klasifikasi, sistem, struktur, fungsi makhluk hidup, zat aditif dan adiktif serta dampaknya terhadap kesehatan, (8) interaksi antar makhluk hidup dan lingkungan, (9) reproduksi, hereditas, evolusi (10) mikroorganisme dan bioteknologi, (11) tata surya, struktur bumi, perubahan iklim, dan mitigasi bencana, termasuk advanced materials dalam IPA secara bermakna yang dapat menjelaskan aspek “apa” (konten), “mengapa” (filosofi), dan “bagaimana” (penerapan) dalam kehidupan sehari-hari.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Dalam rangka mencapai kompetensi guru bidang studi, maka dikembangkanlah indikator - indikator yang sesuai dengan tuntutan kompetensi guru bidang studi. Indikator pencapaian kompetensi yang akan dicapai dalam pembelajaran 4. Pendengaran, Penglihatan, dan Kelistrikan pada Manusia dan Hewan adalah sebagai berikut.

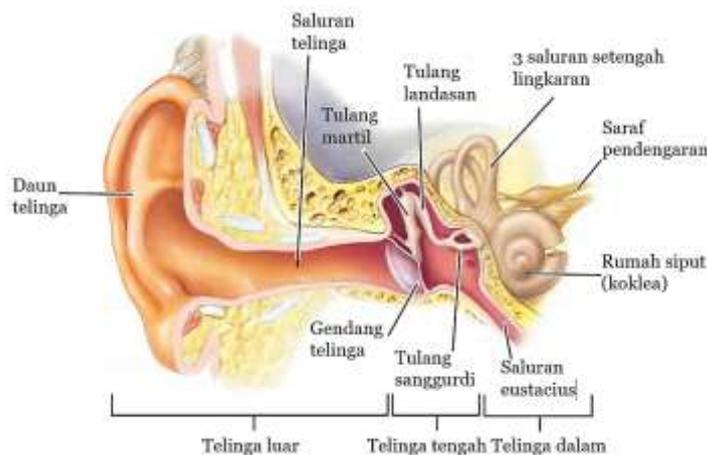
- 1.1.1 Menganalisis mekanisme pendengaran pada manusia
- 1.1.2 Menganalisis mekanisme pendengaran pada hewan
- 1.2.1 Menganalisis mekanisme penglihatan pada manusia
- 1.2.2 Menganalisis mekanisme penglihatan pada hewan
- 4.3.1 Menganalisis kelistrikan pada sel saraf
- 4.3.2 Menjelaskan medan magnet pada navigasi hewan saat migrasi

C. Uraian Materi

1. Pendengaran pada Manusia dan Hewan

- **Mekanisme Mendengar pada Manusia dan Hewan**

Telinga dibagi menjadi tiga bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Perhatikan Gambar 14!



Gambar 186. Anatomi Telinga Manusia
Sumber: Campbell et al. 2008

Bunyi yang terdengar oleh telinga kita memerlukan medium. Jadi, mungkinkah kita dapat mendengar di ruang hampa udara? Tentu saja tidak. Bunyi memerlukan medium untuk merambat. Apakah di telinga terdapat medium untuk merambatkan bunyi? Telinga luar dan telinga tengah terisi oleh udara dan rongga telinga dalam terisi oleh cairan limfa. Bagian-bagian penyusun telinga dan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 12

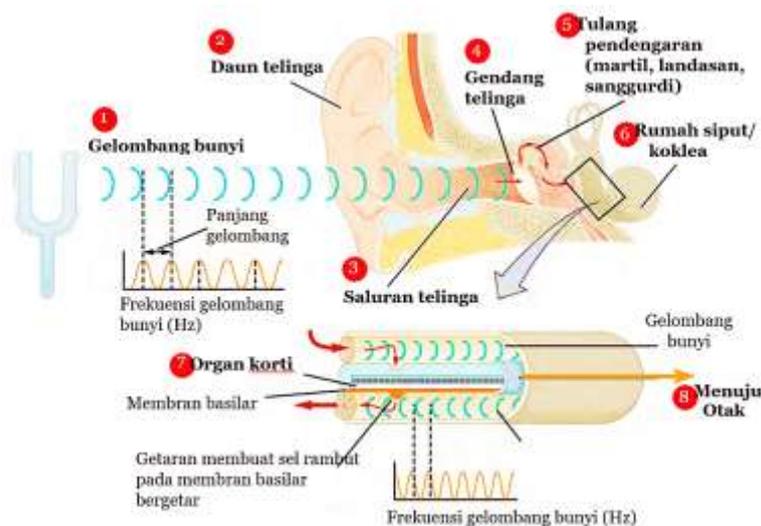
Tabel 12. Struktur dan Fungsi Bagian pada Telinga

Bagian Penyusun Telinga	Fungsi
Bagian Luar	
a. Daun telinga	Mengumpulkan gelombang suara ke saluran telinga
b. Saluran telinga (menghasilkan minyak serumen)	Menangkap debu yang masuk ke saluran telinga Mencegah hewan berukuran kecil masuk ke dalam telinga
Bagian Tengah	
a. Gendang telinga/membran timpani	Menangkap gelombang suara dan mengubahnya menjadi getaran yang diteruskan ke tulang telinga
b. Tulang telinga (maleus/ martil, inkus/landasan, stapes/sanggurdi)	Meneruskan getaran dari gendang telinga ke rumah siput
Bagian Dalam	
c. Saluran eustacius	Menghubungkan ruang telinga tengah dengan rongga mulut (faring) berfungsi untuk menjaga tekanan udara antara telinga tengah dengan saluran di telinga luar agar seimbang. Tekanan udara yang terlalu tinggi atau rendah disalurkan ke telinga luar dan akan mengakibatkan gendang telinga tertekan kuat sehingga dapat sobek.
a. Rumah siput (koklea)	Koklea merupakan saluran berbentuk spiral yang menyerupai rumah siput. Di dalam koklea terdapat adanya organ korti yang merupakan fonoreseptor. Organ korti berisi ribuan sel rambut yang peka terhadap tekanan getaran. Getaran akan diubah menjadi impuls saraf di dalam sel rambut tersebut dan kemudian diteruskan oleh saraf ke otak.
b. Saluran gelang (labirin)	Terdiri atas saluran setengah lingkaran (semisirkularis) yang berfungsi untuk mengetahui posisi tubuh (alat keseimbangan).

Proses mendengar pada manusia melalui beberapa tahap. Perhatikan pada Gambar 1.15! Tahap tersebut diawali dari lubang telinga yang menerima gelombang dari sumber suara. Gelombang suara yang masuk ke dalam lubang telinga akan menggetarkan gendang telinga (yang disebut membran timpani). Getaran membran timpani ditransmisikan melintasi telinga tengah melalui tiga tulang kecil, yang terdiri atas tulang martil, landasan, dan sanggurdi. Telinga tengah dihubungkan ke faring oleh tabung eustacius. Getaran dari tulang

sanggurdi ditransmisikan ke telinga dalam melalui membran jendela oval ke koklea. Koklea merupakan suatu tabung yang bergulung seperti rumah siput. Koklea berisi cairan limfa.

Getaran dari jendela oval ditransmisikan ke dalam cairan limfa dalam ruangan koklea. Di bagian dalam ruangan koklea terdapat organ korti. Organ korti berisi cairan sel-sel rambut yang sangat peka. Inilah reseptor getaran yang sebenarnya. Sel-sel rambut ini akan bergerak ketika ada getaran di dalam koklea, sehingga menstimulasi getaran yang diteruskan oleh saraf auditori ke otak.



Gambar 187. Proses Mendengar pada Manusia
Sumber: oerpub.github.io

Pendengaran pada Hewan

Pernahkah Anda melihat anjing menggerakkan telinganya? Anjing sering menggerakkan telinga ketika melakukan pelacakan atau berburu. Beberapa mamalia akan menggunakan daun telinga untuk memfokuskan suara yang diterimanya. Sistem ini disebut sistem sonar yaitu sistem yang digunakan untuk mendeteksi tempat dalam melakukan pergerakan dengan deteksi suara frekuensi tinggi (ultrasonik). Sonar atau *Sound Navigation and Ranging* merupakan suatu metode penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksir ukuran, bentuk, letak, dan kedalaman benda-benda, seperti pada Gambar 1.16.

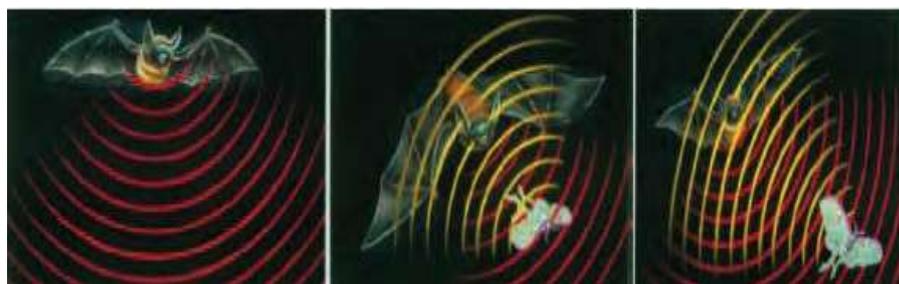


Gambar 188.Sistem Sonar pada Kelelawar
Sumber : www.hngn.com.

1) Kelelawar

Tahukah Anda kelelawar? Kelelawar dapat mengeluarkan dan menerima gelombang ultrasonik dengan frekuensi di atas 20.000 Hz pada saat ia terbang. Gelombang yang dikeluarkan akan dipantulkan kembali oleh objek yang akan dilewatinya dan diterima oleh *receiver* (alat penerima) yang berada di tubuh kelelawar. Kemampuan kelelawar untuk menentukan lokasi ini disebut dengan ekolokasi.

Pada saat terbang dan berburu, kelelawar akan mengeluarkan bunyi yang frekuensinya tinggi, kemudian mendengarkan gema yang dihasilkan. Pada saat kelelawar mendengarkan gema, kelelawar hanya akan terfokus pada suara yang dipancarkannya sendiri. Rentang frekuensi yang mampu didengar oleh makhluk ini terbatas, sehingga kelelawar harus mampu menghindari efek Doppler yang muncul.



Gambar 189.Ekolokasi Kelelawar
Sumber : McGraw-Hill, 2007

Menurut efek Doppler, jika sumber bunyi dan penerima suara keduanya tak bergerak, maka penerima akan mendengar frekuensi bunyi yang sama dengan yang dipancarkan oleh sumber suara. Akan tetapi, jika salah satu dari sumber

bunyi atau penerima suara tersebut bergerak, frekuensi yang diterima akan berbeda dengan yang dipancarkan. Pada keadaan tersebut frekuensi suara yang dipantulkan dapat jatuh ke wilayah frekuensi yang tidak dapat didengar oleh kelelawar.

Agar dapat menghindari efek Doppler, kelelawar akan menyesuaikan besar frekuensi suara yang dipancarkannya. Misalnya, kelelawar akan mengirimkan suara berfrekuensi tinggi untuk mendeteksi alat yang bergerak menjauh, sehingga pantulannya tidak hilang.

2) Lumba-lumba

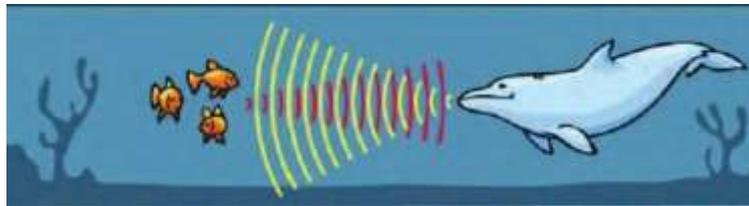
Pernahkah Anda melihat lumba-lumba? Di mana Anda pernah melihat lumba-lumba? Habitat asal lumba-lumba adalah di lautan. Lumba-lumba dapat dilihat di permukaan air, namun sebagian besar waktu mereka di kedalaman lautan yang cukup gelap. Sekalipun hidup di kedalaman lautan, lumba-lumba mempunyai sistem yang memungkinkan untuk berkomunikasi dan menerima rangsangan, yaitu sistem sonar. Sama seperti pada kelelawar, sistem ini berguna untuk mengindra benda-benda di lautan, mencari makan, dan berkomunikasi.



Gambar 190. Lumba-Lumba
Sumber : www.apakabardunia.com

Bagaimana cara kerja sistem sonar pada lumba-lumba? Lumba-lumba bernapas melalui lubang yang ada di atas kepalanya. Di bawah lubang ini, terdapat kantung-kantung kecil berisi udara. Agar dapat menghasilkan suara berfrekuensi tinggi, lumba-lumba mengalirkan udara pada kantung-kantung ini. Selain itu, kantung udara ini juga berperan sebagai alat pemfokusan bunyi. Kemudian, bunyi ini dipancarkan ke segala arah secara terputus-putus.

Gelombang bunyi lumba-lumba akan dipantulkan kembali bila membentur suatu benda. Pantulan gelombang bunyi tersebut ditangkap di bagian rahang bawahnya yang disebut “jendela akustik”. Dari bagian tersebut, informasi bunyi diteruskan ke telinga bagian tengah, dan akhirnya ke otak untuk diterjemahkan. Dengan cara tersebut, lumba- lumba mengetahui lokasi, ukuran, dan pergerakan mangsanya. Lumba- lumba juga mampu saling berkirim pesan walaupun terpisah oleh jarak lebih dari 220 km. Lumba-lumba berkomunikasi untuk menemukan pasangan dan saling mengingatkan akan bahaya.



Gambar 191. Sistem Sonar pada Lumba-Lumba
Sumber : www.hngn.com.

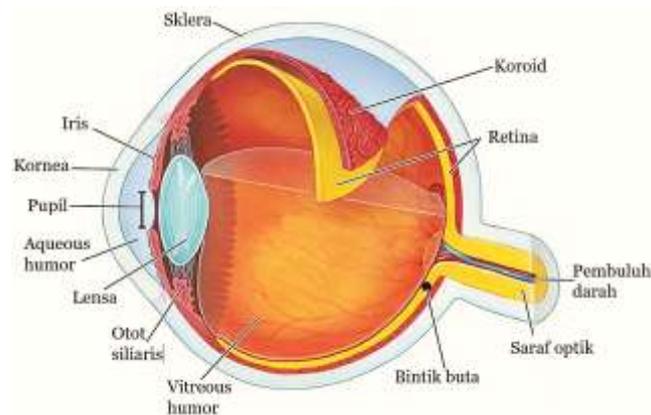
2. Indra Penglihatan Manusia dan Hewan

- **Indra Penglihatan Manusia**

Pada saat Anda menutup mata, Anda tidak dapat melihat apapun yang ada di sekitar Anda karena tidak ada cahaya yang masuk ke mata Anda. Hal ini menunjukkan bahwa mata kita dapat melihat benda karena adanya cahaya yang mengenai benda tersebut kemudian dipantulkan ke mata kita.

- a. **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 2.25!



Gambar 192. Bagian-bagian Mata
Sumber: Campbell et al. 2008

d. Kornea

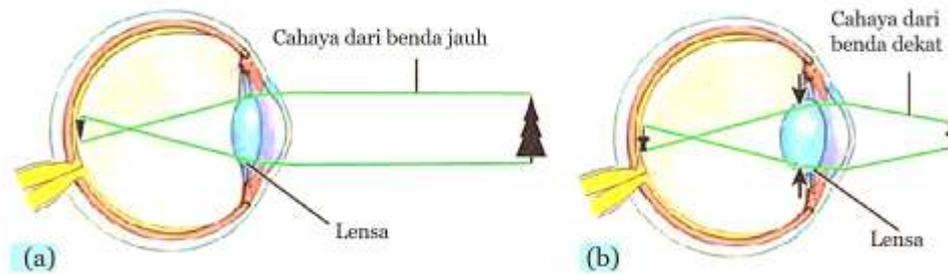
Mata memiliki bentuk seperti bola dengan diameter $\pm 2,5$ cm. Lapisan terluar mata disebut sklera yang membentuk putih mata, dan bersambung dengan bagian depan yang bening yang disebut kornea. Cahaya masuk ke mata melewati kornea. Lapisan kornea mata terluar bersifat kuat dan tembus cahaya. Kornea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

e. 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 Anda mengetahui bahwa warna mata sebenarnya adalah warna iris. Jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata Anda diatur oleh iris. Besar dan kecilnya iris dan pupil bergantung pada jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata.

f. Lensa Mata

Setelah melewati pupil, cahaya bergerak merambat menuju ke lensa. Lensa mata Anda 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 Anda.



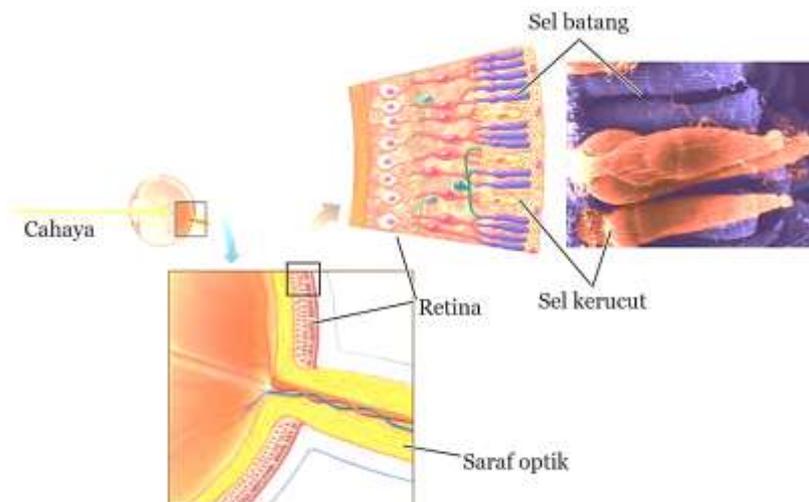
Gambar 193. Perubahan Kecembungan Lensa Mata Ketika Melihat Benda Jauh dan Dekat

Sumber: Dok. Kemdikbud

Ketika Anda 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 Anda 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.

g. 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 Anda 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.



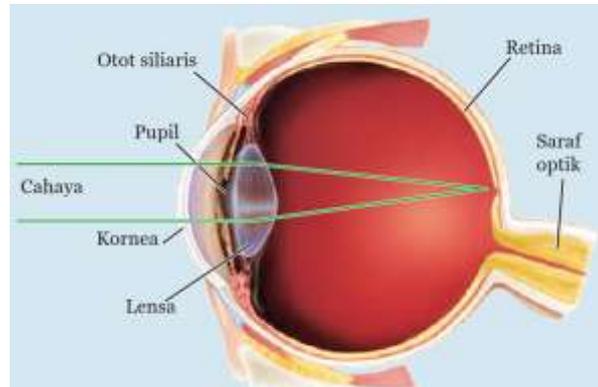
Gambar 194. Sel Batang dan Kerucut pada Retina
Sumber: Marieb & Hoehn, 2013

Ketika sel kerucut menyerap cahaya, maka akan terjadi reaksi kimia. Reaksi 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 Anda 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, Anda dapat melihat seluruh spektrum warna yang merupakan kombinasi dari ketiga warna.

Mari Kita Pahami

Mata Anda 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 Anda lihat.



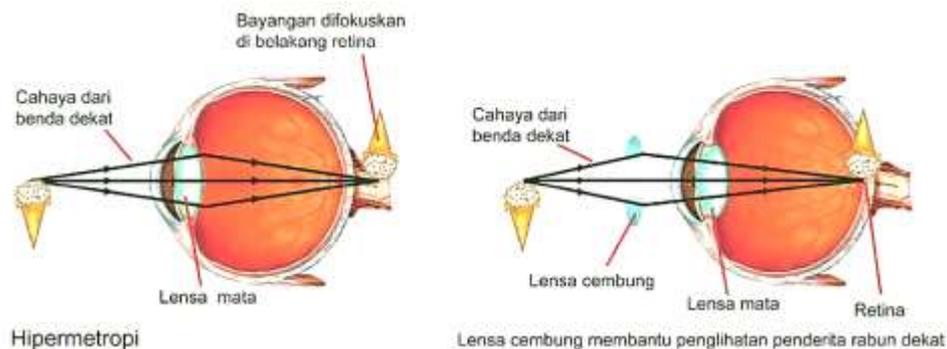
Gambar 2.4 Jalur Sinar dalam Mata
Sumber: Marieb & Hoehn, 2013

b. Gangguan pada Indra Penglihat

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 Anda atau bahkan Anda kenakan sendiri. Kacamata berfungsi untuk memfokuskan cahaya sehingga dapat jatuh tepat pada retina.

h. Rabun Dekat (Hipermetropi)

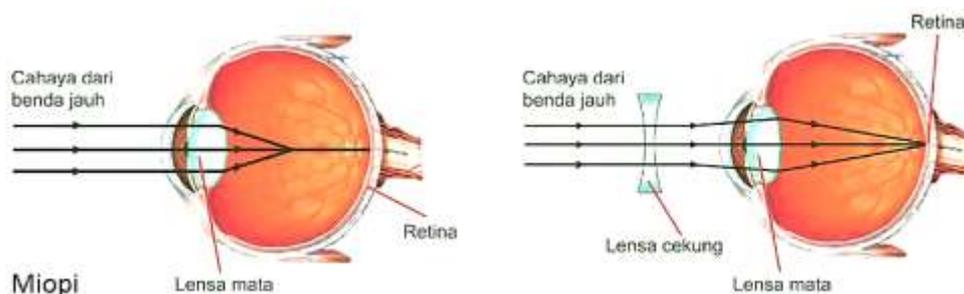
Seorang penderita rabun dekat tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak dekat (± 30 cm) dengan jelas. Hal ini karena bayangan yang terbentuk jatuh di belakang retina, sehingga bayangan yang jatuh pada retina menjadi tidak jelas (kabur). Kacamata positif dapat menolong penderita rabun dekat, sebab 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 2.29.



Gambar 195. Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Dekat
Sumber: Dok. Kemdikbud

i. Rabun Jauh (Miopi)

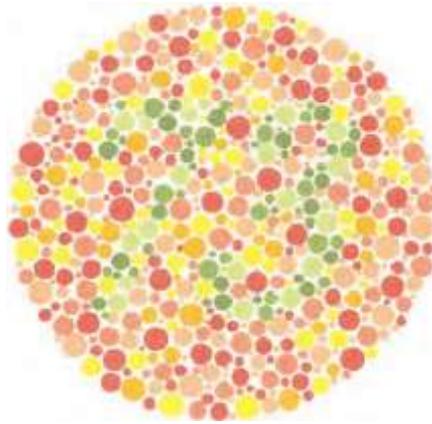
Seorang penderita rabun jauh tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak jauh (tak hingga) dengan jelas. Hal ini dikarenakan bayangan yang terbentuk jatuh di depan retina, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.30. Kacamata negatif dapat menolong penderita rabun jauh karena lensa cekung akan dapat membuat cahaya menyebar sebelum cahaya masuk ke mata. Dengan demikian, bayangan yang jelas akan terbentuk di retina.



Gambar 196. Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Jauh
Sumber: Dok. Kemdikbud

j. Buta Warna

Perhatikan Gambar 2.31! Apakah Anda dapat melihat angka? Coba sebutkan angka berapa yang dapat Anda lihat! Masih ingatkah Anda pada sel kerucut? Anda 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 Anda dapat melihat benda yang berwarna.



Gambar 197. Huruf Tokek untuk Mengecek Kelainan Buta Warna
Sumber: Dok. Kemdikbud

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 warnasebagian tidak dapat melihat warna tertentu, yaitu merah, hijau, atau biru. Ingat kembali tentang sel kerucut!

Gambar 2.31 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.

k. 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

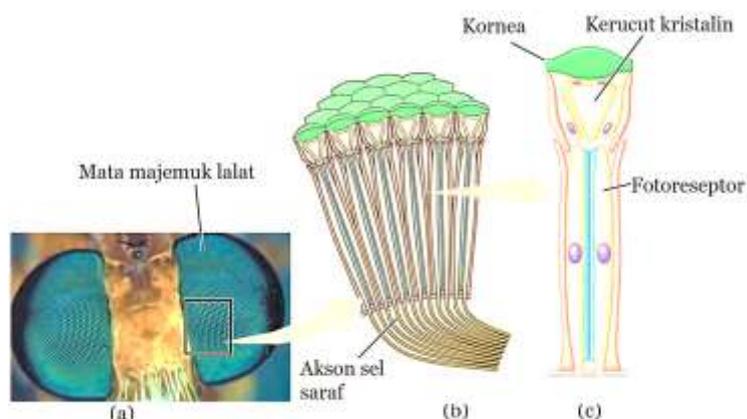
si penderita tidak mampu melihat dengan jelas benda-benda yang berada di jarak jauh maupun benda yang berada pada jarak dekat. Hal tersebut diakibatkan oleh berkurangnya daya akomodasi mata. Kelainan ini biasanya diatasi dengan kacamata rangkap, yaitu kacamata cembung dan cekung. Pada kacamata dengan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

I. 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.

• Indra Penglihatan Serangga

Apakah Anda mengetahui berbagai macam hewan dari golongan serangga? Pernahkah Anda membayangkan bagaimana cara serangga-serangga tersebut melihat sebuah benda? Tahukah Anda 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 2.32).



Gambar 198. Mata Majemuk pada Mata Lalat
Sumber: Campbell et al. 2008

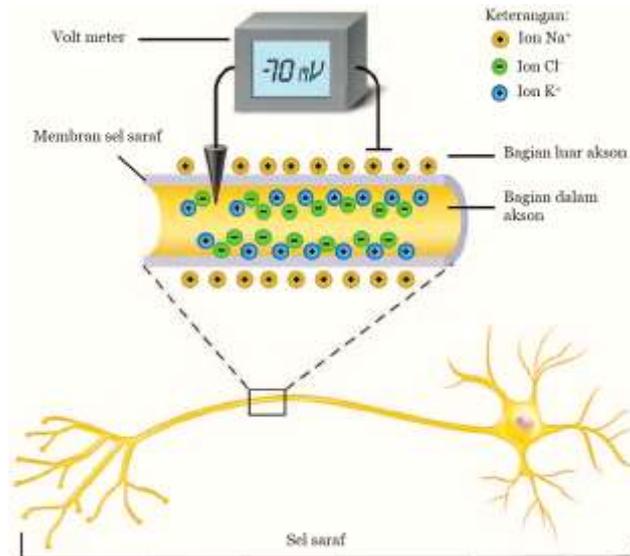
Masing-masing mata serangga disebut omatidium (jamak: omatidia). Masing-masing omatidium berfungsi sebagai reseptor penglihatan yang terpisah. Setiap omatidium terdiri atas beberapa bagian, di antaranya berikut ini. (1) Lensa, permukaan depan lensa merupakan satu faset mata majemuk. (2) Kerucut kristalin, 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 kelebihan tersebut, mata lalat dapat memroses hingga seratus gambar per detik.

3. Kelistrikan pada Sel Saraf

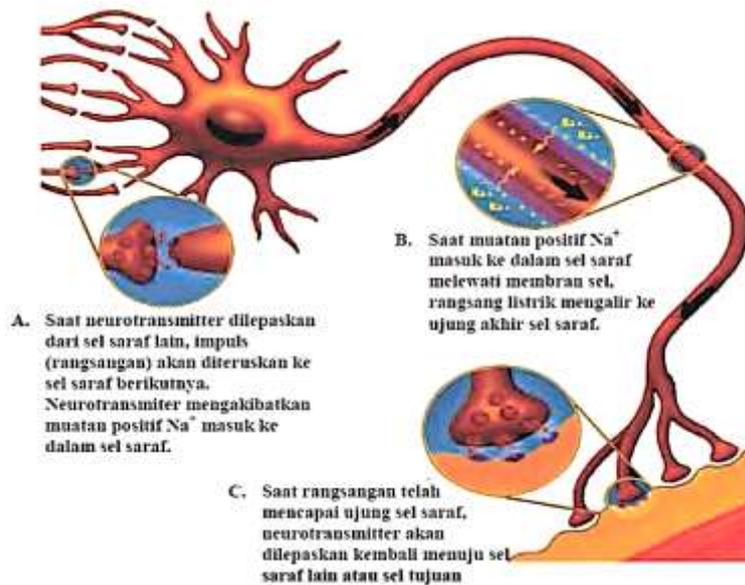
Tubuh kita dialiri oleh arus listrik khususnya pada syaraf yaitu dengan adanya impuls listrik. Bidang yang khusus mempelajari tentang aliran impuls listrik pada tubuh manusia disebut **biolistrik**. Kelistrikan pada tubuh hanya berkaitan dengan komposisi ion yang terdapat dalam tubuh, bukan listrik yang mengalir seperti pada kabel listrik di rumah-rumah.

Muatan yang ada di luar dan di dalam sel saraf tidak dapat saling tarik menarik dengan sendirinya karena ada pemisah berupa membran sel saraf (perhatikan Gambar 3.8). Tarik menarik antar muatan akan terjadi jika ada rangsangan dari neurotransmitter.



Gambar 199. Ilustrasi Muatan Listrik pada Sel Saraf Tidak Bermyelin
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Saat sel saraf tidak menghantarkan impuls, muatan positif Na⁺ melingkupi bagian luar membran sel. Pada kondisi demikian, membran sel saraf bagian luar bermuatan listrik positif dan membran sel bagian dalam bermuatan listrik negatif (Cl⁻). Lebih jelasnya, perhatikan Gambar 3.9.



Gambar 200. Impuls Listrik pada Saraf Manusia
Sumber: Biggs, 2008: 638.

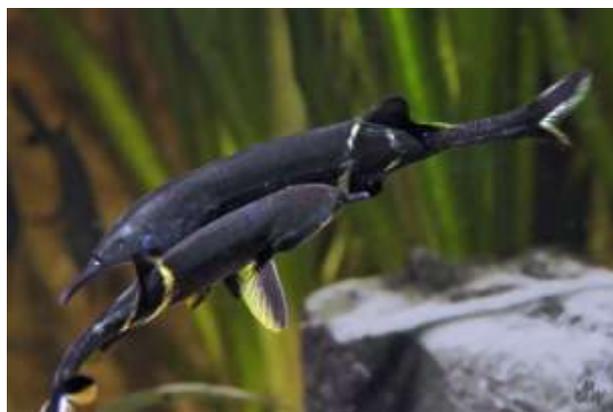
Setiap manusia memiliki sistem saraf yang dapat mengontrol gerak otot. Sistem saraf terdiri atas sel-sel saraf berfungsi untuk menerima, mengolah, dan mengirim rangsangan yang diterima panca indera. Rangsangan ini disebut impuls. Setiap sel saraf terdiri atas 3 bagian, yaitu badan sel saraf, dendrit, dan akson atau neurit. Selain ketiga bagian tersebut, pada sel saraf juga terdapat bagian tambahan berupa selubung myelin. Myelin sebetulnya bukan bagian sel saraf, tetapi terdiri dari sel pembentuk myelin yang berfungsi menyelubungi akson. Berdasarkan keberadaan myelin, terdapat dua macam neuron, yaitu neuron yang berselubung myelin dan neuron yang tidak berselubung myelin.

- **Hewan-Hewan Penghasil Listrik**

Seperti manusia, hewan menghasilkan listrik sebagai impuls rangsang dalam tubuhnya untuk menanggapi rangsangan, bergerak, berburu mangsa, melawan predator, atau bahkan navigasi. Meskipun pada umumnya arus listrik yang dihasilkan sangat lemah, namun ada beberapa hewan yang dianugerahi keistimewaan oleh Tuhan Yang Maha Esa sehingga mampu menghasilkan arus listrik yang sangat kuat. Hewan apa sajakah yang mampu menghasilkan arus listrik yang kuat? Bacalah informasi berikut dengan teliti.

a. Ikan Belalai Gajah

Ikan belalai gajah memiliki mulut yang panjang menyerupai bentuk belalai gajah. Ikan ini dilengkapi dengan organ khusus, yang disusun oleh ribuan sel *electroplax*, pada bagian ekor yang mampu menghasilkan listrik statis bertegangan tinggi.



Gambar 3.3 Ikan Belalai Gajah
Sumber: <http://zafact.blogspot.co.id>

Sel *electroplax* merupakan sel yang menghasilkan muatan negatif pada bagian dalam dan muatan positif pada bagian luar saat ikan belalai gajah dalam keadaan beristirahat. Arus listrik akan muncul pada saat otot ikan berkontraksi, pada saat itu pula ikan mampu mendeteksi keberadaan predator dan mangsa.

b. Ikan Pari Elektrik

Ikan pari elektrik mampu mengendalikan tegangan listrik yang ada pada tubuhnya. Kedua sisi kepala ikan pari elektrik mampu menghasilkan listrik hingga sebesar 220 volt. Besar tegangan ini sama seperti besar tegangan listrik yang ada di rumah.



Gambar 201. Ikan Pari Elektrik
Sumber: <http://yanuarasmara.blogspot.co.id>

c. Hiu Kepala Martil



Gambar 202. Hiu Kepala Martil
Sumber: apakabardunia.com

Hiu kepala martil memiliki ratusan ribu elektroreseptor atau sel penerima rangsang listrik. Hiu kepala martil mampu menerima sinyal listrik hingga setengah milyar volt. Hiu kepala martil biasa menggunakan kemampuan mendeteksi sinyal listrik untuk mengetahui letak mangsa di bawah pasir, menghindari keberadaan predator, dan untuk mendeteksi arus laut yang bergerak sesuai medan magnet bumi.

d. Echidnas



Gambar 203. Echidnas
Sumber: apakabardunia.com

Echidnas memiliki moncong memanjang yang berfungsi sebagai pengirim sinyal-sinyal listrik untuk menemukan serangga (mangsa). Elektroreseptor Echidnas terus menerus dibasahi agar lebih mudah untuk menghantarkan listrik. Hal inilah yang menyebabkan kebanyakan hewan yang memiliki sistem elektroreseptor berasal dari perairan.

e. Belut Listrik



Gambar 204. Belut Listrik
Sumber: trubus.id

Penelitian menunjukkan bahwa belut listrik dapat menghasilkan kejutan tanpa lelah selama satu jam. Besarnya jumlah energi listrik yang dihasilkan tersebut diyakini dapat membunuh manusia dewasa.

f. Lele Elektrik



Gambar 205. Lele Elektrik
Sumber: apakabardunia.com

Lele air tawar yang berasal dari perairan tropis di Afrika ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan listrik hingga sebesar 350 volt. Besarnya energi yang dihasilkan lele elektrik sama seperti energi listrik yang diperlukan untuk menyalakan komputer selama 45 menit.

- **Pemanfaatan Medan Magnet pada Migrasi Hewan**

Kehidupan makhluk hidup di bumi dipengaruhi oleh medan magnet bumi. Medan magnet bumi adalah daerah di sekitar bumi yang masih dipengaruhi oleh gaya

tarik bumi. Sebagian besar hewan memanfaatkan medan magnet bumi untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Medan magnet bumi berada di sekitar bumi, dapat mempengaruhi batang magnet yang diletakkan bebas disekitar permukaan bumi. Tahukah Anda, mengapa di utara bumi ada kutub selatan magnet bumi dan di selatan bumi ada kutub utara magnet bumi?

Hewan mampu mendeteksi medan magnet bumi karena di dalam tubuh hewan terdapat magnet. Fenomena tersebut dinamakan **biomagnetik**. Selain itu, medan magnet bumi dapat membantu hewan dalam menentukan arah migrasi, mempermudah upaya mencari mangsa, atau menghindari musuh. Tahukah Anda hewan apa saja yang melakukan migrasi dengan memanfaatkan medan magnet bumi? Cermati gambar dan uraian berikut yang menunjukkan beberapa hewan yang melakukan migrasi di bumi.

4. Migrasi Burung

Beberapa jenis burung, misal burung elang dan burung layang-layang, melakukan migrasi pada tiap musim tertentu. Burung tersebut menggunakan partikel magnetik yang ada pada tubuhnya untuk menciptakan “peta” navigasi dengan memanfaatkan medan magnet bumi.



Gambar 206. Migrasi Burung
Sumber: blog.sap.com

Pemanfaatan medan magnet bumi juga digunakan burung merpati pos. Pada zaman dahulu, burung merpati sering dimanfaatkan sebagai kurir surat. Bagaimanakah cara merpati untuk mengetahui jalan pulang? Ternyata merpati memanfaatkan medan magnet bumi sebagai penunjuk arah pulang. Hal ini ditunjukkan hasil penelitian Comel pada tahun 1974 yang memasang magnet di kepala burung merpati. Ternyata, setelah dipasang magnet pada

kepalanya, burung merpati tiba-tiba kehilangan arah dan tidak mengetahui jalan pulang. Mengapa pemasangan magnet pada kepala burung menyebabkan burung tersesat? cari jawabannya pada berbagai sumber yang dapat Anda peroleh!

Penemuan medan magnet menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Penemuan ini menghantarkan manusia ke era baru dalam tatanan kehidupan. Menariknya, tak hanya manusia yang dipengaruhi oleh penemuan hal tersebut, burung pun mengalaminya.

Sejak ditemukannya fenomena alam tentang elektromagnetik, perkembangan dalam dunia elektronik terus berkembang. Padahal, penemuan yang baru berusia 200 tahun itu ternyata memberikan baik hal positif maupun negatif. Umumnya, hal positif dirasakan oleh manusia sedangkan dampak yang negatif dirasakan oleh burung. Beberapa studi terakhir menunjukkan tingginya kemungkinan tentang medan listrik mempengaruhi pola migrasi beberapa jenis burung.

Bumi adalah magnet dengan ukuran paling besar sejauh pengetahuan manusia. Hal itu disebabkan karena inti bumi tersusun atas besi cair yang berputar sehingga membentuk pola medan magnet yang tak terlihat. Hasilnya, kutub utara dan selatan masing-masing menjadi kutub magnet pada bumi. Fenomena tersebut dimanfaatkan oleh burung sebagai penunjuk arah pada sistem navigasi burung. Hal ini pula yang menjelaskan mengapa arah jarum kompas selalu mengarah kepada kutub utara dan selatan bumi.

Medan magnet yang dihasilkan oleh Bumi tidak statis, melainkan dinamis. Medan tersebut ada di sekitar bumi dan medan gaya yang dihasilkan bersifat kontinu. Sebagai makhluk yang dilengkapi oleh sistem pendeteksi medan magnet, burung menggunakan gejala alam ini pada pola kehidupan migrasi mereka. Dengan memanfaatkan medan magnet bumi, beberapa jenis burung tidak akan pernah tersesat ketika bermigrasi dari daerah utara ke selatan. Medan magnet ini lah yang diproses oleh otak burung dan dijadikan rambu-rambu untuk menentukan posisi.

Namun, dengan begitu banyaknya alat-alat elektronik yang diciptakan oleh manusia, tercipta sebuah anomali magnetik yang berdampak pada kehidupan

burung. Dalam situsnya, scientificamerican.com menuliskan bahwa beberapa penelitian tentang migrasi burung menggunakan medan magnet bumi mengalami perubahan. Henrik Mouritsen membenarkan persoalan ini, ia mendapatkan bahwa sistem navigasi burung dipengaruhi oleh kegaduhan (noise) elektromagnetik. Sistem navigasi burung terganggu dengan adanya kegaduhan tersebut sehingga sulit menentukan tujuan.

Penemuan yang dilakukan Mouritsen dilandasi atas pola migrasi European Robins (*Erithacus rubecula*). Ia memodelkan noise elektromagnetik dengan rentang 50 kHz sampai 5 MHz yang merupakan rentang yang digunakan oleh transmisi radio AM. Percobaan ini dilakukan pada sebuah pondok kayu yang dilapisi oleh aluminium untuk mengurangi intensitas noise dari luar. Percobaan yang dilakukan memperlihatkan ketika arus listrik diputus dan aluminium dilepas dan noise elektromagnetik dihidupkan, burung tersebut mengalami disorientasi tujuan yang berarti mereka sulit untuk menemukan arah terbang.

5. Migrasi Salmon

Salmon memiliki kemampuan untuk kembali ke aliran sungai air tawar tempat awal mereka menetas dan tumbuh setelah berenang ribuan mil mengarungi lautan. Penelitian dilakukan terhadap ikan salmon yang melewati Sungai Fraser di Canada dan kembali ke Sungai Fraser lagi setelah dua tahun bermigrasi mengarungi Samudra Pasifik. Hal ini dikarenakan sungai Fraser memiliki medan magnet tertentu yang dapat dideteksi oleh ikansalmon.



Gambar 207.Migrasi Ikan Salmon
Sumber: imgkid.com

6. Migrasi Penyu

Penyu memulai dan mengakhiri migrasi di Pantai Timur Florida Amerika Serikat. Jalur migrasi sepanjang 12.900 km melewati Laut Sargasso, wilayah perairan Laut Atlantik Utara. Waktu yang dibutuhkan untuk sekali migrasi antara 5-10 tahun. Tidak seperti migrasi hewan lain yang umumnya dilakukan secara berkelompok, penyu bermigrasi sendiri tanpa mengikuti penyu lain.

Seorang peneliti yang bernama Kenneth Lohmann dari Universitas Carolina Utara mempelajari tingkah laku tukik atau penyu saat dihadapkan dengan medan magnet yang berbeda-beda. Peneliti tersebut meletakkan penyu ke dalam sebuah wadah air yang dikelilingi alat yang dapat menimbulkan medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan disesuaikan dengan medan magnet jalur migrasi penyu, yaitu wilayah Florida utara, wilayah timur laut dekat Portugal. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penyu mengikuti jalur migrasi yang diberikan.

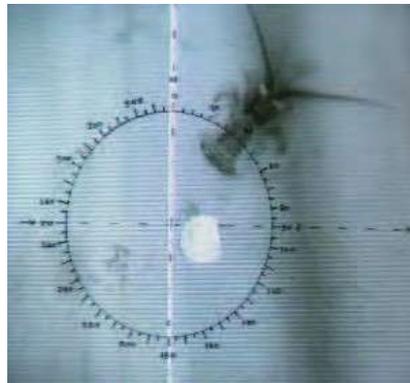


Gambar 208. Penyu yang Bermigrasi
Sumber: www.costarica-scuba.com

Ketika penyu mendeteksi medan magnet yang mirip dengan medan magnet wilayah dekat Portugal, penyu akan berenang menuju selatan ke arah Portugal. Pergerakan penyu dalam mengikuti jalur medan magnet bertujuan untuk menjaga penyu agar tetap berada di lautan yang hangat dan wilayah yang kaya akan sumber makanan.

7. Migrasi Lobster Duri

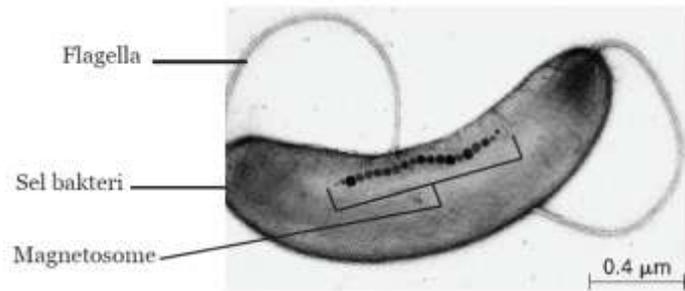
Peneliti Kenneth Lohmann juga mengobservasi kemampuan lobster duri untuk mendeteksi medan magnet dengan cara meletakkan lobster duri ke dalam bak air yang dapat diatur medan magnetnya. Setiap kali medan magnet diubah, lobster duri akan menyesuaikan diri untuk tetap bergerak menuju arah kutub utara. Hasil dari observasi tersebut membuktikan bahwa lobster duri mampu merasakan medan magnet bumi untuk memandu migrasi yang dilakukan dari lepas pantai Florida menuju lautan lepas yang lebih hangat dan tenang di setiap akhir musim gugur.



Gambar 209. Lobster Duri Mengikuti Arah Perubahan Medan Magnet
Sumber: National Geographic Channel

8. Magnet dalam Tubuh Bakteri

Tahukah Anda, bahwa dalam tubuh bakteri yang disebut dengan bakteri *Magnetotactic bacteria (MTB)* terdapat organel (komponen) khusus yang disebut **magnetosome**? *Magnetotactic bacteria* merupakan kelompok bakteri yang mampu melakukan navigasi dan bermigrasi dengan memanfaatkan medan magnet. Beberapa jenis bakteri ini memiliki flagela yang berfungsi sebagai pendorong.



Gambar 210. Magnetosome pada Bakteri *Magnetospirillum magnetotacticum* Saat dilihat dengan Menggunakan Mikroskop Elektron dengan Perbesaran Ribuan Kali

Jenis bakteri ini ditemukan pertama kali oleh Richard P. Blakemore pada tahun 1975. Magnetosome tersusun atas senyawa magnetite (Fe_3O_4) atau greigite (Fe_3S_4) yang memiliki sifat kemagnetan jauh lebih kuat dibandingkan dengan magnet sintetik atau yang dibuat oleh manusia. Magnetosome dan senyawa yang terkandung di dalamnya masih terus diteliti dan diduga memiliki potensi yang besar untuk digunakan dalam bidang kesehatan.

D. Rangkuman

Rangkuman Pendengaran pada Manusia dan Hewan

- Organ pendengaran pada manusia adalah telinga yang berfungsi menangkap gelombang suara dan memberikan rangsang pada sel saraf untuk diterjemahkan di otak.
- Telinga manusia dibagi menjadi 3 area, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.
- Telinga manusia mampu mendengar bunyi dengan frekuensi 20-20.000 Hz yang disebut bunyi audiosonik. Beberapa hewan dapat mendengar bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz yang disebut bunyi infrasonik, dan bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz yang disebut bunyi ultrasonik.
- Sonar merupakan suatu sistem penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksirkan ukuran, bentuk, atau kedalaman yang biasa dipakai di kapal atau hewan tertentu seperti lumba- lumba dan kelelawar.

Rangkuman Indra Penglihatan Manusia dan Hewan

- Bagian mata yang banyak berperan pada proses pembentukan bayangan benda adalah kornea, iris, lensa, dan retina.
- Gangguan pada lensa mata dapat menyebabkan seseorang menderita miopi, hipermetropi, buta warna, presbiopi, dan astigmatisma.
- Miopi adalah kelainan yang menyebabkan seseorang tidak dapat melihat dengan jelas benda yang jaraknya jauh (tak hingga). Penderita hipermetropi dapat dibantu dengan lensa cekung.
- Hipermetropi adalah kelainan yang menyebabkan seseorang tidak dapat melihat dengan jelas benda yang jaraknya dekat. Penderita hipermetropi dapat dibantu dengan lensa cembung.
- Buta warna adalah kelainan yang disebabkan ketidakmampuan sel-sel kerucut mata untuk menangkap suatu warna tertentu.
- Penderita presbiopi tidak mampu melihat dengan jelas benda- benda yang berada di jarak jauh maupun benda yang berada pada jarak dekat. Presbiopi dapat dibantu dengan kaca mata rangkap, yaitu kaca mata cembung dan cekung.
- Mata serangga disebut juga mata majemuk atau mata faset yang terdiri atas beberapa omatidia. Omatidia berfungsi sebagai reseptor penglihatan yang terpisah. Gabungan seluruh respons dari omatidia merupakan bayangan mosaik

Rangkuman Kelistrikan pada Sel saraf

- Hewan tertentu dapat menghasilkan listrik, misalnya ikan belalai gajah, ikan pari elektrik, hiu kepala martil, echidnas, belut listrik, lele elektrik.
- Lobster duri, bakteri, merpati, elang, salmon, dan penyu laut memanfaatkan prinsip medan magnet bumi untuk navigasi, menghindari predator, dan mencari mangsa.