

Pembelajaran 3. Gelombang, Optik, dan Listrik Magnet

Sumber: Modul 5. Pendidikan Profesi Guru.

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 3. Pembelajaran Gelombang, Optik, dan Listrik Magnet, ada beberapa kompetensi guru bidang studi yang akan dicapai pada pembelajaran ini, kompetensi yang akan dicapai pada pembelajaran ini adalah guru P3K mampu:

Menguasai teori dan aplikasi materi pelajaran IPA yang mencakup: Gelombang, Optik, Listrik, dan Magnet.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator Pencapaian kompetensi yang akan dicapai dalam pembelajaran 3 ini antara lain adalah:

1. Menerapkan konsep getaran, gelombang dan bunyi dalam kehidupan sehari-hari.
2. Menerapkan konsep cahaya, Pembentukan bayangan pada cermin/lensa, dan gangguan pada indra penglihatan dalam kehidupan sehari-hari.
3. Menerapkan konsep listrik Statis, Listrik Dinamis dalam kehidupan sehari-hari.
4. Menerapkan konsep Kemagnetan, Induksi Elektromagnetik, dan teknologi kemagnetan dalam kehidupan sehari-hari.

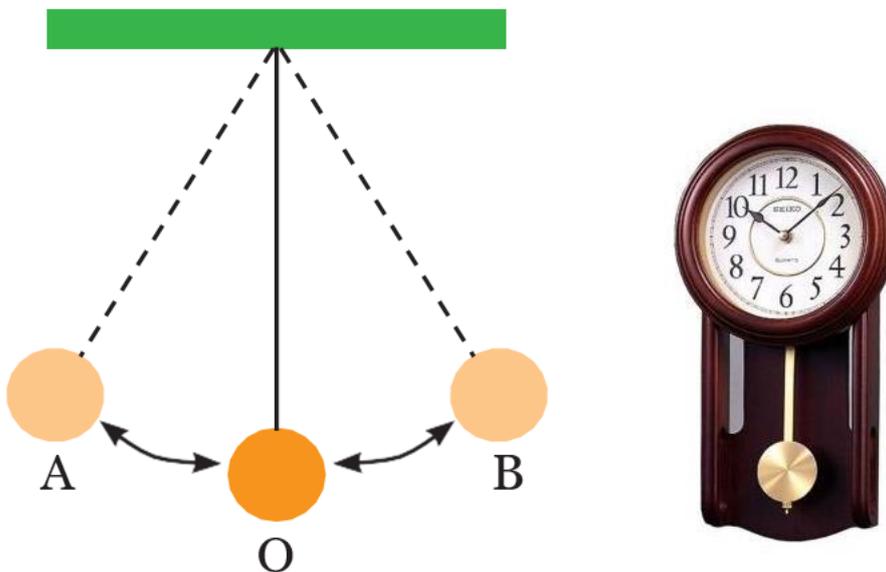
C. Uraian Materi

Pernahkah Anda berpikir bagaimana seseorang dapat mendengar bunyi? Apa yang dimaksud dengan bunyi? Darimana bunyi berasal? Kita membutuhkan alat indra berupa telinga untuk mendengar. Di dalam telinga terdapat berbagai struktur yang memiliki fungsi tertentu sehingga dapat mendeteksi adanya vibrasi mekanis (getaran) hingga terjadilah proses mendengar. Kita wajib bersyukur kepada Tuhan, atas karunia telinga yang diberikan kepada kita.

1. Getaran

Semua benda akan bergetar apabila diberi gangguan. Benda yang bergetar ada yang dapat terlihat secara kasat mata karena simpangan yang diberikan besar, ada pula yang tidak dapat dilihat karena simpangannya kecil. Benda dapat dikatakan bergetar jika benda bergerak bolak-balik secara teratur melalui titik kesetimbangan.

Apakah orang yang berjalan bolak-balik dapat disebut dengan bergetar? Tentu saja tidak. Orang yang berjalan bolak-balik belum tentu melalui titik kesetimbangan. Agar memahami tentang getaran, perhatikan Gambar 3.1 tentang bandul sederhana.



Gambar 84. Bandul Sederhana dan aplikasinya pada jam pendulum
Sumber: Dok. Kemdikbud, blibli.com

Sebuah bandul sederhana mula-mula diam pada kedudukan O (kedudukan setimbang). Bandul tersebut ditarik ke kedudukan A (diberi simpangan kecil). Pada saat benda dilepas dari kedudukan A, bandul akan bergerak bolak-balik secara teratur melalui titik A-O-B-O-A dan gerak bolak balik ini disebut satu getaran. Salah satu ciri dari getaran adalah adanya amplitudo atau simpangan terbesar. Setiap kali bergetar, berapa banyak waktu yang dibutuhkan? Apa saja yang memengaruhi getaran tersebut? Agar memahami hal tersebut, lakukan kegiatan berikut.

Mari Kita Lakukan

Aktivitas 3.1 Getaran

Apa yang Anda perlukan?

1. 1 buah bandul
2. 1 buah statif
3. 1 buah *Stopwatch*
4. Tali nilon dengan panjang 15 cm dan 30 cm

Apa yang harus Anda lakukan?

1. Ikatkan bandul pada statif sehingga menggantung!
2. Tarik bandul dengan memberi simpangan kecil ($< 10^\circ$) kemudian lepaskan. Setelah bandul bergerak satu getaran, hidupkan *stopwatch*!
3. Catatlah waktu yang diperlukan bandul bergerak bolak-balik dengan jumlah getaran dan panjang tali seperti yang tercantum pada Tabel 1.1! Lengkapi tabel tersebut!

Tabel 11. Hasil Pengamatan Getaran Bandul

Panjang Tali (l)	Jumlah Getaran (n)	Waktu getaran (t)	Waktu untuk 1 kali bergetar (T)	Jumlah getaran dalam 1 sekon (f)
15	5			
	10			
	15			
	20			
30	5			
	10			
	15			

Panjang Tali (l)	Jumlah Getaran (n)	Waktu getaran (t)	Waktu untuk 1 kali bergetar (T)	Jumlah getaran dalam 1 sekon (f)
	20			

Apa yang perlu Anda diskusikan?

1. Berapa **waktu** yang dibutuhkan untuk melakukan 1 getaran dengan panjang tali 15 cm? Berapa pula waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 getaran dengan panjang tali 30 cm?

“Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran disebut periode (T)”

2. Berapa jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon pada panjang tali 15 cm? Berapa pula jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon pada panjang tali 30 cm?

“Jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon disebut frekuensi (f).”

3. Secara matematis, bagaimana Anda merumuskan periode? Apa satuannya?
4. Secara matematis, bagaimana Anda merumuskan frekuensi? Apa satuannya?
5. Bagaimana hubungan antara frekuensi dan periode?

Apa yang dapat Anda simpulkan?

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

Berdasarkan percobaan pada Aktivitas 1, dapat diketahui bahwa panjang tali pada bandul berpengaruh terhadap periode getar. Semakin panjang tali, maka semakin besar periode getarnya dan semakin kecil frekuensinya. Dengan demikian, besar periode berbanding terbalik dengan besar frekuensi.

Mari Kita Selesaikan

Jika ayunan sederhana bergetar sebanyak 60 kali dalam waktu 15 sekon, tentukan:

1. frekuensi ayunan, dan
2. periode ayunan.

2. Gelombang

Jika Anda memukul panci di dekat wadah berlapis plastik yang di atasnya ditaruh segenggam beras, maka beras akan bergetar. Mengapa hal itu dapat terjadi? Ternyata, energi getaran yang dihasilkan dari pukulan panci akan merambat, sehingga menyebabkan plastik ikut bergerak. Dalam bentuk apa energi getaran itu merambat? Energi getaran akan merambat dalam bentuk gelombang. Pada perambatan gelombang yang merambat adalah energi, sedangkan zat perantaranya tidak ikut merambat (hanya ikut bergetar). Pada saat kita mendengar, getaran akan merambat dalam bentuk gelombang yang membawa sejumlah energi, sehingga sampai ke saraf yang menghubungkan ke otak kita.

Berdasarkan energinya, gelombang dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu **gelombang mekanis** dan **gelombang elektromagnetik**. Perambatan gelombang mekanis memerlukan medium (perantara), misal gelombang tali, gelombang air, dan gelombang bunyi. Perambatan gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium, misal gelombang cahaya. Dari kedua jenis gelombang tersebut, yang akan Anda pelajari adalah gelombang mekanis.

a. Gelombang Transversal

Tahukah Anda apa itu gelombang transversal? Sebelum Anda mempelajari gelombang transversal, lakukan aktivitas berikut.

Mari Kita Lakukan

Aktivitas 3.2 Gelombang Transversal

Apa yang Anda perlukan?

Tali tambang

Apa yang harus Anda lakukan?

1. Letakkan tali tambang di atas lantai!
2. Mintalah teman Anda untuk memegang salah satu ujung tali!
3. Berilah usikan pada tali beberapa kali ke arah samping!
4. Amati arah rambat gelombangnya!

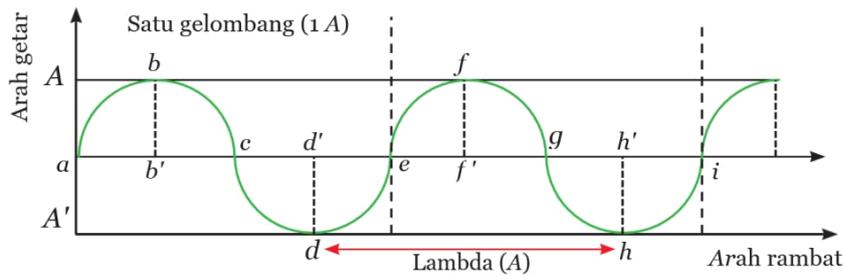
Apa yang perlu Anda diskusikan?

1. Kemanakah arah rambat gelombang?
2. Apakah arah getar dengan arah rambat gelombang saling tegak lurus?

Apa yang dapat Anda simpulkan?

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

Ketika tali diberi simpangan, tali akan bergetar dengan arah getaran ke atas dan ke bawah. Pada tali, gelombang merambat tegak lurus dengan arah getarnya. Bentuknya seperti ini disebut gelombang transversal. Contoh lain gelombang transversal ada pada permukaan air. Panjang gelombang transversal sama dengan jarak satu bukit gelombang dan satu lembah gelombang ($a-b-c-d-e$ pada Gambar 1.2). Panjang satu gelombang dilambangkan dengan λ (dibaca lambda) dengan satuan meter. Simpangan terbesar dari gelombang itu disebut amplitudo (bb' atau dd' pada Gambar 1.2). Dasar gelombang terletak pada titik terendah gelombang, yaitu d dan h , dan puncak gelombang terletak pada titik tertinggi yaitu b dan f . Lengkungan $c-d-e$ dan $g-h-i$ merupakan lembah gelombang. Lengkungan $a-b-c$ dan $e-f-g$ merupakan bukit gelombang.



Gambar 85. Grafik Simpangan terhadap Arah Rambat
Sumber: Dok. Kemdikbud

b. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal dapat Anda amati pada slinki atau pegas yang diletakkan di atas lantai. Ketika slinki digerakkan maju-mundur secara terus menerus, akan terjadi gelombang yang merambat pada slinki dan membentuk pola rapatan dan regangan. Gelombang longitudinal memiliki arah rambat yang sejajar dengan arah getarnya.

Mari Kita Lakukan

Aktivitas 3.3 Gelombang *Longitudinal*

Apa yang Anda perlukan?

Slinki (Gambar 3.3)



Gambar 86. Slinki
Sumber: Dok. Kemdikbud

Apa yang harus Anda lakukan?

1. Letakkan slinki di atas lantai yang licin dan minta teman Anda memegang salah satu ujungnya!

2. Gerakkan salah satu ujung slinki dengan cara memberikan dorongan dan tarikan pada slinki!
3. Amati dan gambarkan fenomena yang terjadi pada slinki!

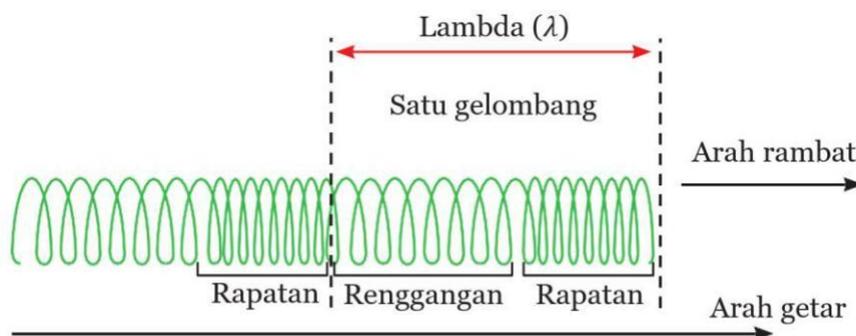
Apa yang perlu Anda diskusikan?

1. Pada saat Anda mendorong dan menarik slinki, ke arah manakah getaran pada slinki?
2. Kemanakah arah rambat gelombang?
3. Apakah arah getar dengan arah rambat gelombang searah? Mengapa?

Apa yang dapat Anda simpulkan?

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

Contoh gelombang longitudinal adalah gelombang bunyi. Satu gelombang longitudinal terdiri atas satu rapatan dan satu regangan seperti pada Gambar 3.4. Besaran-besaran yang digunakan pada gelombang longitudinal sama dengan besaran-besaran pada gelombang transversal. Dapatkah Anda menyebutkannya?



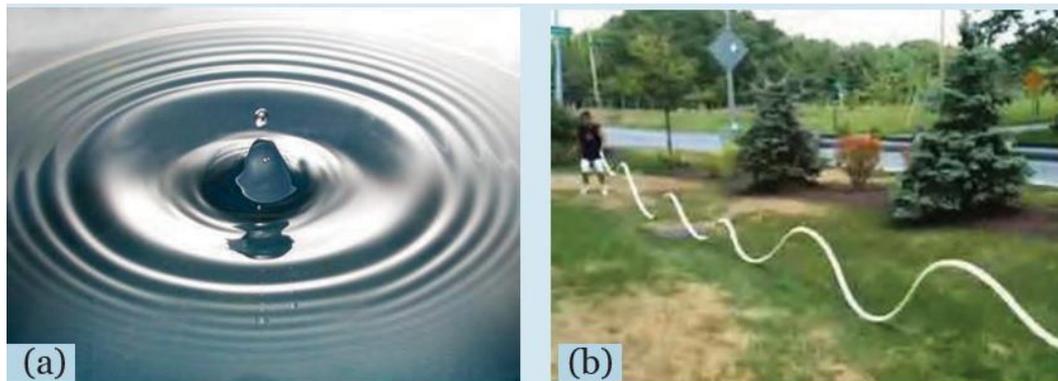
Gambar 87. Rapatan dan Renggangan pada Gelombang Longitudinal
Sumber: Dok. Kemdikbud

c. Pemantulan Gelombang

Apakah gelombang dapat dipantulkan? Agar memahami pemantulan gelombang pada tali, ayo diskusikan permasalahan berikut.

Mari Kita Diskusikan

Jika kita membuat usikan pada tali yang salah satu ujungnya dipegang teman Anda, bagaimanakah kondisi gelombang yang terjadi pada tali? Apakah ada gelombang yang dipantulkan?



Gambar 88. Gelombang pada Air, (b) Gelombang pada Tali
Sumber: (a) hendrix2.uoregon.edu.(b) i.ytimg.com

Pemantulan gelombang adalah peristiwa membaliknya gelombang setelah mengenai penghalang. Seperti gelombang tali pada Gambar 1.5, gelombang yang mencapai ujung akan memberikan gaya ke atas pada penopang yang ada di ujung, sehingga penopang memberikan gaya yang sama tetapi berlawanan arah ke bawah pada tali. Gaya ke bawah pada tali inilah yang membangkitkan gelombang pantulan yang terbalik.

3. Bunyi

Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran. Bunyi tidak dapat terdengar pada ruang hampa udara karena bunyi membutuhkan zat perantara untuk menghantarkan bunyi baik zat padat, cair maupun gas. Sumber bunyi sebagai sumber getar memancarkan gelombang-gelombang longitudinal ke segala arah melalui medium baik padat, cair maupun gas. Sumber getar tersebut

dapat berasal dari kawat, batang, bahkan ombak di pantai. Getaran dari sumber getaran menggetarkan udara di sekitarnya dan getaran di udara menjalar sebagai gelombang longitudinal dengan kecepatan sekitar 340 m/s.

a. Cepat Rambat Bunyi di Udara.

Untuk mengetahui cepat rambat bunyi di udara diperlukan alat tabung resonansi yang bekerja berdasarkan prinsip gelombang stasioner. Bunyi akan terdengar pada saat terbentuk perut.

Resonansi adalah suatu gejala dimana ikut bergetarnya suatu sumber bunyi karena bergetarnya bunyi yang lain dengan frekuensi sama. Dalam kehidupan sehari-hari, kita dapat mengamati resonansi menggunakan kolom udara. Jika pada kolom udara yang terletak diatas permukaan air digetarkan garputala maka molekul-molekul air akan bergetar. molekul air akan bergetar.

Resonansi pada kolom udara terjadi jika:

- Pada permukaan air terjadi simpul gelombang
- Pada ujung tabung bagian atas merupakan perut gelombang

Resonansi pertama terjadi pada saat panjang tabung resonansi = $\frac{1}{4}\lambda$ karena jarak dari perut ke perut berturutan untuk gelombang stasioner = $\frac{1}{2}\lambda$ maka resonansi ke dua akan terjadi saat panjang tabung $\frac{3}{4}\lambda$ dengan mencari selisih panjang antara resonansi ke 1 dengan ke 2 kita dapat menentukan panjang gelombang bunyi, yaitu:

$$\Delta l = l_2 - l_1$$

$$\Delta l = \frac{3}{4}\lambda - \frac{1}{4}\lambda$$

$$\Delta l = \frac{1}{2}\lambda \text{ sehingga } \lambda = 2.\Delta l$$

selanjutnya cepat rambat (v) gelombang bunyi di udara dapat ditentukan dengan persamaan:

$v = \lambda.f$, karena $\lambda = 2.\Delta l$, maka persamaan v menjadi:

$$v = 2.\Delta l.f$$

Dengan :

f = frekuensi sumber bunyi yang digunakan (diketahui).

λ = panjang gelombang (m).

v = cepat rambat bunyi (m/s).

Saat kita memetik gitar, memukul gong, dan memukul garpu tala, kita akan menemukan bahwa tong, senar, dan garpu tala mengeluarkan suara pada saat benda-benda tersebut bergetar. Namun pada saat benda-benda itu diam, ketiga benda itu tidak bersuara. Suara tersebut dikenal dengan **bunyi**. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa bunyi ditimbulkan oleh benda-benda yang bergetar. Bunyi garpu tala menuju telinga dihantarkan oleh rapatan dan regangan partikel-partikel udara. Pada waktu bunyi keluar dari garpu tala, langsung akan menumbuk molekul-molekul udara. Molekul udara ini akan menumbuk udara di sebelahnya yang mengakibatkan terjadinya rapatan dan regangan, demikian seterusnya sampai ke telinga. Perhatikan Gambar 3.6!



Gambar 89. Gelombang Bunyi yang Merambat Menuju Telinga
Sumber: www.centralparkent.net

Apakah molekul udara berpindah? Molekul udara tidak berpindah, tetapi hanya merapat dan merenggang. Bunyi sampai di telinga karena merambat dalam bentuk gelombang. Gelombang yang tersusun dari rapatan dan regangan adalah gelombang longitudinal. Tanpa adanya medium atau zat perantara, bunyi tidak dapat merambat. Hal ini mengakibatkan bunyi termasuk jenis gelombang mekanis. Begitu pula ketika kita mendengar bunyi akan dirambatkan ke telinga kita melalui udara. Jadi dapat disimpulkan bahwa bunyi dapat terdengar bila ada:

- 1) sumber bunyi,

- 2) Medium/zat perantara,
- 3) Alat penerima/ pendengar.

Seberapa cepat kita dapat mendengar bunyi? Ahli fisika bernama Miller melakukan percobaan untuk mengukur kecepatan bunyi di udara dengan menembakkan peluru sebagai sumber bunyi dan meletakkan detektor pada jarak tertentu. Pada percobaan tersebut, kecepatan bunyi tergantung pada temperatur. Semakin rendah suhu udara, maka semakin besar kecepatan bunyi. Hal ini yang menjelaskan mengapa pada malam hari bunyi terdengar lebih jelas daripada siang hari. Pada siang hari gelombang bunyi dibiaskan ke arah udara yang lebih panas (ke arah atas) karena suhu udara di permukaan bumi lebih dingin dibandingkan dengan udara pada bagian atasnya. Berlawanan pada malam hari, gelombang bunyi dipantulkan ke arah yang lebih rendah karena suhu permukaan bumi lebih hangat dibandingkan dengan udara pada bagian atasnya.

Selain dipengaruhi oleh suhu, cepat rambat bunyi di udara juga dipengaruhi oleh jenis medium. Medium manakah yang akan menghantarkan bunyi paling cepat? Perhatikan Tabel 3.2!

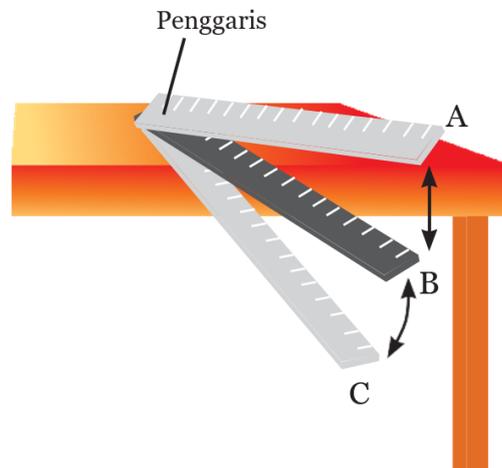
Tabel 12. Cepat rambat gelombang bunyi pada berbagai medium

Medium	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
Udara (0°C)	331
Udara (15°C)	340
Air (25°C)	1.940
Air laut (25°C)	1.530
Aluminium (20°C)	5.100
Tembaga (20°C)	3.560
Besi (20°C)	5.130

b. Frekuensi Bunyi

Apakah semua bunyi dapat terdengar oleh telinga manusia? Ketika Anda menggetarkan penggaris di meja dengan getaran kurang dari 20 getaran per

sekon, kita tidak dapat mendengar bunyi. Kita baru dapat mendengarkan bunyi ketika penggaris menghasilkan 20 getaran per sekon atau lebih



Gambar 90. Penggaris Plastik yang Digetarkan
Sumber: Dok. Kemdikbud

Berdasarkan frekuensinya, bunyi dibagi menjadi tiga, yaitu infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik. Bunyi infrasonik memiliki frekuensi kurang dari 20 Hz. Bunyi infrasonik hanya mampu didengar oleh hewan-hewan tertentu seperti jangkrik dan anjing.

Bunyi yang memiliki frekuensi 20-20.000 Hz disebut audiosonik. Manusia dapat mendengar bunyi hanya pada kisaran ini. Bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz disebut ultrasonik. Kelelawar, lumba-lumba, dan anjing adalah contoh hewan yang dapat mendengar bunyi ultrasonik.

Tabel 13. Klasifikasi frekuensi bunyi

Jenis Bunyi	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
Udara (0°C)	331
Udara (15°C)	340
Air (25°C)	1.940
Air laut (25°C)	1.530
Aluminium (20°C)	5.100

Tembaga (20°C)	3.560
Besi (20°C)	5.130

Anjing adalah salah satu contoh hewan yang mampu menangkap bunyi infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik (kurang dari 20 Hz hingga 40.000 Hz). Anjing akan terbangun jika mendengar langkah kaki manusia walaupun sangat pelan. Hal ini menjadi alasan oleh sebagian orang untuk memanfaatkan anjing sebagai penjaga rumah. Selain anjing, kelelawar juga mampu memanfaatkan bunyi dengan baik. Kelelawar dapat mengeluarkan gelombang ultrasonik saat terbang. Pada malam hari, mata kelelawar mengalami disfungsi (pelemahan fungsi). Kelelawar menggunakan indra pendengarannya untuk “melihat”. Kelelawar mengeluarkan bunyi ultrasonik sebanyak mungkin. Kemudian, kelelawar mendengarkan bunyi pantul tersebut untuk mengetahui letak suatu benda dengan tepat, sehingga kelelawar mampu terbang dalam keadaan gelap tanpa menabrak benda-benda di sekitarnya. Mekanisme untuk memahami keadaan lingkungan dengan bantuan bunyi pantul ini sering disebut dengan **sistem ekolokasi**.

c. Dawai / senar sebagai sumber bunyi

Jika kita petik senar sebuah gitar (misalnya), pada tempat yang berbeda, dan kita amati benar, maka kita akan mendengar bunyi dengan frekuensi yang berbeda . Perbedaan ini dikarenakan perbedaan panjang gelombang yang terjadi, meskipun tegangan senar / dawaiinya sama. Hal ini dapat kita lihat seperti gambar dibawah ini!

Pada gambar 1, nada yang dihasilkan disebut Dengan Nada Dasar,(Harmonis ke-1), dimana pada keadaan Ini berlaku :

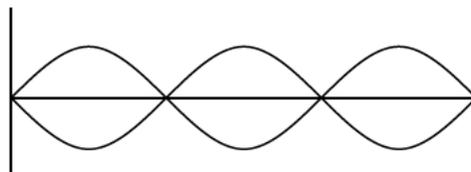
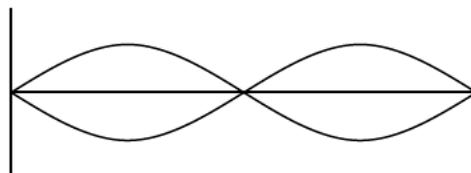
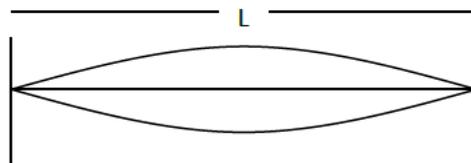
$$L = \frac{1}{2} \cdot \lambda_0 \text{ atau } \lambda = 2 \cdot L$$

Pada gambar 2, nada yang dihasilkan disebut Dengan Nada Atas-1 (Harmonis ke-2), Dimana pada keadaan ini berlaku:

$$L = \lambda_1$$

Pada gambar 3, nada yang dihasilkan disebut Dengan Nada Atas-2 (Harmonis ke-3), Dimana pada keadaan ini berlaku:

$$L = \frac{3}{2} \cdot \lambda_2 \text{ atau } \lambda_2 = \frac{2}{3} \cdot L$$



Dengan menggunakan persamaan $v = \lambda \cdot f$ dan $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ maka frekuensi getaran dawai dapat dirumuskan:

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{atau} \quad f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$$

Sehingga untuk nada dasar berlaku:

$$f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{atau} \quad f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$$

Sehingga untuk nada dasar atas -1 berlaku:

$$f_1 = \frac{2}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{atau} \quad f_1 = \frac{2}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$$

Sehingga untuk nada dasar atas -2 berlaku:

$$f_1 = \frac{3}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{atau} \quad f_1 = \frac{3}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$$

Bentuk Persamaan diatas dikenal dengan “Hukum Marsenne “ yang berbunyi :

Frekuensi senar yang kedua ujungnya terikat adalah:

1. Berbanding terbalik dengan panjang senar
2. Berbanding lurus dengan akar kuadrat dari gaya tegangan senar
3. Berbanding terbalik dengan akar kuadrat dari massa jenis bahan senar, dan
4. Berbanding terbalik dengan akar kuadrat dari luas penampang senar

Perbandingan frekuensi pada dawai berlaku :

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} : \frac{2}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} : \frac{3}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} : \dots$$

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = \frac{1}{2L} : \frac{2}{2L} : \frac{3}{2L} : \dots$$

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$

Disimpulkan :

“Pada Dawai yang bergetar perbandingan frekuensi yang berturutan merupakan perbandingan dari bilangan bulat positif “

Pada Dawai akan berlaku hubungan banyaknya simpul dan perut adalah :

$$\Sigma \text{ Simpul} = \Sigma \text{ Perut} + 1$$

d. Aplikasi Gelombang Bunyi 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.

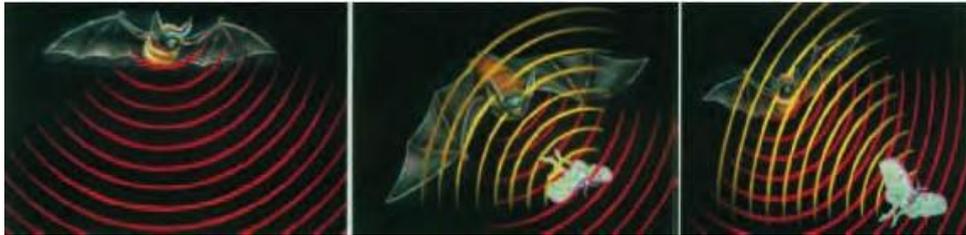
1) Kelelawar

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.



Gambar 91. Sistem sonar pada kelelawar
Sumber : www.hngn.com.

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 92. 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 lalat yang bergerak menjauh, sehingga pantulannya tidak hilang.

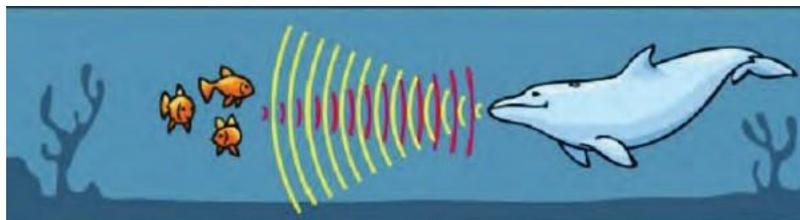
2) Lumba-lumba

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 93.Lumba-Lumba
Sumber : www.apakabardunia.com



Gambar 94.Sistem Sonar pada Lumba-Lumba
Sumber : www.hngn.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 terpisahkan oleh jarak lebih dari 220 km. Lumba-lumba berkomunikasi untuk menemukan pasangan dan saling mengingatkan akan bahaya.

4. Cahaya

Maha Kuasa Tuhan yang telah menciptakan cahaya. Mungkin di antara Anda masih ada yang bertanya-tanya tentang cahaya, karena tidak mengetahui wujud dan tidak dapat memegang cahaya bukan? Cahaya tidak mempunyai wujud, namun cahaya ada di sekitar Anda dan dapat dirasakan keberadaannya. Cara paling mudah untuk merasakan cahaya adalah dengan menyalakan dan mematikan lampu pada malam hari. Coba rasakan bagaimana pengaruh keberadaan cahaya terhadap proses penglihatan!

Perhatikan Gambar 3.12! Dengan adanya cahaya Anda dapat melihat indahny ciptaan Tuhan, mulai dari wajah teman-temanmu, berbagai jenis bunga dan hewan, pemandangan alam, atau lukisan yang dibuat oleh seorang seniman.



Gambar 95.(a) Berbagai Bunga, (b) Pemandangan Alam Gunung Bromo
Sumber: (a) www.gardeningknowhow.com. (b) www.bambaexperience.com

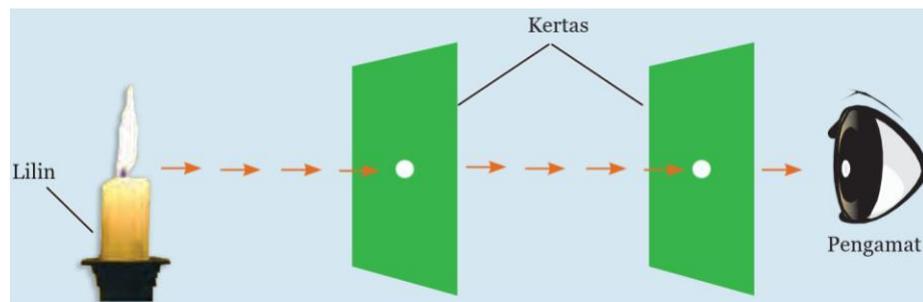
Bayangkan jika tidak ada cahaya, kita hanya akan mengalami kegelapan selama kita hidup dan tidak dapat melihat indahny ciptaan Tuhan. Kita wajib bersyukur kepada Tuhan atas karunia cahaya yang diberikan kepada kita. Mengapa cahaya dapat membantu kita melihat? Bagaimana proses melihat dengan adanya cahaya tersebut? Agar mengetahuinya, ayo kita pelajari materi ini dengan penuhsemangat!

Beberapa sifat cahaya yang anda harus pahami antara lain adalah yaitu, merambat lurus, dapat dipantulkan, dapat dibiaskan, dan merupakan gelombang elektromagnetik.

a. Cahaya Merambat Lurus

Pernahkah Anda menyalakan lilin atau lampu di tempat gelap? Jika lilin atau lampu dinyalakan akan dihasilkan cahaya yang dapat menerangi tempat yang gelap. Tahukah Anda bagaimanakah arah rambatan cahaya tersebut?

Perhatikan gambar 3.13! Apayang terjadi jika kedua lubang pada kertas tersebut dan mata tidak berada dalam satu garis lurus?

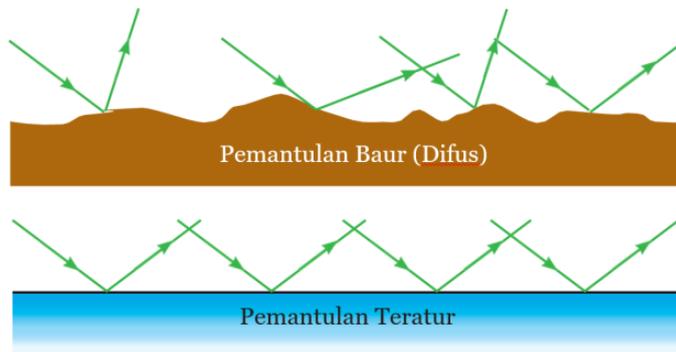


Gambar 96.Set Percobaan Perambatan Cahaya
Sumber: Dok. Kemdikbud

Jika kedua lubang pada kertas tersebut dan mata tidak berada dalam satu garis lurus maka kita tidak bisa melihat berkas cahaya yang datang dari nyala lilin. Ini membuktikan bahwa arah rambat cahaya adalah lurus.

b. Cahaya dapat Dipantulkan

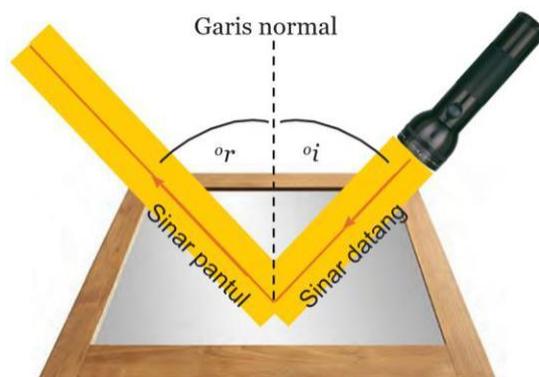
Apakah Anda dapat membedakan benda-benda berdasarkan warnanya? Apa yang menyebabkan demikian? Cahaya memiliki sifat dapat dipantulkan jika menumbuk suatu permukaan bidang. Pemantulan yang terjadi dapat berupa pemantulan baur dan pemantulan teratur. Pemantulan baur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang tidak rata, seperti aspal, tembok, dan batang kayu. Pemantulan teratur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang rata, seperti cermin datar. Pada pemantulan baur dan pemantulan teratur, sudut pantulan cahaya besarnya selalu sama dengan sudut datang cahaya (perhatikan Gambar 3.14).



Gambar 97. Pemantulan Baur dan Pemantulan Teratur
Sumber: Dok. Kemdikbud

Hal tersebut adalah sesuai dengan hukum pemantulan cahaya yang dikemukakan oleh Snellius. Snellius menambahkan konsep garis normal yang merupakan garis khayal yang tegak lurus dengan bidang pantul. Garis normal berguna untuk mempermudah Anda menggambarkan pembentukan bayangan oleh cahaya. Snellius mengemukakan bahwa:

1. Sinar datang garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.
2. Besar sudut datang sama dengan besar sudut pantul ($^{\circ}i = ^{\circ}r$).



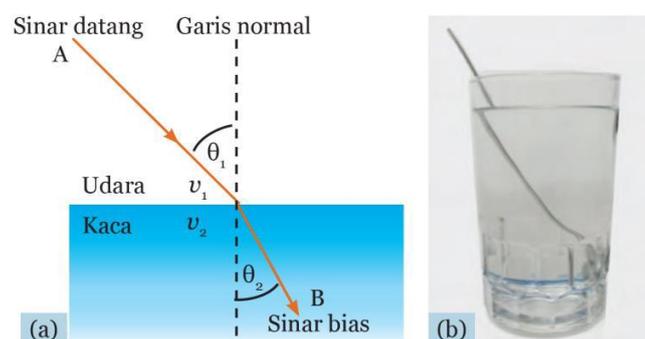
Gambar 98. Proses Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar

Kemampuan Anda untuk membedakan warna, tidak terlepas dari sifat cahaya. Cahaya yang mengenai benda sebagian akan dipantulkan ke mata dan sebagian lagi akan diserap benda sebagai energi. Misalnya cahaya yang mengenai benda terlihat berwarna merah. Hal ini berarti spektrum cahaya merah akan dipantulkan

oleh benda, sedangkan spektrum warna lainnya akan diserap oleh benda tersebut.

c. Cahaya dapat Dibiaskan

Cahaya akan dibiaskan ketika melalui dua medium yang memiliki kerapatan optik yang berbeda. Kecepatan cahaya akan menurun saat dari udara memasuki air atau medium yang lebih rapat. Semakin besar perubahan kecepatan cahaya saat melalui dua medium yang berbeda, akan semakin besar pula efek pembiasan yang terjadi. Namun, pembiasan tidak akan terjadi saat cahaya masuk dengan posisi tegak lurus bidang batas kedua medium.



Gambar 99.(a) Pembiasan Berkas Cahaya, (b) Pembiasan pada Sendok di dalam
Sumber: Dok. Kemdikbud

Mari Kita Cari Tahu

Anda pasti pernah melihat bayang-bayang benda. Apa sebenarnya bayang-bayang itu? Bayang-bayang terjadi sebagai akibat cahaya merambat pada garis lurus. Bayang-bayang merupakan suatu daerah gelap yang terbentuk pada saat sebuah benda menghalangi cahaya yang mengenai suatu permukaan. Jika sumber cahaya cukup besar, bayang-bayang sering terdiri atas dua bagian.

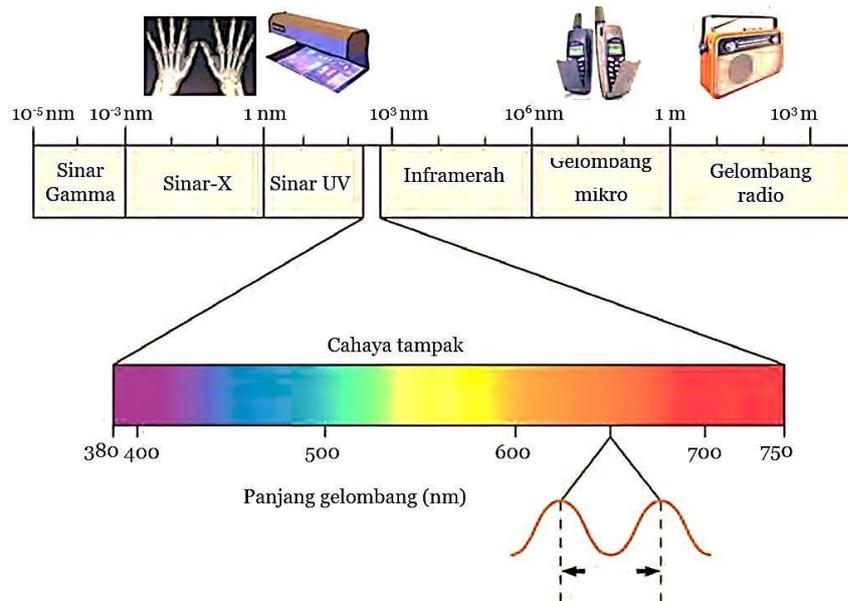
Apabila cahaya tersebut terhalang seluruhnya, terbentuklah umbra, yaitu bagian pertama bayang-bayang yang sangat gelap. Daerah di luar umbra menerima sebagian cahaya, terbentuklah penumbra, yaitu bagian kedua bayang-bayang yang terletak di luar umbra dan tampak berwarna abu-abu kabur.

d. Cahaya merupakan Gelombang Elektromagnetik

Bayangkan saat ini Anda sedang berdiri di tepi pantai. Pada saat itu Anda melihat ombak yang sangat besar sedang melaju menuju ke arah Anda. Deburan ombak tersebut hanya memindahkan sejumlah energi dengan memindahkan mediumnya (air laut) karena angin. Hal ini dibuktikan dengan terdengarnya suara ombak (energi gerak menjadi bunyi). Berbeda dengan gelombang laut, cahaya dapat mentransfer energi dari satu tempat ke tempat lainnya tanpa menggunakan medium. Gelombang cahaya terbentuk karena adanya perubahan medan magnet dan medan listrik secara periodik, sehingga merupakan gelombang elektromagnet.

Salah satu fenomena yang dapat membuktikan bahwa cahaya itu mampu mentransfer energi adalah saat lilin yang dinyalakan di sebuah ruang yang gelap dan kemudian lilin tersebut dapat menerangi ruangan. Contoh lainnya adalah matahari yang memancarkan gelombang cahayanya melalui ruang angkasa (tanpa medium). Gelombang cahaya matahari memancar ke segala arah sampai ke bumi meskipun melalui ruang hampa udara. Hal ini berarti gelombang cahaya dapat merambat pada ruang kosong (hampa udara) tanpa adanya materi. Berdasarkan frekuensinya, gelombang elektromagnetik ada bermacam-macam. Berikut klasifikasi gelombang elektromagnetik yang dikenal dengan spektrum elektromagnetik.

Sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah bagian yang sangat kecil dari spektrum elektromagnetik. Agar mudah memahaminya, perhatikan Gambar 2.8 yang menunjukkan spektrum cahaya tampak. Cahaya tampak adalah cahaya yang memiliki panjang gelombang elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh mata manusia. Panjang gelombang cahaya tampak berkisar antara 400 nm sampai 700 nm, yang besarnya seratus kali lebih kecil daripada lebar rambut manusia. Warna cahaya yang dapat Anda lihat tergantung pada panjang gelombang dari gelombang cahaya yang masuk ke mata.



Gambar 100. Spektrum Elektromagnetik
Sumber: Dok. Kemdikbud

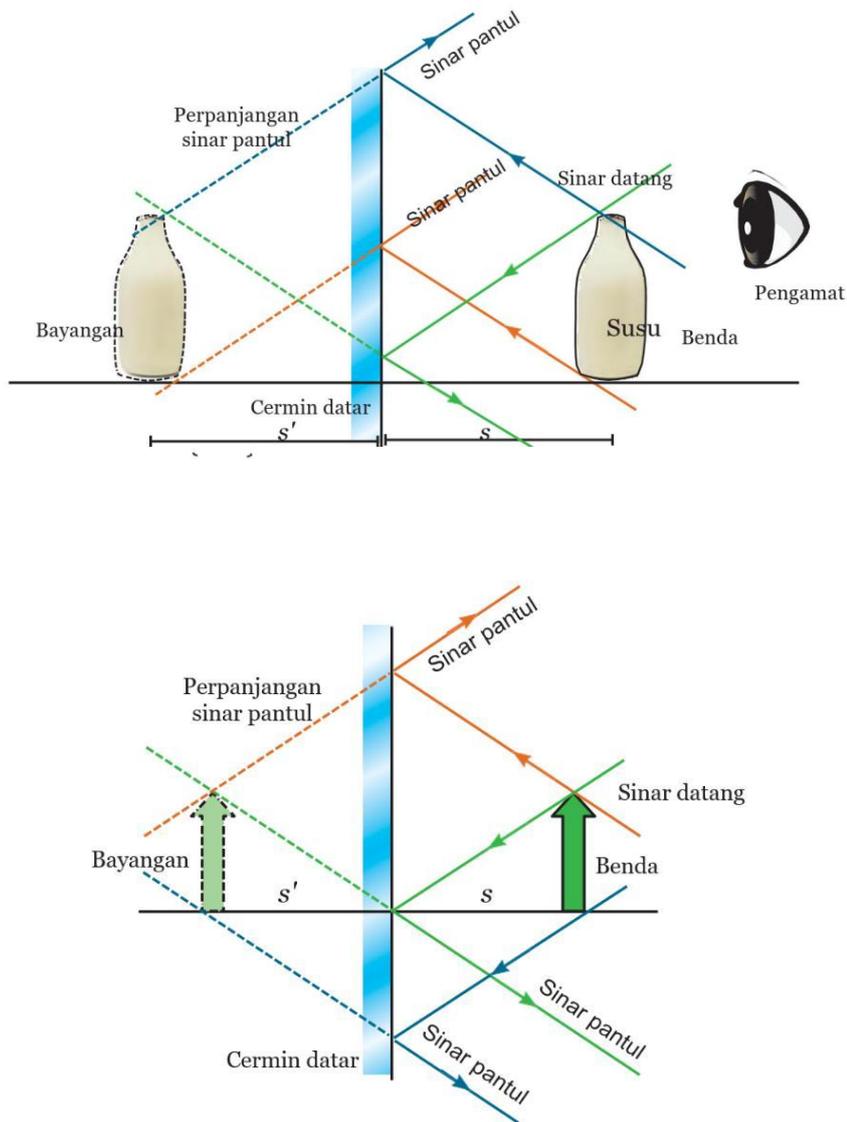
Misalnya seperti cahaya hijau yang memiliki panjang gelombang sekitar 500 nm akan dapat terlihat apabila benda-benda yang berwarna hijau menyerap semua spektrum cahaya yang memiliki panjang gelombang kurang dari 500 nm dan lebih dari 500 nm, serta hanya memantulkan spektrum cahaya yang memiliki panjang gelombang 500 nm saja. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa sebuah benda hanya akan memantulkan spektrum cahaya yang warnanya sama dengan warna permukaan benda tersebut, sehingga kita dapat mengindra dengan tepat warna-warna benda tersebut.

5. Pembentukan bayangan pada Cermin

Salah satu kegiatan yang mungkin Anda lakukan sebelum berangkat bekerja adalah berdiri di depan cermin, untuk melihat apakah Anda sudah rapi atau belum. Bahkan sering kali dalam perjalanan, Anda ditemani cermin. Tahukah Anda bahwa cermin yang Anda pakai untuk berkaca setiap hari adalah sebuah cermin datar? Jika seberkas cahaya mengenai cermin datar maka cahaya tersebut dipantulkan secara teratur. Peristiwa pemantulan cahaya pada cermin datar menyebabkan pembentukan bayangan benda oleh cermin.

Pada pembelajaran kali ini akan dibahas 3 cermin di kegiatan ini. Cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung.

a. Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar



Gambar 101. Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar
Sumber: Dok. Kemdikbud

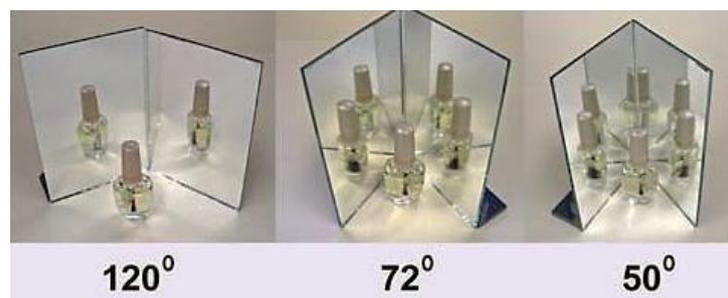
Pada saat menentukan bayangan pada cermin datar melalui diagram sinar, titik bayangan adalah titik potong berkas sinar-sinar pantul. Bayangan bersifat nyata apabila titik potongnya diperoleh dari perpotongan sinar-sinar pantul yang konvergen (mengumpul). Sebaliknya, bayangan bersifat maya apabila

titikpotongnya merupakan hasil perpanjangan sinar-sinar pantul yang divergen (menyebar). Dari gambar 3.18 diketahui bahwa; s = Jarak benda terhadap cermin, dan s' = Jarak bayangan terhadap cermin. Bayangan pada cermin datar bersifat maya. Titik bayangan dihasilkan dari perpotongan sinar-sinar pantul yang digambarkan oleh garis putus-putus.

Mari Kita Cari Tahu

Pernahkah Anda mendengar istilah “cermin seribu bayangan”? Wahana ini biasanya ada di tempat-tempat wisata. Melalui cermin tersebut Anda dapat melihat secara langsung jumlah bayangan yang begitu banyak ketika Anda berada di antara dua cermin datar saling berhadapan dengan sudut tertentu.

Nah, bagaimana hal ini dapat terjadi? Apabila dua buah cermin datar diletakkan saling berhadapan (bagian depan cermin menghadap ke ruang yang sama) dan mengapit besar sudut tertentu, maka kedua cermin ini akan membentuk bayangan yang banyaknya bergantung pada besar sudut antara kedua cermin. Agar Anda dapat memahami penjelasan di atas, perhatikan Gambar 3.19, kemudian lakukan percobaannya!

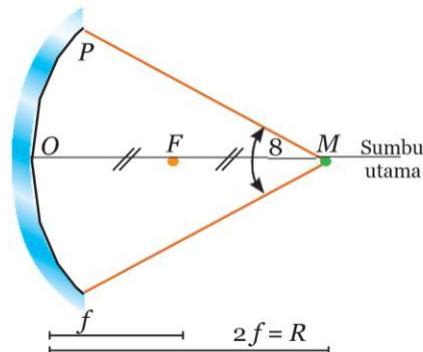


Gambar 102. Pembentukan pada Dua Buah Cermin Datar
Sumber: fisikaabc.com

b. Pembentukan Bayangan pada Cermin Lengkung

Pernahkah Anda mengamati kaca spion yang dipasang di kendaraan? Kaca yang dipasang pada spion adalah contoh dari cermin lengkung. Cermin lengkung adalah cermin yang permukaannya melengkung. Ada dua jenis cermin lengkung sederhana yaitu cermin silinder dan cermin bola. Pada subbab ini, Anda hanya akan mempelajari cermin bola (kelengkungannya merupakan bagian dari kelengkungan bola). Khususnya tentang cermin cekung dan cembung.

Cermin cekung dan cembung irisannya permukaannya berbentuk bola. Cermin yang irisannya permukaan bola bagian mengkilapnya terdapat di dalam disebut cermin cekung, sedangkan cermin yang irisannya permukaan bola bagian mengkilapnya terdapat di luar disebut cermin cembung. Agar dapat memahami unsur-unsur pada cermin cekung dan cembung, perhatikan Gambar 3.20.



Gambar 103. Penampang Melintang Cermin Lengkung
Sumber: Dok. Kemdikbud

Bagian M adalah titik pusat kelengkungan cermin, yaitu titik pusat bola. Titik tengah cermin adalah O. Sumbu utama yaitu, OM, garis yang menghubungkan titik M dan O. Sudut POM adalah sudut buca cermin jika titik P dan M adalah ujung-ujung cermin. Berdasarkan Gambar 2.11, maka kita dapat menentukan unsur-unsur cermin lengkung, yaitu sebagai berikut.

- 1) Pusat kelengkungan cermin

Pusat kelengkungan cermin merupakan titik di pusat bola yang diiris menjadi cermin. Pusat kelengkungan cermin biasanya disimbolkan dengan M.

- 2) Vertex

Vertex merupakan titik di permukaan cermin dimana sumbu utama bertemu dengan cermin dan disimbolkan dengan O.

- 3) Titik api (fokus)

Titik api adalah titik bertemunya sinar-sinar pantul yang datangnya sejajar dengan sumbu utama (terletak antara vertex dan pusat) dan disimbolkan dengan F.

4) Jari-jari kelengkungan cermin

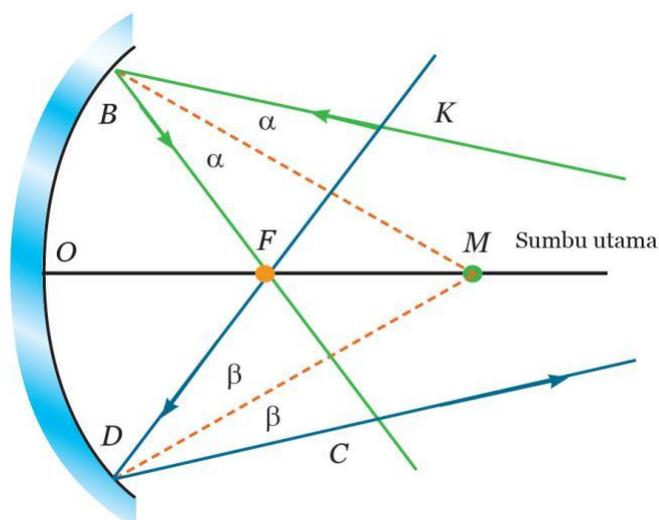
Jari-jari kelengkungan cermin adalah jarak dari vertex (O) ke pusat kelengkungan cermin (M). Jari-jari kelengkungan cermin biasanya disimbolkan dengan R.

5) Jarak fokus

Jarak fokus cermin adalah jarak dari vertex ke titik api dan disimbolkan dengan f.

1) Pembentukan bayangan pada Cermin Cekung

Hukum pemantulan yang menyatakan besar sudut datang sama dengan sudut pantul, berlaku pula untuk cermin cekung. Perhatikan gambar 3.21! Pada cermin cekung, garis normal adalah garis yang menghubungkan titik pusat lengkung cermin **M** dengan titik jatuhnya sinar. Garis normal pada cermin lengkung berubah-ubah, bergantung pada titik jatuh sinar. Misalnya, jika sinar datang dari **K** mengenai cermin cekung di B, maka garis normalnya adalah garis **MB** dan sudut datangnya adalah sudut **KBM** = α . Sesuai hukum pemantulan, maka sudut pantulnya, adalah sudut **MBC** = α dan sinar pantulnya adalah sinar **BC**.



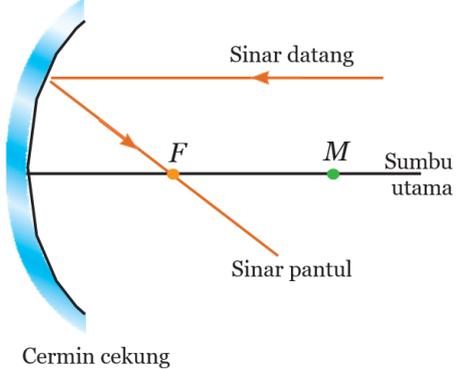
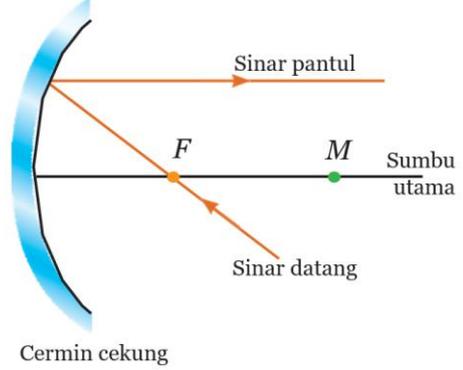
Gambar 104. Pemantulan pada Cermin Cekung
Sumber: Dok. Kemdikbud

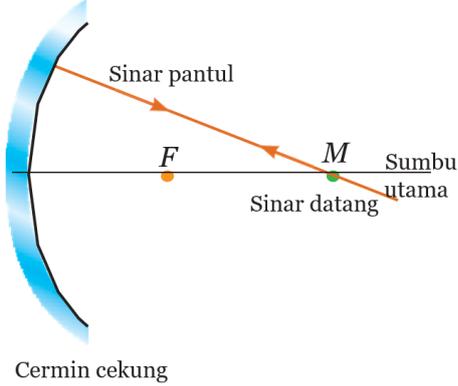
Sinar datang dari K mengenai cermin cekung di D , maka garis normalnya adalah garis MD dan sudut datangnya adalah sudut $KDM = \beta$. Sesuai hukum pemantulan, maka sudut pantulnya, adalah sudut $MDC = \beta$, sedangkan sinar pantulnya adalah sinar DC . Hal yang sama berlaku juga pada cermin cembung.

Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung

Agar dapat mengetahui pembentukan bayangan pada cermin cekung, Anda dapat menggunakan diagram sinar dan tiga sinar istimewa, seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 14. Sinar Istimewa pada Cermin Cekung

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.	 <p style="text-align: center;">Cermin cekung</p>
Sinar datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.	 <p style="text-align: center;">Cermin cekung</p>

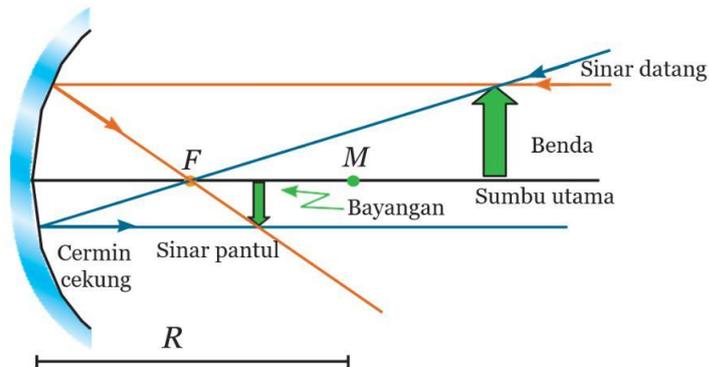
Sinar Istimewa	Diagram Sinar
<p>Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan melalui titik pusat kelengkungan cermin pula.</p>	 <p>The diagram illustrates a concave mirror with its principal axis. A horizontal line represents the principal axis, with a green dot labeled 'M' (center of curvature) and an orange dot labeled 'F' (focus). A blue concave mirror is shown on the left. An orange ray labeled 'Sinar datang' (incident ray) originates from the center of curvature 'M' and travels towards the mirror. After reflecting off the mirror, the ray is labeled 'Sinar pantul' (reflected ray) and travels back through the center of curvature 'M'. The mirror is labeled 'Cermin cekung' at the bottom.</p>

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

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

Melukis Pembentukan Bayangan oleh Cermin Cekung

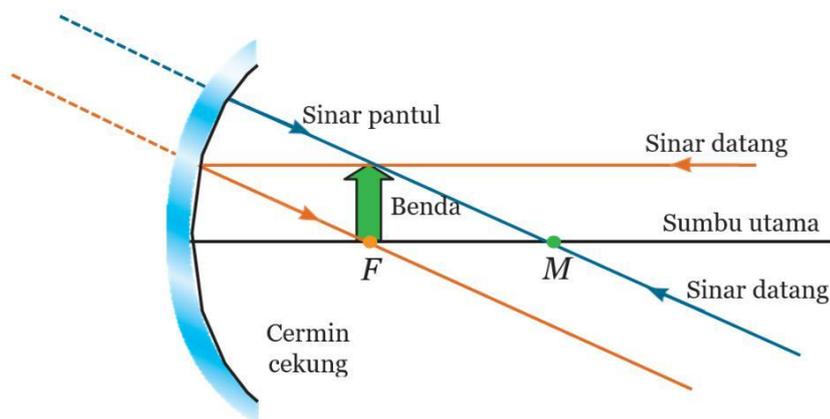
Benda berada pada jarak lebih dari R



Gambar 105. Pembentukan Bayangan jika Benda Berada pada Jarak Lebih dari R pada Cermin Cekung
Sumber: Dok. Kemdikbud

Bagaimana sifat-sifat bayangan yang terbentuk? Berdasarkan gambar tersebut, bayangan yang terbentuk bersifat **nyata, terbalik, dan diperkecil**.

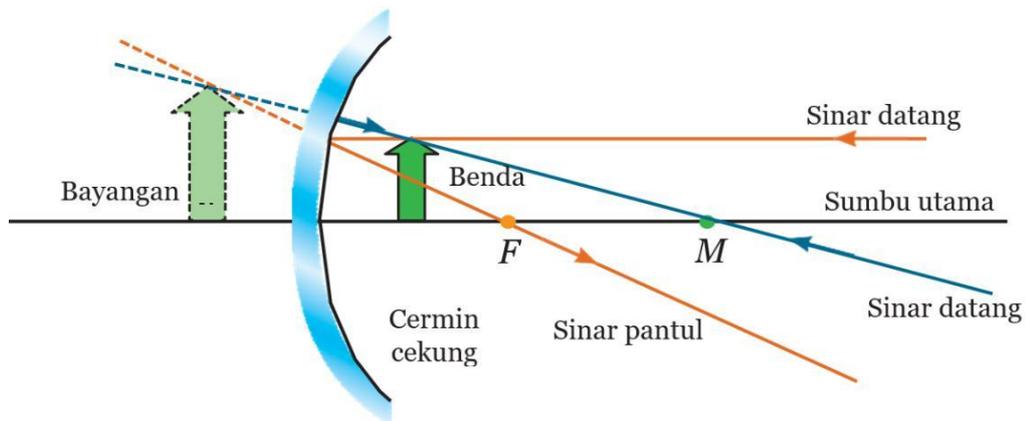
Benda di titik fokus F



Gambar 106. Pembentukan Bayangan jika Benda Berada pada Titik Fokus pada Cermin Cekung
Sumber: Dok. Kemdikbud

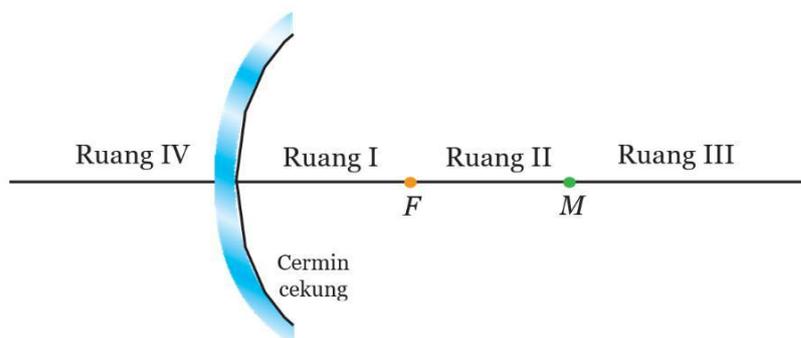
Dimanakah letak bayangan yang terbentuk? Berdasarkan gambar tersebut, tidak terbentuk bayangan atau bayangan terletak di **tempat yang jauh takterhingga**.

Benda di antara cermin dan F



Gambar 107. Pembentukan Bayangan jika Benda Berada di Antara Titik Fokus dan Cermin Cekung
Sumber: Dok. Kemdikbud

Bagaimana sifat-sifat bayangan yang terbentuk? Berdasarkan gambar tersebut bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak, dan diperbesar. Selain penggunaan diagram sinar dan tiga sinar istimewa, agar lebih mudah memahami letak benda dan letak bayangan, Anda dapat memahami pembagian nomor ruang pada cermin lengkung (Dalil Esbach). Pembagian nomor ruang pada cermin cekung, dapat dilihat pada Gambar 3.25.



Gambar 108. Pembagian Ruang pada Cermin Cekung menurut Dalil Esbach
Sumber: Dok. Kemdikbud

Misalnya benda diletakkan pada jarak lebih dari M (ruang III), bayangan yang terbentuk akan berada pada jarak antara F dan M (ruang II). Hal ini disebabkan

menurut dalil Esbach jumlah ruang benda dengan ruang bayangan adalah sama dengan 5 ($R_{\text{benda}} + R_{\text{bayangan}} = 5$).

Persamaan Cermin Cekung

Persamaan cermin cekung menyatakan hubungan kuantitatif antara jarak benda ke cermin (s), jarak bayangan ke cermin (s'), dan panjang fokus (f).

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

dengan :

f = Jarak fokus (cm)

s = Jarak benda ke cermin (cm)

s' = Jarak bayangan (layer) ke cermin (cm)

Selain persamaan tersebut Anda juga harus mengetahui perbesaran bayangan yang dihasilkan oleh cermin cekung. Rumus perbesaran pada cermin cekung adalah

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

dengan :

M = Perbesaran

s = Jarak benda ke cermin

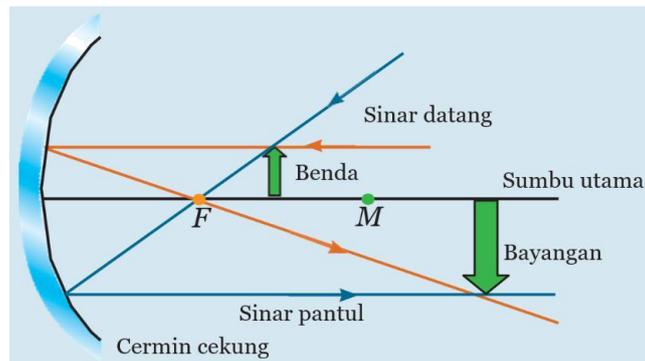
h = Tinggi benda

s' = Jarak bayangan (layer) ke cermin

h' = Tinggi bayangan Catatan:

h' positif (+) menyatakan bayangan adalah tegak (dan maya)

h' negatif (-) menyatakan bayangan adalah terbalik (dan nyata)



Gambar 109. bayangan benda bila posisi benda diantara f dan M .
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.26 adalah contoh bayangan yang terbentuk dari cermin cekung saat benda diantara focus dan M . Bayangan yang diperoleh bersifat **nyata** (bayangan berada di depan cermin cekung), **terbalik**, dan **diperbesar**.

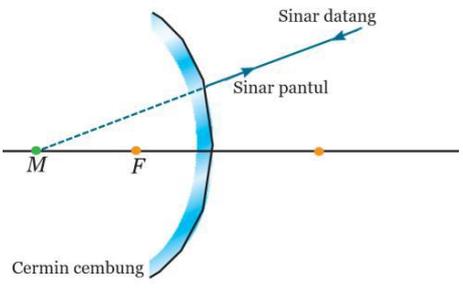
c. Cermin Cembung

Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cembung

Pada cermin cembung juga berlaku hukum-hukum pemantulan, yaitu besarnya sudut datang sama dengan besarnya sudut pantul. Sinar istimewa dan diagram sinar pada cermin cembung dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 15. Sinar Istimewa pada Cermin Cembung

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan seolah-olah dari titik fokus (F).	
Sinar yang datang menuju titik fokus (F) dipantulkan sejajar sumbu utama.	

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
<p>Sinar yang datang menuju titik pusat kelengkungan cermin seolah-olah dipantulkan berasal dari titik pusat kelengkungan tersebut.</p>	 <p>The diagram shows a convex mirror on the right. A horizontal principal axis passes through the center of curvature (M) and the focal point (F). A ray of light, labeled 'Sinar datang', originates from point M and travels towards the mirror. Upon reflection, the ray is labeled 'Sinar pantul' and appears to diverge from point F. The mirror is labeled 'Cermin cembung'.</p>

Untuk melukis bayangan pada cermin cembung dibutuhkan minimal dua buah sinar istimewa dengan langkah-langkah sebagai berikut.

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

Persamaan Cermin Cembung

Masih ingatkah Anda dengan persamaan pada cermin cekung? Rumus-rumus yang berlaku untuk cermin cekung juga berlaku untuk cermin cembung. Namun, ada hal yang perlu diperhatikan yaitu titik fokus dan titik pusat kelengkungan cermin untuk cermin cembung terletak di belakang cermin. Oleh karena itu, dalam menggunakan persamaan cermin cembung jarak fokus (f) dan jari-jari cermin (R) selalu dimasukkan bertanda negatif. Dengan catatan bahwa dalam cermin cembung harga f dan R bernilai negatif (-).

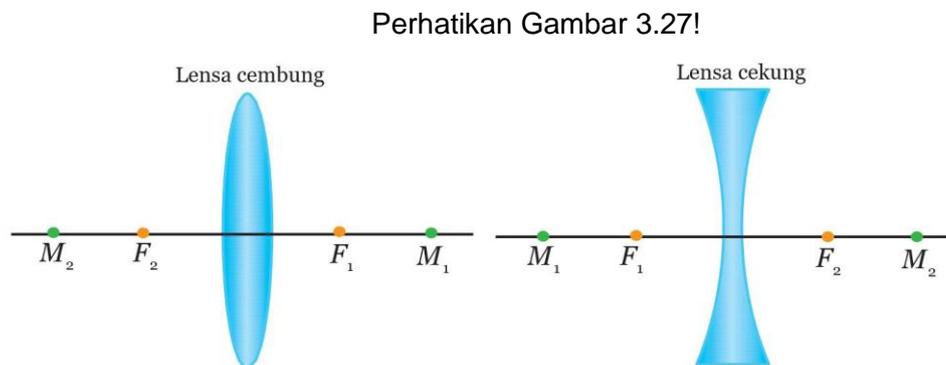
Persamaan cermin cembung dalam hal hubungan kuantitatif antara jarak benda ke cermin (s), jarak bayangan ke cermin (s'), panjang fokus (f), dan perbesaran bayangannya sama dengan cermin cekung. Bedanya hanya pada sifat bayangan

yang dibentuk dari cermin cembung berbeda dengan bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung, walaupun posisi benda pada ruang yang sama.

6. Pembentukan bayangan pada Lensa

Pernahkah Anda menggunakan lup? Lup memiliki bagian utama berupa lensa cembung yang berfungsi untuk memperbesar bayangan benda yang akan diteliti. Lensa adalah benda bening yang memiliki permukaan berbentuk cekung atau cembung dan berfungsi untuk membiaskan cahaya.

Lensa secara umum ada yang berbentuk cembung dan cekung. Jika dipegang, lensa cembung bagian tengahnya lebih tebal dari bagian pinggir. Lensa cekung bagian tengahnya lebih tipis dari bagian pinggirnya.



Gambar 110. Lensa Cembung dan Lensa Cekung
Sumber: Dok. Kemdikbud

Sinar-sinar istimewa pada Pembiasan Cahaya oleh Lensa Cembung

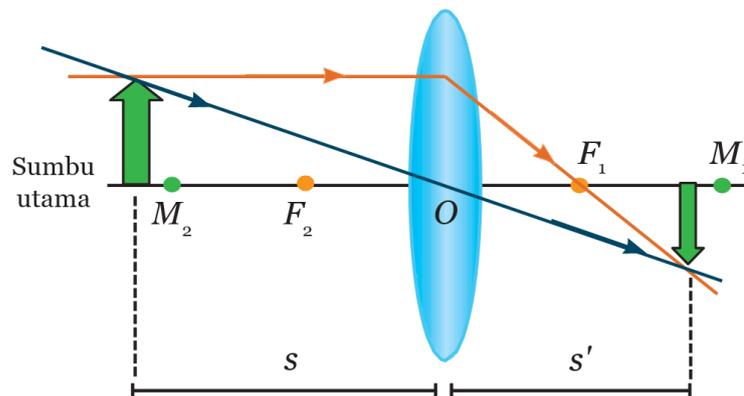
Tabel 16. Sinar Istimewa pada Lensa Cembung

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
Suatu sinar datang sejajar sumbu utama lensa akan dibiaskan menuju titik fokus aktif (F_1) di belakang lensa	
Suatu sinar datang melalui titik fokus pasif (F_2) di depan lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama.	
Suatu sinar datang melalui pusat optik lensa (O) akan diteruskan tanpa dibiaskan.	

Ingatlah kembali tentang peristiwa pembiasan! Saat melalui 2 medium yang berbeda, besar kecepatan cahaya akan berubah, sehingga cahaya akan tampak dibelokkan, seperti pada peristiwa sendok yang tampak bengkok bila diletakkan di dalam gelas berisi air.

Melukis Pembentukan Bayangan pada Lensa Cembung Menggunakan Diagram Sinar

Bagaimanakah cara melukis pembentukan bayangan pada lensa? Jika sebuah benda diletakkan di depan lensa cembung akan membentuk bayangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.28.



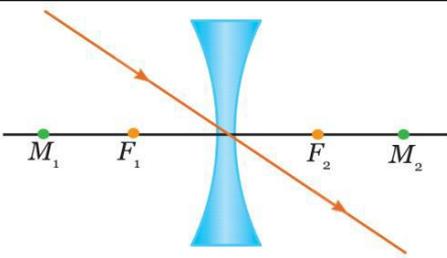
Gambar 111. Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cembung
Sumber: Dok. Kemdikbud

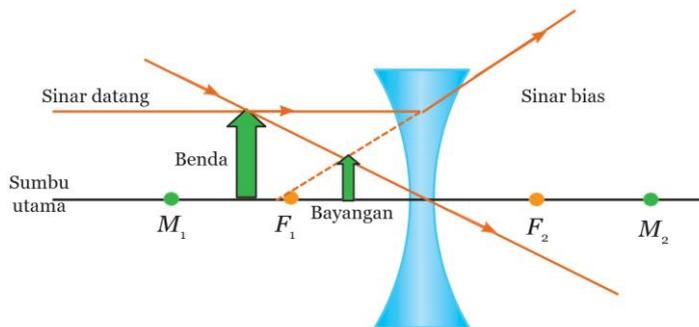
Pembentukan bayangan pada lensa cembung membutuhkan sekurang-kurangnya dua sinar istimewa. Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cembung bergantung pada posisi benda. Setelah memahami cara melukiskan bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung, coba sekarang lukiskan letak bayangan benda jika benda diletakkan di antara fokus dan lensa cembung!

Sinar-sinar istimewa pada Pembiasan Cahaya oleh Lensa Cekung

Tabel 17. Sinar Istimewa pada Lensa Cekung

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
Sinar datang sejajar sumbu utama lensa seolah-olah dibiaskan berasal dari titik fokus aktif (F) di depan lensa.	
Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus pasif (F) di depan lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama.	
Sinar datang melalui	

Sinar Istimewa	Diagram Sinar
pusat optik lensa (O) akan diteruskan tanpa dibiaskan.	



Gambar 112. Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cekung
 Sumber: Dok. Kemdikbud

Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cekung bergantung pada posisi benda. Sifat bayangan pada lensa cekung dapat ditentukan melalui bantuan diagram sinar dan sinar-sinar istimewa. Selain melalui kegiatan di atas, sifat-sifat bayangan benda oleh lensa cekung juga dapat ditentukan melalui Dalil Esbach seperti pada lensa cembung. Perhatikan kembali Dalil Esbach yang sudah pernah Anda pelajari sebelumnya, dan perhatikan Gambar 3.29.

Catatan: Pada lensa cekung, benda yang terletak di depan lensa akan selalu menghasilkan bayangan maya, tegak, diperkecil, dan terletak di depan lensa.

Persamaan pada Lensa Cembung dan Cekung

Persamaan pada lensa cembung sama dengan persamaan pada lensa cekung. Hubungan antara jarak fokus (f), jarak bayangan (s'), dan jarak benda (s) adalah sebagai berikut.

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

dengan :

f = Jarak fokus (cm)

s = Jarak benda ke lensa (cm)

s' = Jarak bayangan (layer) ke lensa (cm)

Pembesarannya adalah

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

dengan :

M = Perbesaran

s = Jarak benda ke lensa

h = Tinggi benda

s' = Jarak bayangan (layar) ke lensa

h' = Tinggi bayangan Catatan:

h' positif (+) menyatakan bayangan adalah tegak (dan maya)

h' negatif (-) menyatakan bayangan adalah terbalik (dannyata)

Pada lensa cembung, titik fokus bernilai positif (sama seperti pada cermin cekung), sedangkan pada lensa cekung, titik fokus bernilai negatif (sama seperti pada cermin cembung).

Setiap lensa mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mengumpulkan atau menyebarkan sinar. Kemampuan lensa dalam mengumpulkan atau menyebarkan sinar disebut kuat lensa (D) dan memiliki satuan dioptri. Kuat lensa merupakan kebalikan dari panjang fokus. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$D \text{ (Dioptri)} = \frac{1 \text{ meter}}{f \text{ (m)}} = \frac{100 \text{ cm}}{f \text{ (cm)}}$$

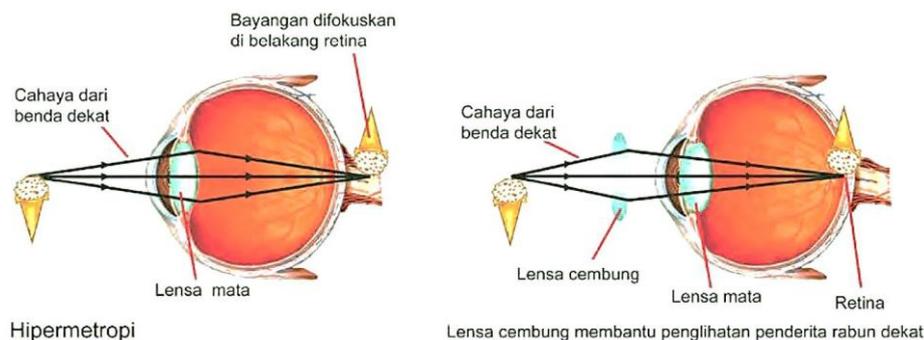
7. Gangguan Indra Penglihatan

Adakah teman Anda yang menggunakan kacamata? Atau bahkan Anda 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 Anda atau bahkan Anda kenakan sendiri. Kacamata berfungsi untuk memfokuskan cahaya sehingga dapat jatuh tepat pada retina.

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 3.30.



Gambar 113. Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Dekat
Sumber: Dok. Kemdikbud

Kekuatan lensa kacamata yang diperlukan sesuai dengan rumus berikut:

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

dengan:

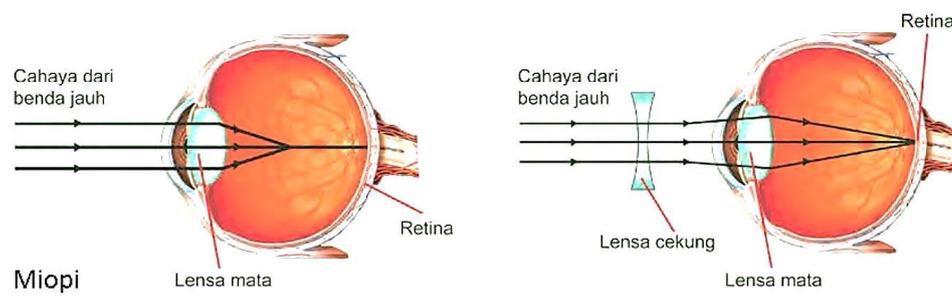
P_H = Kekuatan lensa kacamata untuk hipermetropi (dioptri atau D)

s = Jarak benda di depan kacamata (cm)

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

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 3.31. 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 114. Perubahan Fokus Sinar pada Rabun Jauh
Sumber: Dok. Kemdikbud

Kekuatan atau daya lensa kacamata yang diperlukan sesuai dengan rumus berikut:

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

dengan:

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

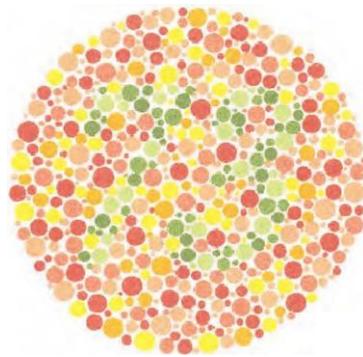
s = Jarak benda di depan kacamata (cm).

Buta Warna

Perhatikan Gambar 3.32! 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.

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!



Gambar 115. Huruf Tokek untuk Mengecek Kelainan Buta Warna
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.32 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.

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.

Astigmatisma

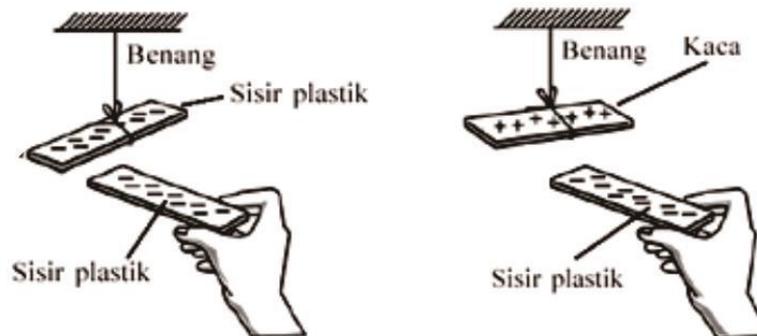
Astigmatisma atau dikenal dengan istilah silinder adalah sebuah gangguan pada mata karena penyimpangan dalam pembentukan bayangan pada lensa. Hal ini disebabkan oleh cacat lensa yang tidak dapat memberikan gambaran atau bayangan garis vertikal dengan horizontal secara bersamaan. Penglihatan si penderita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

8. Listrik Statis

Jika benda bermuatan listrik positif didekatkan dengan benda bermuatan listrik negatif maka akan saling tarik menarik. Sebaliknya, jika benda bermuatan listrik positif didekatkan dengan benda bermuatan listrik positif, atau benda bermuatan listrik negatif didekatkan dengan benda bermuatan listrik negatif akan saling tolak menolak. Interaksi kedua muatan tersebut merupakan **gejala sederhana listrik statis**.

Pada umumnya jumlah elektron dan proton pada atom-atom sebuah benda adalah sama, sehingga atom-atom pada benda tersebut tidak bermuatan listrik atau netral. Jika benda tersebut netral, dapatkah sebuah benda diubah menjadi bermuatan listrik? Bagaimana caranya? Salah satu cara untuk mengubah benda menjadi bermuatan listrik adalah dengan menggosokkan benda seperti pada kegiatan "Mari Kita Lakukan pada Aktivitas pada gambar 3.33". Sisir plastik yang digosokkan pada rambut kering akan bermuatan negatif karena sisir mengalami kelebihan elektron (elektron dari rambut berpindah ke sisir plastik) dan kaca yang

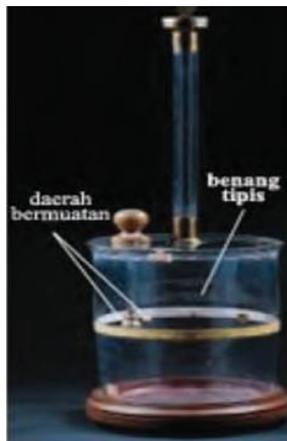
digosokkan pada rambut kering akan bermuatan positif karena kaca mengalami kekurangan elektron (elektron dari kaca berpindah ke rambut yang kering).



Gambar 116. Dua Sisir Bermuatan yang digantung

Hukum Coulomb

Masih ingatkah Anda, bahwa muatan listrik dapat saling menarik dan dapat saling menolak? Bagaimana hubungan antara gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik dua benda bermuatan listrik terhadap jarak keduanya? Ilmuwan Perancis, **Charles Augustin Coulomb** (1736 – 1806), menyelidiki hubungan gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik dua benda bermuatan listrik terhadap besar muatan listrik dan jaraknya menggunakan alat neraca puntir Coulomb seperti pada Gambar 3.34.



Gambar 117. Set Percobaan Coulomb
Sumber : Zitzewitz, 2005.

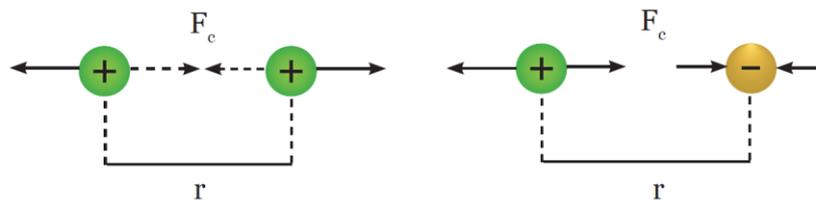
Berdasarkan percobaan dengan menggunakan neraca puntir, Coulomb menyimpulkan bahwa besar gaya listrik antara dua benda bermuatan adalah:

Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua muatan atau

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

Berbanding lurus dengan perkalian besar kedua muatan partikel atau

$$F \sim q_1 \cdot q_2$$



(a) Tolak-menolak, (b) Tarik-menarik

Gambar 118. Gaya Coulomb pada Muatan Listrik
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Secara matematis, rumusan Gaya Coulomb (F_c) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Keterangan:

F_c = gaya Coulomb (newton)

k = konstanta = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

r = jarak antara dua muatan (meter)

q_1 = besar muatan listrik pertama (coulomb)

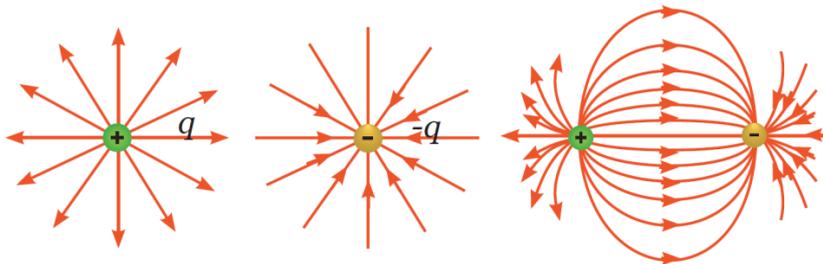
q_2 = besar muatan listrik kedua (coulomb)

9. Medan Listrik

Tahukah Anda mengapa benda-benda yang berada di permukaan Bumi selalu ditarik menuju pusat bumi? Seluruh benda yang ada di permukaan bumi atau sekitarnya akan ditarik menuju pusat Bumi karena memiliki massa yang jauh lebih kecil dari pada massa bumi. Hal serupa ternyata juga terjadi pada muatan-muatan listrik. Muatan- muatan listrik memiliki medan listrik sehingga dapat mempengaruhi muatan lain yang berada tidak jauh darinya. Medan listrik dapat

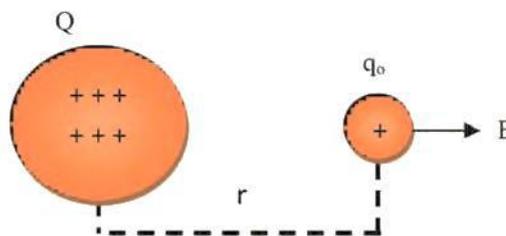
didefinisikan sebagai daerah di sekitar muatan yang masih kuat menimbulkan gaya listrik terhadap muatan lain.

Medan listrik digambarkan oleh serangkaian garis gaya listrik yang arahnya keluar atau masuk ke dalam muatan. Arah garis gaya listrik ke dalam digunakan untuk menunjukkan muatan negatif dan arah garis medan listrik ke luar digunakan untuk menunjukkan muatan positif.



Gambar 119. Garis Medan Listrik Dua Muatan
Sumber: Serway, 2004.

Selain melalui gambar, medan listrik suatu muatan dapat ditentukan besarnya dengan cara menghitung. Bagaimana cara menghitung besar kuat medan listrik? Agar dapat memahami cara menghitung besarnya medan listrik (E) perhatikan Gambar 3.36 dan penjelasan berikut.



Gambar 120. Muatan Q didekati Muatan Tes q_0
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Agar mengetahui besar kuat medan listrik muatan Q , sebuah muatan uji positif (q_0) yang muatannya jauh lebih kecil diletakkan di dekat muatan tersebut dengan jarak r . Berdasarkan hukum Coulomb, muatan q_0 tersebut akan mendapatkan gaya tolak dari muatan Q sebesar,

$$F_c = k \cdot \frac{Q \cdot q_0}{r^2}$$

karena kuat medan listrik (E) didefinisikan sebagai efek yang dihasilkan akibat keberadaan muatan listrik Q . Karena muatan (q_0) ditempatkan sejauh (r), kondisi tersebut akan dihasilkan gaya coulomb (F_c) pada satuan muatan uji (q_0). Besarnya kuat medan listrik yang dialami oleh muatan uji tersebut didefinisikan secara matematis sebagai:

$$F_c = q_0 \cdot E$$

$$F_c = k \cdot \frac{Q \cdot q_0}{r^2} = q_0 \cdot k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa besar kuat medan listrik yang dirasakan oleh muatan uji q_0 pada suatu titik yang berjarak r dari muatan Q adalah:

$$E_o = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Keterangan,

E_o = medan listrik (N/C)

F = gaya coulomb (Newton)

q = besar muatan listrik (Coulomb)

10. Listrik Dinamis

Ketika Anda menghubungkan lampu dan sumber listrik dengan menggunakan kabel artinya Anda telah membuat sebuah rangkaian listrik. Pada rangkaian listrik tertutup (saklar tertutup atau posisi on), arus listrik akan mengalir dan lampu menyala. Bagaimanakah arah arus listrik tersebut? Berapakah besar arus listrik yang mengalir? Agar memahami arah aliran arus listrik dan mengetahui besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian, baca penjelasan berikut dengan seksama.

Arus listrik mengalir karena pada ujung-ujung rangkaian ada perbedaan potensial listrik yang diberikan oleh baterai sebagai sumber tegangan seperti yang telah dijelaskan pada percobaan baterai buah. Ujung kawat penghantar yang memiliki

banyak elektron (terhubung dengan kutub negatif baterai) dapat dikatakan memiliki potensial listrik yang rendah, sedangkan ujung kawat penghantar lainnya yang memiliki sedikit elektron (terhubung dengan kutub positif baterai) dapat dikatakan memiliki potensial listrik yang tinggi. Arus listrik mengalir dari potensialtinggi ke potensial rendah, sedangkan arah aliran elektron adalah sebaliknya yaitu dari potensial rendah ke potensial tinggi atau dengan kata lain dari kutub negatif ke kutub positif.

Pada rangkaian listrik tertutup, besar arus listrik yang mengalir pada rangkaian dapat ditentukan dengan menghitung besar muatan listrik yang mengalir pada rangkaian setiap detiknya. Hal ini dikarenakan besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian tertutup sebanding dengan besarnya muatan listrik yang mengalir pada setiap detik, atau secara matematis besar arus listrik ditulis sebagai berikut.

$$i = \frac{q}{t}$$

Keterangan:

I = arus listrik (ampere)

q = muatan listrik (coulomb)

t = waktu (detik)

Pada rangkaian listrik tertutup, pembawa muatan listrik adalah elektron sehingga besarnya muatan ditentukan oleh jumlah elektron, yaitu;

$$i = \frac{Ne}{t}$$

Keterangan

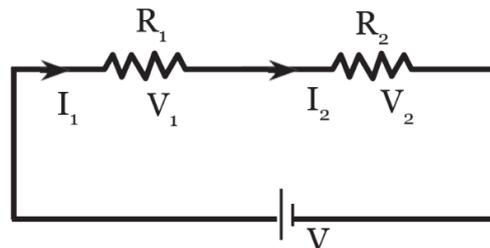
I = Arus listrik (Ampere)

N = jumlah muatan listrik

e = muatan elektron (Coulomb)

t = waktu (detik)

Rangkaian Hambatan Listrik Seri



Gambar 121. Rangkaian Seri Hambatan Listrik
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Perhatikan gambar 3.37! Hambatan 1 (R_1) dan hambatan 2 (R_2) disusun secara seri dengan sebuah sumber tegangan listrik. Karakteristik pada rangkaian seri adalah:

1. kuat arusnya yang mengalir pada kedua hambatan bernilai sama.
2. Tegangan/beda potensial listrik di tiap hambatan berbeda-beda.

$$I_1 = I_2 = I_{\text{seri}}$$

$$V_1 \neq V_2 \neq V_{\text{seri}} \quad \text{namun} \quad V = V_1 + V_2$$

karena

$$V_{\text{seri}} = I_{\text{seri}} \cdot R_{\text{seri}}$$

maka

$$I_{\text{seri}} \cdot R_{\text{seri}} = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2$$

Karena

$$I_1 = I_2 = I_{\text{seri}}$$

Maka

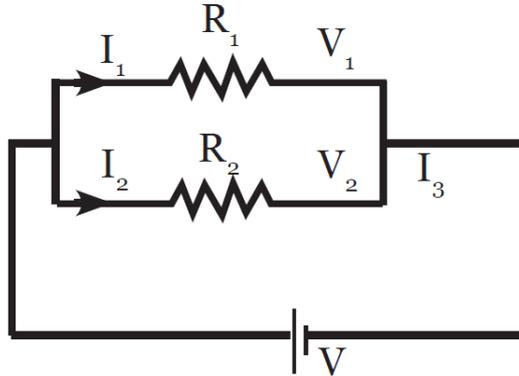
$$I_{\text{seri}} \cdot R_{\text{seri}} = I_{\text{seri}} \cdot V_1 + I_{\text{seri}} \cdot V_2 = I_{\text{seri}} \cdot (R_1 + R_2)$$

kita peroleh

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$n =$ untuk kasus n resist

Rangkaian Hambatan Listrik Paralel



Gambar 122. Rangkaian Paralel Hambatan Listrik
Sumber: Dokumen Kemdikbud

$$V_1 = V_2 = V_{\text{paralel}}$$

$$I_1 \neq I_2 \neq I_{\text{paralel}} \text{ tetapi } I_{\text{paralel}} = I_1 + I_2$$

karena $V_{\text{paralel}} = I_{\text{paralel}} \cdot R_{\text{paralel}}$

$$\frac{V_{\text{paralel}}}{R_{\text{paralel}}} = I_{\text{paralel}}$$

Maka $I_{\text{paralel}} = I_1 + I_2$

Karena $V_1 = V_2 = V_{\text{paralel}}$

Maka

$$\frac{V_{\text{paralel}}}{R_{\text{paralel}}} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_{\text{paralel}}}{R_1} + \frac{V_{\text{paralel}}}{R_2} = V_{\text{paralel}} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

kita peroleh

$$\frac{1}{R_{\text{paralel}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$n =$ untuk kasus n resistor

Daya Listrik

Daya listrik adalah banyaknya tenaga/energi listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Daya listrik bisa juga dinyatakan konsumsi energi listrik pada rangkaian listrik persatuan waktu.

Daya listrik (P) dinyatakan dalam satuan watt.

Daya listrik didapat dari jumlah perkalian beda potensial listrik dengan kuat arus yang mengalir pada suatu rangkaian listrik.

$$P = V \cdot I \quad \text{atau} \quad P = \frac{W}{t}$$

Keterangan:

P = Daya listrik [watt]

V = Beda potensial/tegangan listrik [Volt]

I = Kuat arus [Ampere]

W = Energi listrik [joule]

t = waktu [sekon/jam]

Energi Listrik

Energi listrik adalah energi yang tersimpan/energi yang dibutuhkan oleh rangkaian/alat listrik untuk bisa bekerja/berfungsi optimal. Satuan energi listrik adalah Joule atau watt.sekon atau watt.hour.

Meteran listrik yang tersedia pada tiap rumah merupakan sebuah alat pengukur energi listrik yang digunakan/dipakai oleh penghuni rumah setiap waktunya. Besaran energi yang ada pada meteran listrik dinyatakan dengan kilowatt hour (kw). Nilai energi tersebut yang setiap bulan anda bayarkan ke PLN.

Hubungan Energi listrik dengan daya listrik dinyatakan dengan:

$$W = P.t$$

Keterangan:

W = Energi listrik [Joule atau watt hour]

P = Daya listrik [watt]

t = waktu [sekon atau jam]

Berdasarkan hubungan antara daya dengan energi listrik, dapat disimpulkan bahwa semakin besar daya listrik dari peralatan listrik yang digunakan di rumah, semakin besar energi yang digunakan/diserap setiap waktunya. Sehingga cara hemat dalam penggunaan energi listrik salah satunya adalah membatasi waktu penggunaan peralatan listrik berdaya besar dan selektif memilih alat listrik yang hemat dayanya.

11. Kemagnetan

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 di sekitar 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. Beberapa hewan memanfaatkan kemagnetan bumi untuk mobilisasi kehidupannya. Contoh, migrasi burung, migrasi salmon, migrasi penyu, migrasi Lobster Duri, dan Bakteri.

Jika hewan mampu mendeteksi medan magnet bumi, bagaimana dengan manusia? Apakah Anda dapat merasakan tarikan magnet bumi? Manusia tidak dapat mendeteksi keberadaan magnet bumi. Manusia membutuhkan bantuan alat seperti kompas, untuk mengetahui arah utara selatan atau keberadaan kutub utara dan kutubselatan magnet bumi. Kita sering menggunakan magnet dalam kehidupan sehari-hari. Tahukah Anda, apa saja jenis magnet yang ada selain

magnet bumi dan peralatan apa saja dalam kehidupan sehari-hari yang memanfaatkan magnet?

Perkembangan peradaban manusia tidak terlepas dari penemuan magnet. Mulai dari speaker, telepon, televisi, bel rumah, dan berbagai peralatan yang biasa kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari banyak memanfaatkan magnet sebagai komponen utamanya.

Magnet terbuat dari logam seperti besi dan baja. Magnet memiliki berbagai bentuk dan dinamakan sesuai bentuknya, seperti yang bisa Anda lihat pada Gambar 3.39.



Gambar 123. Magnet U dan Magnet Batang
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Penentuan kutub magnet batang dapat dilakukan dengan percobaan sederhana. Letakkan magnet batang di atas gabus lalu apungkan di permukaan air, maka ujung magnet yang menunjuk ke arah utara adalah kutub utara magnet, dan ujung magnet yang menunjuk arah selatan adalah kutub selatan magnet, seperti pada Gambar 3.40.



Gambar 124. Magnet Batang yang diapungkan
Sumber: Dokumen Kemdikbud

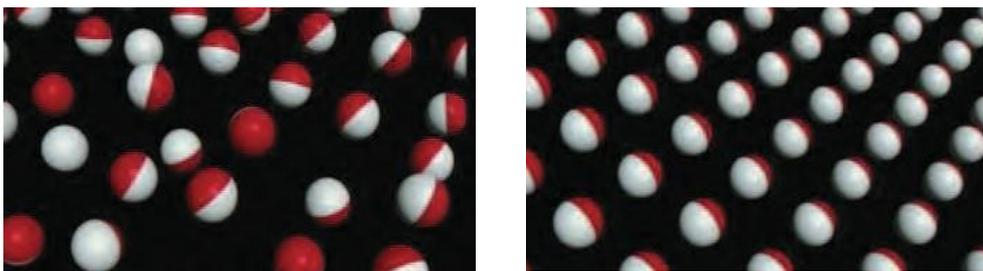
Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub-kutub yang senama bila didekatkan akan saling tolak menolak, sedangkan kutub-kutub yang berbeda nama bila didekatkan akan saling tarik-menarik.

Kutub-kutub ini selalu ada pada setiap magnet walaupun magnet tersebut dipotong menjadi potongan magnet kecil. Perhatikan Gambar 3.41 tentang interaksi dua magnet!



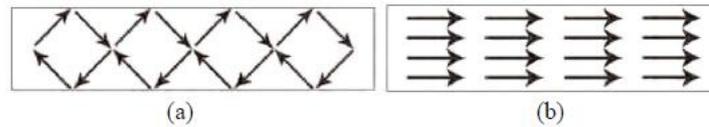
Gambar 125.interaksi dua magnet
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Dari manakah kekuatan magnet berasal? Apa beda gaya magnet dengan gaya listrik? Mari mengingat materi tentang gaya listrik! Gaya listrik berasal dari adanya interaksi antara muatan listrik, sedangkan gaya magnet berasal dari adanya interaksi antara kutub-kutub magnet yang ditimbulkan oleh gerakan muatan listrik (elektron) pada benda.



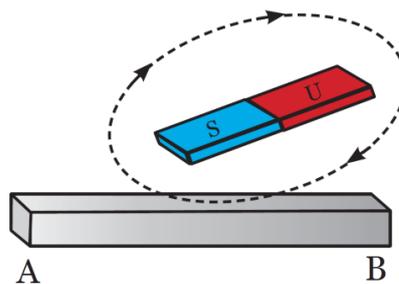
Gambar 126.Magnet Elementer Penyusun Magnet, (kiri) Magnet Elementer Tersebar Acak, (kanan) Magnet Elementer Tersusun pada Arah Tertentu
Sumber: National Geographic Channel

Pada Gambar 3.42, kutub utara dan kutub selatan partikel elementer magnet pada benda tersebut tersebar secara acak, sehingga benda tidak memiliki sifat magnet. Pada beberapa jenis logam tertentu, seperti besi dan baja, sejumlah magnet elementer magnet dapat disusun berbaris pada arah tertentu hingga benda bersifat sebagai magnet (Gambar 3.42 bagian kanan).



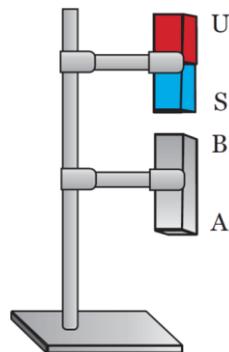
Gambar 127.(a) Susunan Magnet Elementer Besi/Baja Sebelum Menjadi Magnet, (b) Susunan Magnet Elementer Besi/Baja yang Telah Menjadi Magnet
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Besi dapat dijadikan magnet dengan cara menggosok. Besi digosok dengan arah yang tetap, agar magnet elementer dapat diatur untuk menuju ke satu arah saja. Perhatikan Gambar 3.43, ujung kutub utara magnet yang digosokkan dari ujung besi B ke A akan mengubah besi menjadi magnet dengan kutub utara pada ujung B dan kutub selatan pada ujung A. Jadi, ujung batang besi yang pertama kali digosok akan memiliki kutub yang sama dengan kutub magnet yang menggosokkannya. Sekarang coba pikirkan, bagaimanakah kutub magnet besi jika kutub selatan magnet digosokkan pada besi dengan arah B ke A? Atau jika magnet digosokkan pada besi dengan arah B ke A?



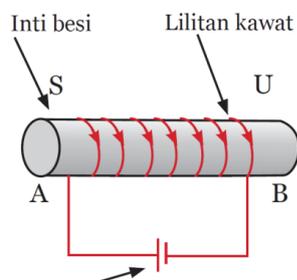
Gambar 128.Menggosok Magnet
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Baja dan besi dapat dijadikan magnet dengan cara menginduksi atau mendekatkannya dengan magnet selama beberapa waktu. Perhatikan Gambar 3.45, sifat magnet menunjukkan bahwa magnet akan saling tarik menarik jika kutub yang berbeda didekatkan, dan tolak-menolak jika kutub yang sama, sehingga ujung B akan menjadi kutub utara dan ujung A akan menjadi kutub selatan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa ujung besi atau baja yang berdekatan dengan kutub magnet batang akan memiliki kutub yang berlawanan dengan kutub magnet penginduksinya.



Gambar 129. Induksi Magnet
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Magnet juga dapat dibuat dengan cara meliliti besi atau baja dengan kawat penghantar yang dialiri arus DC. Magnet yang dibuat dengan cara demikian disebut elektromagnet. Mengapa arus DC? Karena arus DC dapat menyamakan arah magnet elementer pada besi atau baja.



Gambar 130. Induksi elektromagnet
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Kutub magnet besi atau baja yang terbentuk tergantung pada arah lilitan kawat penghantar. Jika arah arus berlawanan dengan arah jarum jam, maka ujung A besi atau baja tersebut akan menjadi kutub utara dan ujung B akan menjadi kutub selatan. Sebaliknya, jika arah arus searah dengan jarum jam, maka ujung A besi atau baja akan menjadi kutub selatan dan ujung B akan menjadi kutub utara. Perhatikan Gambar 3.46, dengan pola lilitan tersebut (searah jarum jam), maka ujung A akan menjadi kutub selatan dan ujung B akan menjadi kutub utara.

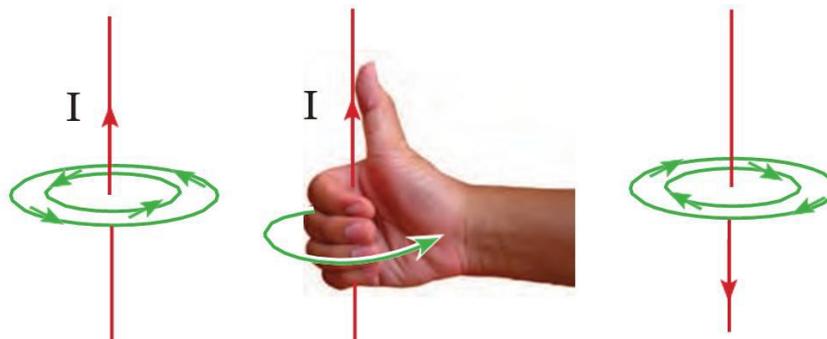
Induksi Magnet

Konsep induksi magnet berawal dari tidak terkendalinya putaran jarum kompas yang ada di kapal laut saat petir menyambar. Bagaimanakah hal tersebut terjadi? Cobalah lakukan kegiatan berikut dengan semangat.



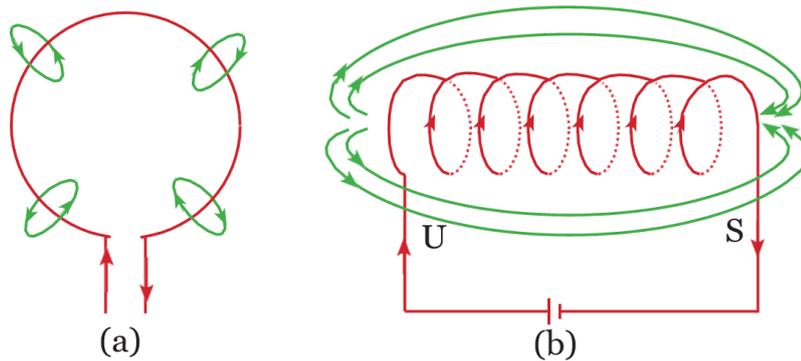
Gambar 131. Kapal Laut Disambar Petir
Sumber: hdwallpapers.cat

Hans Christian Oersted (1820) menemukan bahwa arus listrik dapat menimbulkan medan magnet. Caranya adalah dengan mengamati pergerakan jarum kompas saat diletakkan di dekat kabel yang dialiri arus listrik. Percobaan ini kemudian dikenal dengan Percobaan Oersted. Arah medan magnet dan arah arus dapat ditunjukkan dengan menggunakan tangan kanan seperti Gambar 3.48 menunjukkan arus listrik dan B menunjukkan medan magnet.



Gambar 132. Arah Panah yang Mengelilingi Kawat Menunjukkan Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus
Sumber: Dokumen Kemendikbud

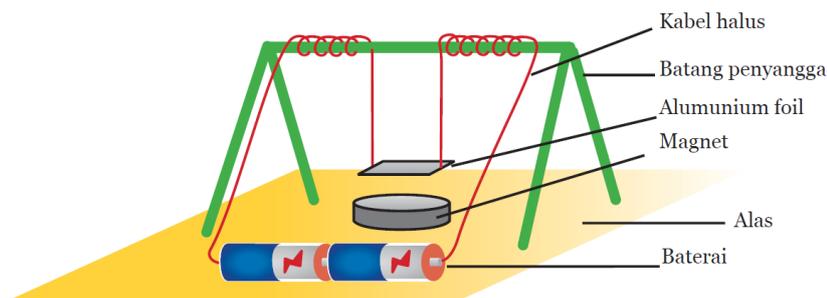
Jika pada kawat lurus, medan magnet terbentuk melingkari arah arus, bagaimana dengan kabel yang dibentuk melingkar dan kumparan? Perhatikan Gambar 3.49.



Gambar 133. Arah Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus
Sumber: Dokumen Kemendikbud

Pada kumparan (Gambar 3.49 a) medan magnet tampak melingkari kawat, tetapi pada kumparan (Gambar 3.49 b) medan magnetnya seolah olah membentuk kutub utara dan selatan pada ujung-ujungnya, persis seperti pada magnet batang.

Gaya Lorentz



Gambar 134. Rangkaian Percobaan Ayunan Lorentz
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Pada gambar 3.50 ditunjukkan sebuah ayunan Lorents. Bila kawat halus dihubungkan dengan baterai maka arus listrik mengalir melalui kawat dan melewati aluminium foil yang disekitarnya terdapat medan magnet dari magnet yang diletakkan dibawahnya. Kawat berarus yang berada dalam medan magnet akan mengalami gaya yang disebut dengan **Gaya Lorentz**. Adanya Gaya Lorentz dalam percobaan menimbulkan simpangan pada

aluminium foil. Semakin banyak baterai yang dipasang pada rangkaian, maka semakin besar arus listrik dan besar Gaya Lorentz-nya. Hal ini menunjukkan bahwa arus listrik sebanding dengan gaya yang ditimbulkan, demikian juga dengan perubahan medan magnet yang diberikan. Akibat dari arah arus (I) dan arah medan magnet (B) saling tegak lurus, maka secara matematis, besarnya Gaya Lorentz dituliskan sebagai berikut.

$$F = B \cdot i \cdot l$$

Keterangan:

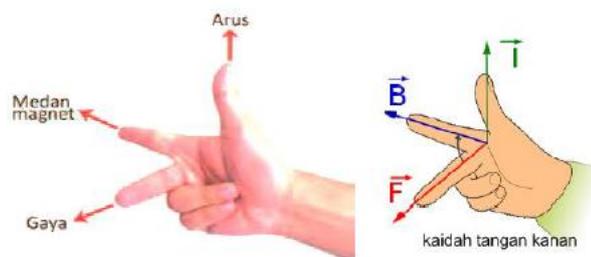
F = gaya Lorentz (Newton)

B = medan magnet tetap (Tesla)

i = kuat arus listrik (Ampere)

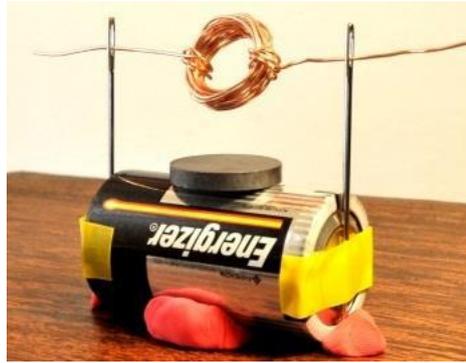
l = panjang kawat berarus yang masuk ke dalam medan magnet (meter)

Penentuan arah Gaya Lorentz, dapat dilakukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Perhatikan gambar berikut.



Gambar 135. Cara menentukan arah gaya Lorentz dengan menggunakan kaidah tangan kanan

Sumber: Dokumen Kemdikbud



Gambar 136. Penerapan gaya Lorentz pada motor listrik sederhana
Sumber: www.gagalenyilih.com

12. Induksi Elektromagnetik

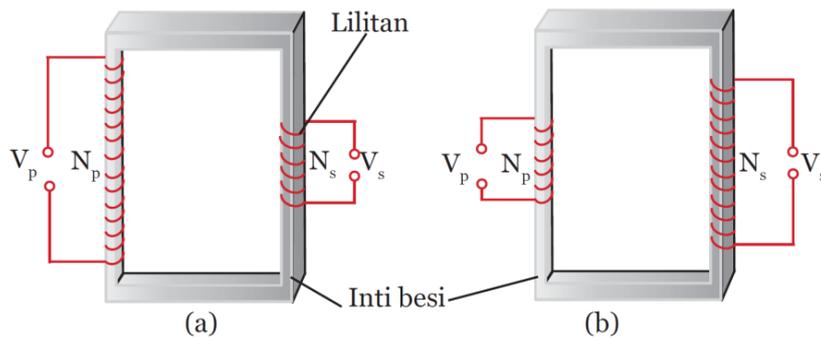
Gaya dapat terjadi pada arus listrik di sekitar medan magnet. Namun perubahan medan magnet dapat menghasilkan arus listrik, yang disebut **induksi elektromagnetik**. Menurut Faraday, arus listrik dapat dihasilkan dengan cara menggerakkan magnet batang keluar masuk kumparan. Temuan ini diterapkan pada generator listrik yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

Beberapa alat yang menerapkan konsep induksi elektromagnetik antara lain, generator listrik, Dinamo AC-DC, Transformator, alat pindai Magnetic Resonance Imaging (MRI), kereta Maglev, dan lain-lain.

Salah satu peralatan listrik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari terutama untuk mengalirkan listrik dirumah-rumah kita adalah Transformator.

Transformator dalam bekerja menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Berdasarkan penggunaannya, transformator dibagi menjadi dua jenis, yaitu transformator *step-down* dan transformator *step-up*. Transformator *step-down* berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik, sedangkan transformator *step-up* berfungsi untuk menaikkan tegangan listrik.

Transformator pada dasarnya terdiri atas lilitan primer dan lilitan sekunder yang dihubungkan dengan menggunakan inti besi. Lilitan primer yang mendapat tegangan AC akan menginduksi inti besi hingga menjadi magnet. Perubahan arah arus AC membuat medan magnet yang terbentuk berubah-ubah, sehingga menghasilkan tegangan AC pada ujung-ujung kumparan sekunder.



Gambar 137.(a) Transformator Step Down, (b) Transformator Step Up
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Besar kecilnya tegangan keluaran yang dihasilkan transformator sangat dipengaruhi oleh jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekunder. Jika jumlah lilitan primernya lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder, maka tegangan pada kumparan sekunder juga akan lebih kecil daripada tegangan pada kumparan sekunder, dan transformator tersebut disebut transformator step down. Namun jika jumlah lilitan primernya lebih sedikit daripada jumlah lilitan sekunder, maka tegangan pada kumparan sekunder akan lebih besar daripada tegangan pada kumparan primer, dan transformator tersebut disebut transformator step up.

Pada transformator ideal, energi listrik yang masuk ke dalam kumparan primer akan dipindahkan seluruhnya ke dalam kumparan sekunder. Hal ini mengakibatkan besar efisiensi transformator menjadi 100% atau secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$W_p = W_s$$

$$V_p \times i_p \times t = V_s \times i_s \times t$$

karena transformator bekerja pada waktu yang sama yaitu t , maka

$$V_p \times i_p = V_s \times i_s$$

persamaan dapat diubah menjadi

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{i_s}{i_p}$$

Berdasarkan analisis gaya gerak listrik, besar tegangan yang dihasilkan sebanding dengan jumlah lilitan kawat. Oleh karena itu, persamaannya menjadi

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{i_s}{i_p}$$

Keterangan:

W_p = energi primer

W_s = energi sekunder

I_p = arus primer

I_s = arus sekunder

N_p = lilitan primer

N_s = lilitan sekunder

V_p = tegangan primer

V_s = tegangan sekunder

Walaupun demikian, efisiensi transformator pada kenyataannya tidak pernah mencapai 100% (ideal), karena biasanya sebagian energi listrik yang masuk ke dalam kumparan primer akan diubah menjadi kalor. Perubahan energi listrik menjadi kalor ini salah satunya disebabkan oleh adanya arus Eddy pada inti besinya. Perhitungan efisiensi trafo (1) yang tidak ideal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus efisiensi (η) berikut.

$$\eta = \frac{P_{Output}}{P_{Input}} \times 100\%$$

keterangan:

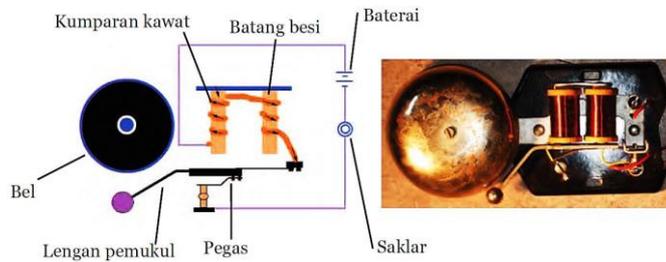
P_{out} = daya listrik pada kumparan sekunder.

P_{in} = daya listrik pada kumparan primer.

13. Teknologi Kemagnetan

Beberapa aplikasi dari konsep kemagnetan yang diterapkan dalam teknologi peralatan di kehidupan sehari-hari, antara lain adalah:

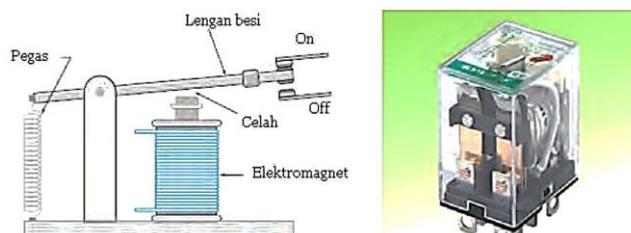
a. Bel listrik



Gambar 138.(kiri) Skema Rangkaian Bel Listrik, (kanan) Bel Listrik
Sumber: (a) www.citycollegiate.com , (b) en.wikipedia.org

Pada saat tombol bel listrik ditekan, rangkaian arus menjadi tertutup dan arus mengalir pada kumparan. Aliran arus listrik pada kumparan ini mengakibatkan batang besi di dalamnya menjadi elektromagnet yang mampu menggerakkan lengan pemukul untuk memukul bel sehingga berbunyi

b. Saklar/relay



Gambar 139.(kiri) Diagram Saklar Elektromagnetik (kanan) Saklar Elektromagnetik
Sumber: (kiri) navya.co, (kanan) www.marineinsight.com

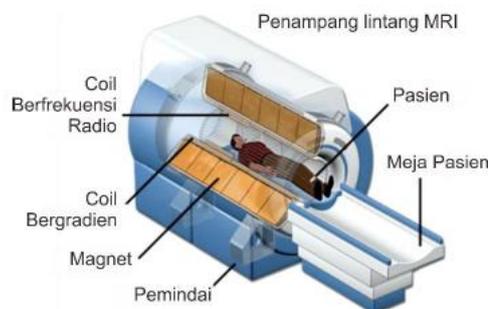
c. Telepon kabel



Gambar 140. Telepon Kawat
Sumber Dokumen Kemdikbud

d. *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*

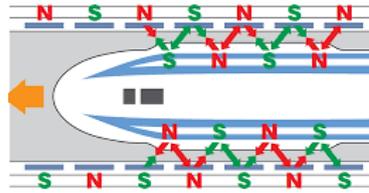
MRI menggunakan prinsip kemagnetan untuk mencitrakan kondisi kesehatan tulang atau organ tubuh bagian dalam manusia tanpa melalui prosedur pembedahan.



Gambar 141. MRI (Magnetic Resonance Imaging)
Sumber: Dokumen Kemdikbud

e. Kereta Maglev

Maglev merupakan kependekan dari *magnetically levitated* atau kereta terbang. Kereta maglev diterbangkan kurang lebih 10 mm di atas relnya. Meskipun rel dan kereta tidak menempel, kereta maglev yang super cepat yakni mampu melaju hingga 650 km/jam, tidak akan terjatuh dan tergelincir. Hal ini disebabkan kereta maglev menerapkan prinsip gaya tolak menolak magnet serta didorong dengan menggunakan motor induksi.



Gambar 142. Kereta Maglev
Sumber: National geographic channel



Gambar 143. Kereta Maglev Jepang dan Interior didalamnya
Sumber: (atas) www.uniworldnews.org (bawah) d13uygpm1enfng.cloudfront.net

D. Rangkuman

1. Getaran merupakan gerak bolak-balik melalui titik kesetimbangannya yang energinya akan merambat dalam bentuk gelombang.
2. Gelombang-gelombang yang berbeda dapat memiliki periode, frekuensi, dan panjang gelombang yang berbeda.
3. Berdasarkan arah rambatnya, gelombang dibedakan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya.
4. 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.
5. 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.
6. Cahaya memiliki sifat-sifat khusus. Cahaya dapat merambat lurus, dipantulkan, dibiaskan, dan merupakan gelombang elektromagnetik.
7. Pemantulan cahaya dapat berupa pemantulan baur dan pemantulan teratur.
8. Pemantulan baur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang tidak rata, seperti aspal, tembok, batang kayu, dan lainnya.
9. Pemantulan teratur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang rata, seperti cermin datar atau permukaan air danau yang tenang. Pada pemantulan baur dan pemantulan teratur, sudut pantulan cahaya besarnya selalu sama dengan sudut datang cahaya.
10. Cahaya yang mengenai benda sebagian akan dipantulkan ke mata dan sebagian lagi akan diserap benda sebagai energi.

11. Cahaya dapat dipantulkan pada cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung.
12. Cahaya akan dibiaskan ketika melalui dua medium dengan kerapatan optik yang berbeda.
13. Cahaya dapat dibiaskan pada lensa cekung dan lensa cembung.
14. Warna cahaya yang dapat dilihat tergantung pada panjang gelombang dari gelombang cahaya yang masuk ke mata.
15. Benda hanya akan memantulkan spektrum cahaya yang warnanya sama dengan warna permukaan benda tersebut, sehingga kita dapat mengindra dengan tepat warna-warna benda tersebut.
16. Gelombang cahaya terbentuk karena adanya perubahan medan magnet dan medan listrik secara periodik, sehingga merupakan gelombang elektromagnet.
17. Gelombang cahaya matahari memancar ke segala arah sampai ke bumi meskipun melalui ruang hampa udara. Hal ini berarti gelombang cahaya dapat merambat pada ruang kosong (hampa udara) tanpa adanya materi.
18. Pembentukan bayangan pada cermin dan lensa menggunakan sinar-sinar istimewa.
19. Bayangan bersifat nyata apabila titik potongnya diperoleh dari perpotongan sinar-sinar pantul yang konvergen (mengumpul). Sebaliknya, bayangan bersifat maya apabila titik potongnya merupakan hasil perpanjangan sinar-sinar pantul yang divergen (menyebar).
20. Bayangan pada cermin datar bersifat maya.
21. Bayangan yang terbentuk pada cermin cembung bersifat maya, tegak, dan diperkecil.
22. Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cekung dan lensa cembung tergantung pada posisi benda.
23. Gangguan pada lensa mata dapat menyebabkan seseorang menderita miopi, hipermetropi, buta warna, presbiopi, dan astigmatisma.

24. Miopi adalah kelainan yang menyebabkan seseorang tidak dapat melihat dengan jelas benda yang jaraknya jauh (tak hingga). Penderita hipermetropi dapat dibantu dengan lensa cekung.
25. 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.
26. Listrik statis terjadi akibat adanya perbedaan muatan listrik. Muatan listrik sejenis (positif dengan positif atau negatif dengan negatif) bersifat tolak menolak.
27. Muatan listrik yang berbeda (positif dengan negatif) bersifat tarik menarik. Besarnya gaya tolak atau gaya tarik kedua muatan listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan hukum Coulomb.
28. Medan listrik adalah daerah yang masih dipengaruhi oleh gaya listrik suatu muatan listrik.
29. Arus listrik mengalir karena adanya perbedaan potensial listrik.
30. Rangkaian listrik terdiri 2 jenis, yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel.
31. Medan magnet dapat muncul/ditemukan di sekitar kawat berarus listrik.
32. Arus listrik dapat muncul dari perubahan fluks magnetic disekitar kawat.