

DUTA GRAFIKA



OPTIK



Oleh :
Iwan Permana Suwarna

OPTIK

Penulis : Iwan Permana Suwarna
Editor : Khalimatusa'diah
Layouter : Eka Permana
Design Cover : Aldhy Armansyah
Penerbit : Duta Grafika
Percetakan : Duta Grafika
Cetakan Pertama : 2010
ISBN : **978-979-0409-19-4**

Diterbitkan Oleh :
CV. Duta Grafika
Printing and Publishing

Kantor Pusat :
Jalan Veteran II No. 14
Teluk Pinang, Ciawi, Bogor 16720
Telp. (0251) 8249053
Faks. (0251) 8249116

Perpustakaan Nasional RI:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Suwarna, Iwan Permana
Optik/Iwan Permana Suwarna ,
Khalimatusa'diah (ed).
Cet.1, Bogor : CV. Duta Grafika 2010.
17,6 cm x 25 cm;
iv, 116 hlm.; Font: Arial, Desyrel,
Calligrapher, Benguiat Frisky
ISBN: **978-979-0409-19-4**

I. Judul

II. Khalimatusa'diah

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang Republik Indonesia
No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

Hak Penerbitan Pada PT. Regina Eka Utama Printing and Publishing.

Tidak Diperkenankan Memperbanyak Penerbitan Buku Ini

Tanpa Seizin Dari PT. Regina Eka Utama.

Kata Pengantar

Dunia pendidikan di negara kita sampai saat ini kian terus berkembang seiring dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia, peningkatan, pengembangan dan pembinaan pelaksanaan pendidikan nasional merupakan hal yang penting. Jenjang pendidikan menengah merupakan jenjang yang menjadi pembentukan karakter bagi anak didik yang nantinya akan menentukan keberhasilan suatu bangsa. Oleh sebab itu segala sesuatunya harusnya penuh dengan perhitungan dan penelaahan.

Setiap penyajian ilmu pengetahuan di setiap satuan pendidikan harus mampu mencakup semua perubahan yang terjadi. Buku Pendalaman materi Optik ini disusun untuk menjadi pendukung pembelajaran IPA khususnya fisika.

Penyajian materi dalam buku ini juga dibuat secara sistematis, komunikatif, integratif sehingga siswa dapat memahami isi dari buku ini secara mudah dan terorganisir dengan dilengkapi gambar-gambar dan informasi-informasi yang up to date.

Demikianlah saya persembakan buku ini untuk dijadikan sebagai panduan bagi para guru dan siswa dalam memahami IPA - Fisika. Selamat belajar.

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar _____	iii
Daftar Isi _____	iv
Bab I Optik _____	1
Bab II Cahaya _____	5
Bab III Cermin _____	27
Bab IV Lensa _____	57
Bab V Alat-alat Optik _____	71
Daftar Pustaka _____	114
Glosarium _____	115
Indeks _____	116

“Katakanlah:”Siapakah yang member rezeki kepadamu dari langit dan bumi, atau siapakah yang kuasa (menciptakan) pendengaran dan penglihatan, dan siapakah yang yang mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup dan siapakah yang mengatur segala urusan?” Maka mereka akan menjawab:”Allah.” Maka katakanlah:”Mengapa kamu tidak bertakwa (kepada-Nya)?”(Q.S yunus: 31)

Ilmuwan Muslim pertama yang mencurahkan pikirannya untuk mengkaji ilmu optik adalah Al-Kindi (801 M – 873 M). Hasil kerja kerasnya mampu menghasilkan pemahaman baru tentang refleksi cahaya serta prinsip-prinsip persepsi visual. Buah pikir Al-Kindi tentang optik terekam dalam kitab berjudul *De Radiis Stellarum*. Buku yang ditulisnya itu sangat berpengaruh bagi sarjana Barat seperti Robert Grosseteste dan Roger Bacon.

Tak heran, bila teori-teori yang dicetuskan Al-Kindi tentang ilmu optik telah menjadi hukum-hukum perspektif di era Renaisans Eropa. Secara lugas, Al-Kindi menolak konsep tentang penglihatan yang dilontarkan Aristoteles. Dalam pandangan ilmuwan Yunani itu, penglihatan merupakan bentuk yang diterima mata dari obyek yang sedang dilihat. Namun, menurut Al-Kindi penglihatan justru ditimbulkan daya pencahayaan yang berjalan dari mata ke obyek dalam bentuk kerucut radiasi yang padat.

Para Tohoh muslim yang memberikan kontribusinya lainnya di dunia optik yaitu Al Khaitam, kamaluddin al farisi, dan lain-lain.

BAB 1

OPTIK

Sejarah optik

Kata optik berasal dari bahasa Latin, yang artinya tampilan. Optika adalah cabang fisika yang menggambarkan perilaku atau sifat-sifat cahaya dan interaksi cahaya dengan materi. Intinya optika membahas tentang gejala-gejala optik.

Bidang optika terbagi menjadi dua, yaitu *optik geometri* dan *optik fisis*. Optik geometris atau optik sinar, menjabarkan perambatan cahaya sebagai vektor yang disebut sinar melalui gambar-gambar geometri dari berkas sinar tersebut. Sedangkan optik fisis menjelaskan gejala-gejala yang terjadi pada optik geometri dengan penjabaran matematis, sehingga komponen optik dan sistem kerja cahaya seperti ukuran, posisi, dan pembesaran obyek menjadi lebih jelas.

Banyak sekali tokoh-tokoh yang berjasa pada perkembangan ilmu optika, diantaranya adalah :

1. Euklides (hidup sekitar abad ke-4 SM)

Euklides ialah matematikawan dari Alexandria dikenal sebagai bapak geometri. Dalam bukunya yang berjudul Elemen, ia mengemukakan teori bilangan dan geometri. Menurutnya satu hal yang paling penting untuk dicatat, bahwa dalam pembuktian teorema-teorema geometri tak diperlukan adanya contoh dari dunia nyata tetapi cukup dengan deduksi logis menggunakan aksioma-aksioma yang telah dirumuskan.

2. Johannes Kepler (27 Desember 1571 – 15 November 1630).

Johannes Kepler seorang tokoh penting dalam revolusi ilmiah, adalah seorang astronom Jerman, matematikawan dan astrolog. Dia paling dikenal melalui hukum gerakan planetnya. Dia kadang dirujuk sebagai "astrofisikawan teoretikal pertama", meski Carl Sagan juga memanggilnya sebagai ahli astrologi ilmiah terakhir.

Orang Eropa abad ke-16 sangat mengagumi komet. Maka, pada suatu malam, sewaktu sebuah komet yang dipopulerkan oleh astronom Denmark *Tycho Brahe* terlihat di langit, Katharina Kepler membangunkan putranya, Johannes, yang berusia enam tahun untuk menyaksikan komet itu. Lebih dari 20 tahun kemudian, sewaktu Brahe meninggal, siapakah yang dilantik Kaisar Rudolf II untuk menggantikan jabatan Brahe sebagai matematikawan kekaisaran? Pada usia 29 tahun, Johannes Kepler menjadi matematikawan kekaisaran untuk Kaisar Romawi Suci, beserta ahli astrologi kerajaan Jendral Wallenstein, suatu jabatan yang ia pegang hingga akhir hayatnya. Kepler juga seorang profesor matematika di Universitas Graz. Karir Kepler juga bersamaan dengan karir Galileo Galilei. Pada awal karirnya, Kepler adalah asisten Tycho Brahe.

Kepler sangat dihargai bukan hanya dalam bidang matematika. Ia menjadi sangat terkenal di bidang optik dan astronomi. Meski perawakannya kecil, Kepler memiliki kecerdasan yang memukau dan juga kepribadian yang gigih. Ia didiskriminasi sewaktu tidak mau pindah agama ke Katolik Roma, sekalipun di bawah tekanan hebat (diambil seperlunya dari Wikipedia).

3. Willebrord Snellius (1580–30 Oktober 1626)



Willebrord Snellius (terlahir dengan nama Willebrord Snel van Royen lahir di Leiden) adalah ilmuwan berkebangsaan Belanda dalam bidang astronomi dan matematika. Willebrord Snellius dikenal dengan hukum pembiasan cahaya.

Gambar : Willebrord Snellius

Sumber : www.wikipedia.com, 2009

4. Christiaan Huygens (1629–8 Juli 1695)



Christiaan Huygens, merupakan ahli matematika Belanda dan ahli fisika; lahir di Den Haag sebagai anak dari Constantijn Huygens. Ahli sejarah umumnya mengaitkan Huygens dengan revolusi ilmiah.

Christiaan umumnya menerima penghargaan minor atas perannya dalam perkembangan kalkulus modern. Ia juga mendapatkan peringatan atas argumennya bahwa cahaya terdiri dari gelombang. Tahun 1655, ia menemukan bulan Saturnus, Titan.

Gambar : Christiaan Huygens

Sumber : www.wikipedia.com, 2009

5. Antoni Van Leeuwenhoek (1632 - 1723)

Leuweenhoek adalah seorang ahli fisika dan biologi, pelopor riset mikroskopik yang dilahirkan di Delf, Belanda. Pada usia 21 tahun ia membuka toko kain dan mulai menggunakan kaca pembesar sederhana buatannya sendiri untuk memeriksa kualitas kainnya. Mikroskop Leuweenhoek tidak lebih besar daripada ibu jari. Mikroskop tersebut terbuat dari logam, lensa tunggalnya mempunyai tebal kira-kira 1 milimeter dan panjang fokusnya begitu pendek sehingga dalam menggunakannya harus dipegang dekat sekali dengan mata. Pertama kali Leuweenhoek membuat mikroskop hanya sebagai hobi. Pada tahun 1674, Leuweenhoek menemukan hewan-hewan bersel satu, yaitu protozoa. Ia katakan bahwa setetes air bisa menjadi rumah satu juta hewan-hewan kecil tersebut. Leuweenhoek hidup dalam ketenaran, ia dikunjungi raja-raja pada saat itu. Menjelang kematiannya pada usia 90 tahun, ia telah membuat lebih dari 400 mikroskop.

6. Rangaku

Rangaku (arti harfiah: ilmu belanda; ran: Belanda) adalah sebutan untuk ilmu pengetahuan, budaya, dan teknologi dari Eropa yang dikenal Jepang

pada zaman Edo. Ilmu-ilmu Barat didapat Jepang melalui kontak dengan orang Belanda di pos perdagangan Belanda di Dejima. Studi ilmu-ilmu dari Barat yang didapat dari orang Belanda memungkinkan Jepang mengejar ketinggalan di bidang teknologi dan kedokteran Barat akibat politik isolasi yang dijalankan Keshogunan Tokugawa dari 1641 hingga 1853. Melalui rangaku, orang Jepang belajar berbagai aspek revolusi ilmu pengetahuan yang berlangsung di Eropa pada waktu itu. Dengan mempelajari ilmu-ilmu dari Barat, Jepang memiliki dasar-dasar ilmu pengetahuan dan teknologi untuk melakukan modernisasi setelah dibukanya pelabuhan-pelabuhan di Jepang untuk perdagangan dengan kapal-kapal asing pada tahun 1854.

Itulah beberapa orang yang telah berjasa terhadap kemajuan ilmu optika yang sedang kamu pelajari ini. Walaupun beberapa tokoh lainnya belum di jelaskan. Tidakah kamu tertarik menjadi seorang ilmuwan terkenal seperti tokoh-tokoh di atas?



Bab 11

Cahaya

Tahukah kalian apa yang dimaksud dengan cahaya? Dalam kehidupan sehari-hari, kamu pasti telah mengenal cahaya. Cahaya dapat kita temui dimana-mana, diperjalanan, di ruangan, dll. Cahaya tersebut diantaranya cahaya matahari atau cahaya lampu. Cahaya memiliki manfaat yang sangat besar sekali bagi kehidupan, terutama cahaya matahari. Tanpa cahaya tidak mungkin ada kehidupan. Jika bumi tidak mendapat cahaya dari matahari, maka bumi akan gelap gulita dan dingin dan membeku, seperti daerah kutub yang sedikit terkena sinar matahari sehingga tidak mungkin ada kehidupan.

Cahaya termasuk gelombang elektromagnetik. Cahaya memiliki beberapa sifat yang sama dengan sifat gelombang mekanik. Sifat cahaya diantaranya : mengalami pemantulan, mengalami pembiasan, mengalami interferensi, dan pelenturan. Ada satu sifat yang tidak dimiliki gelombang mekanik yaitu sifat polarisasi cahaya.

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

Di bawah terik matahari kamu dapat melihat bayanganmu bergerak sesuai dengan gerakanmu. Secepat apapun kamu bergerak, bayanganmu tetap ada di dekatmu. Ketika hari berubah menjadi mendung, bayanganmu tidak terlihat. Ke manakah bayanganmu itu? Apakah yang menyebabkan bayanganmu ada? Bayangan terjadi karena adanya cahaya. Cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang. Cahaya dapat merambat tanpa medium termasuk jenis gelombang elektromagnetik. Tuhan telah menciptakan Matahari dan cahayanya sedemikian rupa sehingga makhluk yang berada di Bumi dapat memanfaatkan cahaya tersebut.

Matahari mempunyai fungsi yang sangat penting bagi bumi. Energi pancaran matahari telah membuat bumi tetap hangat bagi kehidupan, membuat udara dan air di bumi bersirkulasi, tumbuhan bisa berfotosintesis, dan banyak hal lainnya.

Sinar matahari diketahui memang memberikan pertumbuhan dan tenaga bagi semua makhluk hidup. Berikut ini beberapa manfaat sinar matahari!

1. Sinar matahari menghasilkan vitamin D.

Pada waktu berkas sinar ultraviolet disaring di kulit. Ia mengubah simpanan kolesterol di kulit menjadi vitamin D. Menghadapkan sebagian dari tubuh ke sinar matahari selama 5 menit memberikan 400 unit vitamin D

2. Sinar matahari mengurangi kolesterol darah.

Dengan mengubah kolesterol di bawah kulit menjadi vitamin D, menyebabkan tubuh memberikan peringatan kepada kolesterol yang ada dalam darah untuk keluar dari darah menuju ke kulit, sehingga mengurangi kolesterol dalam darah.

3. Sinar matahari menjadi penawar infeksi dan pembunuh bakteri.

Matahari dapat membunuh bakteri penyakit, virus dan jamur. Hal itu berguna untuk perawatan TBC, erysipelas, keracunan darah, peritonitis, pneumonia, mumps, asma saluran pernapasan. Bahkan beberapa dari virus penyebar kanker dibinasakan oleh sinar ultraviolet ini. Infeksi jamur, termasuk candida, bereaksi terhadap sinar matahari. Bakteri di udara dibinasakan dalam waktu 10 menit oleh sinar matahari.

4. Sinar matahari mengurangi gula darah.

Cahaya matahari bagaikan insulin yang memberikan kemudahan penyerapan glukosa masuk ke dalam sel-sel tubuh. Ini merangsang tubuh untuk mengubah gula darah (*glukosa*) menjadi gula yang tersimpan (*glycogen*), yang tersimpan di hati dan otot, sehingga menurunkan gula darah

5. Sinar Matahari meningkatkan kebugaran pernafasan.

Sinar matahari dapat meningkatkan kapasitas darah untuk membawa oksigen dan menyalurkannya ke jaringan-jaringan. Faktor lain yang bisa membantu meningkatkan kebugaran pernafasan ialah bahwa glikogen bertambah di hati dan otot setelah berjemur matahari.

6. Sinar matahari menolong dalam membentuk dan memperbaiki tulang-tulang.

Dengan bertambahnya tingkat vitamin D dalam tubuh karena terkena sinar matahari, bisa meningkatkan penyerapan kalsium. Ini menolong pembentukan & perbaikan tulang dan mencegah penyakit seperti rakhitis dan osteomalacia (pelembutan tulang tidak Normal).

7. Sinar matahari meningkatkan beberapa jenis kekebalan.

Sinar matahari menambah sel darah putih terutama limfosit, yang digunakan untuk menyerang penyakit. Antibodi (*gamma globulins*) bertambah. Pengaruh ini bertahan sampai 3 minggu. Nitrofil membunuh kuman-kuman lebih cepat setelah pernafasan dengan sinar matahari. Sepuluh menit di bawah sinar ultraviolet satu atau dua kali setiap minggu dapat mengurangi flu 30-40 %.

Mengamati warna

Pada bagian ini kalian akan mempelajari bagaimana cahaya dapat dipecah. Untuk itu kamu dapat menggunakan *compact disc* (CD).

1. Arahkan bagian CD yang tidak tertutup label ke suatu sumber cahaya. Kalian dapat menggunakan lampu atau matahari
2. Amati pola-pola warna yang dipantulkan oleh bagian CD tersebut

A. Pengertian Cahaya

Cahaya merupakan sejenis energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang bisa dilihat dengan mata. Cahaya juga merupakan dasar ukuran meter: 1 meter adalah jarak yang dilalui cahaya melalui vakum pada 1/299,792,458 detik. Kecepatan cahaya adalah 299,792,458 meter per detik.

Frekuensi gelombang cahaya ditentukan oleh periode osilasi yang merupakan panjang gelombang tersebut, seyogyanya tidak berubah saat merambat melalui berbagai medium, hanya kecepatan gelombang yang bergantung pada jenis mediumnya. Persamaan yang digunakan: dimana: v adalah kecepatan gelombang

λ adalah panjang gelombang

f adalah frekuensi

Pada frekuensi yang konstan, perubahan kecepatan gelombang cahaya akan berpengaruh pada panjang gelombangnya.

Rasio antara kecepatan gelombang cahaya pada ruang hampa dan kecepatan gelombang cahaya pada suatu medium disebut *index of refraction* dengan persamaan:

di mana:

c adalah kecepatan gelombang cahaya pada ruang hampa berupa konstanta fisika bernilai 299,792,458 meter/detik.[6]

v adalah kecepatan gelombang cahaya pada medium tertentu

n adalah index of refraction atau indeks bias, bernilai $n=1$ dalam ruang hampa dan $n>1$ di dalam medium. Medium yang lebih padat seperti kaca dan air mempunyai indeks bias sekitar 1,3 hingga 1,5. Indeks bias berlian berkisar antara 2,4

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang kasat mata dengan panjang gelombang sekitar 380–750 nm. Pada bidang fisika, cahaya adalah radiasi elektromagnetik, baik dengan panjang gelombang kasat mata maupun yang tidak.

Cahaya adalah paket partikel yang disebut foton.

Kedua definisi di atas adalah sifat yang ditunjukkan cahaya secara bersamaan sehingga disebut "**dualisme gelombang-partikel**". Paket cahaya yang disebut spektrum kemudian dipersepsikan secara visual oleh indera penglihatan sebagai warna. Bidang studi cahaya dikenal dengan sebutan optika, merupakan area riset yang penting pada fisika modern. Cahaya mempunyai **4 besaran dalam optika klasik yaitu:**

- Intensitas
- Frekuensi atau panjang gelombang
- Polarisasi
- Fasa

Sifat optik geometris yaitu:

- Refleksi
- Refraksi

Sifat optik fisis yaitu:

- Interferensi
- Difraksi
- Dispersi
- Polarisasi

Teori Cahaya

Hukum Pemantulan Cahaya:

1. Sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada bidang yang sama; dan
2. Besar sudut datang (i) sama dengan besar sudut pantul (r).

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang tercipta dari medan magnet dan osilasi medan listrik. Kedua medan ini secara kontinu saling menciptakan seiring gelombang cahaya yang merambat menembus ruang dan bergetar dalam waktu.

B. Sifat-Sifat Cahaya

Sifat-sifat cahaya yaitu:

1. Dapat dilihat oleh mata
2. Memiliki arah rambat yang tegak lurus arah getar (transversal)
3. Merambat menurut garis lurus
4. Memiliki energi
5. Dipancarkan dalam bentuk radiasi
6. Dapat mengalami pembiasan, interferensi, difraksi (lenturan), dan polarisasi (terserap sebagian arah getarnya)

Bagaimanakah cahaya itu bergerak, apakah merambat lurus atau berkelok-kelok? Pernahkah kamu memperhatikan seberkas cahaya yang masuk pada sebuah lubang kecil di ruang yang relatif gelap? Bagaimanakah perambatan cahaya yang kamu lihat? Untuk membuktikan jawabanmu, lakukanlah percobaan berikut ini.

UJI COBA

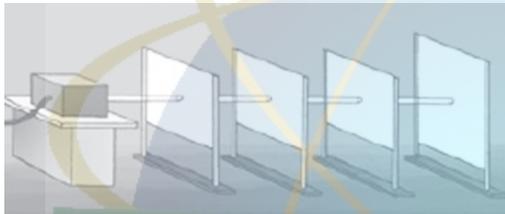
Tujuan: Mengamati perambatan cahaya

Alat dan bahan

Kotak cahaya, tiga lembar karton berukuran 20×20 cm, dan layar

Langkah Percobaan

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Berilah lubang kecil di bagian tengah ketiga karton.
3. Susunlah alat dan bahan seperti pada Gambar
4. Aturlah ketiga karton sehingga cahaya tertangkap di layar, lalu amati perambatan cahaya tersebut.



Gambar : Bahan-bahan uji coba

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

Diskusikanlah pertanyaan berikut!

1. Jika ketiga karton diletakkan sembarang (tidak sejajar), apakah cahaya dapat keluar dari karton terakhir?
2. Bagaimanakah posisi ketiga lubang karton tersebut agar cahaya dapat ditangkap oleh layar?
3. Apakah yang dapat kamu simpulkan dari hasil kegiatan tersebut?

Jika kamu melakukan kegiatan tersebut dengan baik, cahaya akan keluar dari karton terakhir ketika lubang ketiga karton tersebut berada pada satu garis lurus. Hal ini membuktikan bahwa cahaya merambat lurus. Hal yang sama terjadi pada saat kamu melihat perambatan cahaya melalui lubang kecil di suatu ruang yang gelap. Jika sumber cahaya tersebut adalah Matahari, kamu akan melihat perbedaan arah rambat cahaya di ruang gelap tersebut ketika Matahari terbit sampai Matahari terbenam.

Akibat cahaya merambat lurus, benda yang tidak tembus cahaya seperti buku, pohon, kertas, atau tubuh manusia akan membentuk bayangan apabila terkena cahaya.

Amatilah alam sekitarmu. Langit cerah berwarna biru, sawah hijau kekuning-kuningan, serta bunga beraneka warna. Tahukah kamu, bahwa kamu dapat melihat semua itu karena adanya sesuatu di alam ini yang disebut cahaya. Mungkin pernah terjadi suatu malam lampu di rumahmu padam. Dapatkah kamu melihat benda-benda di sekitarmu? Apa yang harus kamu lakukan agar benda-benda di sekitarmu itu dapat terlihat kembali? Lakukan kegiatan dalam Lab Mini untuk menyelidiki apa yang terjadi pada dirimu jika tidak ada cahaya yang dapat ditangkap oleh matamu.

Percobaan

Apa yang terjadi seandainya kamu tidak dapat melihat? Kegiatan ini akan memberimu pengalaman seperti apakah jadinya seandainya kamu tidak dapat melihat.

1. Dengan dibantu teman pasanganmu, tutuplah matamu dengan kain.
2. Mintalah temanmu untuk menuntunmu berkeliling ruangan kelas sehingga kamu tidak menabrak benda. Ingatlah untuk berkonsentrasi kemana kamu melangkah.

Analisis

Dalam Jurnal IPA-mu tuliskan sebuah paragraf tentang segala sesuatu yang kamu rasakan dan alami pada saat matamu ditutup rapat. Sudah sejak lama manusia menemukan bahwa api dapat menghasilkan cahaya. Selanjutnya ditemukan obor, lilin, lampu minyak, sampai lampu listrik. Kita bahkan menggunakan baterai untuk menyimpan energi yang dapat menghasilkan cahaya pada lampu senter. Alami atau buatan, cahaya mungkin merupakan suatu misteri bagimu. Kamu tidak dapat memegang cahaya. Cahaya tidak mempunyai wujud, namun cahaya ada di sekitarmu. Kamu mungkin mengira tidak tahu banyak tentang cahaya. Itu tidak sepenuhnya benar. Sebab cahaya memiliki beberapa sifat yang serupa dengan bunyi. Pada saat kamu mempelajari cahaya, perhatikan persamaan dan perbedaan antara cahaya dan bunyi. Sekarang, marilah kita pelajari sifat-sifat cahaya itu.

Cahaya Merambat Lurus Dari sebuah sumber cahaya, seperti ditunjukkan Gambar cahaya merambat ke semua arah. Apabila medium yang dilalui cahaya itu serba sama, bagaimanakah rambatan cahaya itu? Untuk menyelidiki bagaimana cahaya merambat, lakukan kegiatan dalam Lab Mini seperti ditunjukkan Gambar

Pernahkah kamu merasa takut dengan bayang-bayangmu sendiri? Pernahkah kamu membuat bayang-bayang di dinding dengan tanganmu? Mengapa bayangbayang dapat terbentuk?

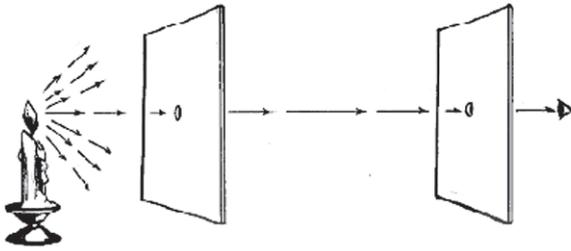
Bayang-bayang terjadi sebagai akibat cahaya merambat pada garis lurus. Hal ini tidak sulit untuk dipahami. Jika kamu menyalakan lampu senter dalam ruangan yang gelap,



Gambar : Lampu sumber cahaya
Sumber S: www.google.com, 2009

kamu melihat suatu berkas cahaya lurus. Jika sebuah benda memasuki berkas tersebut, maka benda tersebut menghalangi sebagian cahaya tersebut dan dihasilkan sebuah bayang-bayang. Cahaya tidak membelok di sekitar benda tersebut.

Bayang-bayang merupakan suatu daerah gelap yang terbentuk pada saat sebuah benda menghalangi cahaya yang mengenai suatu permukaan. Kamu dapat melihatnya pada Gambar. Jika sumber cahaya cukup besar, bayang-bayang sering terdiri dari 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, seperti Gambar



*Gambar : Cahaya Lilin dapat membuat
suatu bayangan*

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

Bagaimana cahaya merambat?

Prosedur

1. Ambil sebuah lilin dan nyalakan lilin itu. Ambil pula dua lembar kertas karton.
2. Buatlah sebuah lubang kecil pada masing-masing karton itu. Kemudian lihatlah nyala lilin itu melalui kedua lubang karton.

Analisis

1. Apa yang harus kamu lakukan agar usahamu berhasil?
2. Berupa apakah lintasan

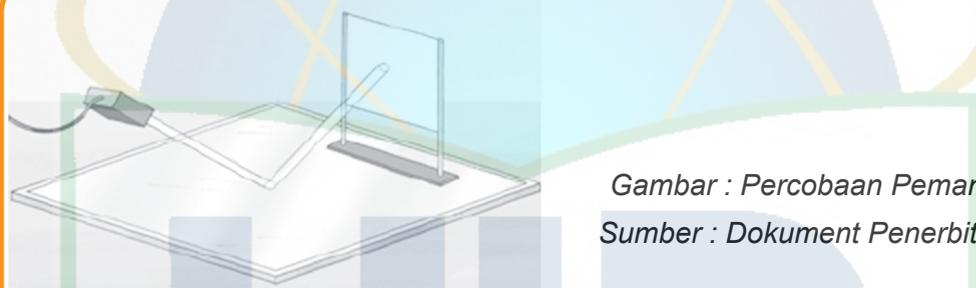
C. Pemantulan Cahaya

Pernahkan kamu melihat indahnnya Bulan purnama dan bertaburnya Bintang pada malam hari yang cerah? Tentunya hal itu akan mengingatkanmu pada Sang Pencipta. Begitu indah ciptaan-Nya sehingga patut kamu syukuri dan kamu pelajari agar keimananmu bertambah. Terangnya benda-benda langit tersebut karena adanya cahaya. Bintang bersinar karena dia memiliki cahaya sendiri, sedangkan Bulan tampak bercahaya karena pantulan dari cahaya Matahari. Akan tetapi, manusia di Bumi seolah-olah melihat Bulan tersebut memancarkan cahayanya sendiri. Dalam kehidupan sehari-hari, kamu tidak dapat melihat benda-benda di sekitarmu tanpa adanya cahaya. Pada malam hari ketika lampu listrik rumahmu padam, kamu tidak dapat

melihat apapun di sekitarmu. Hal tersebut terjadi karena tidak ada cahaya yang dipantulkan oleh benda di sekitarmu. Jadi, kamu dapat melihat suatu benda apabila ada cahaya yang dipantulkan oleh benda tersebut ke matamu. Pemantulan Teratur dan Pemantulan Baur

Pemantulan cahaya pada benda yang tidak tembus cahaya, ada yang teratur dan ada pula yang tidak teratur. Kamu dapat melihat cahaya yang dipantulkan benda-benda di sekitarmu tidak menyilaukan mata, tetapi terasa teduh dan nyaman. Namun, cahaya yang dipantulkan cermin ke mata akan sangat menyilaukan. Mengapa demikian? Untuk mengetahuinya, lakukanlah percobaan berikut.

UJI COBA



*Gambar : Percobaan Pemantulan
Sumber : Dokument Penerbit, 2009*

Tujuan

Mengamati pemantulan teratur dan pemantulan baur

Alat dan bahan

Kotak cahaya, cermin datar, papan triplek putih, dan kertas putih

Langkah Percobaan

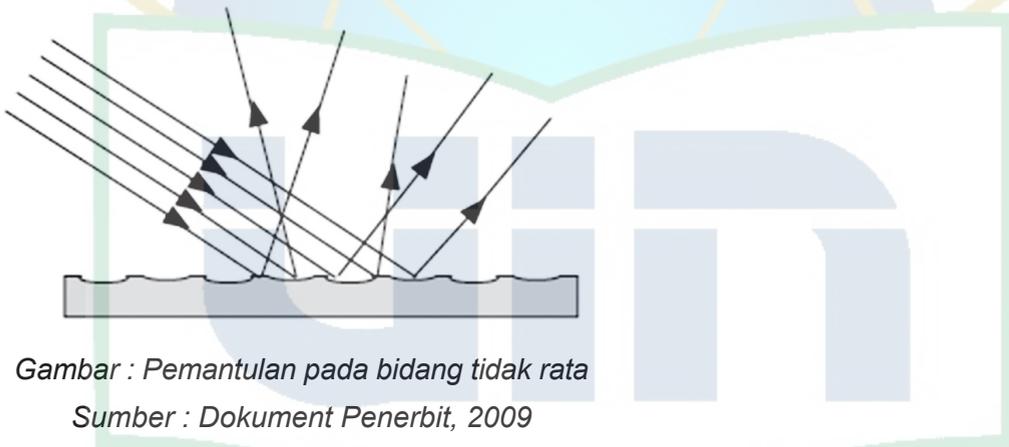
1. Sediakan alat dan bahan.
2. Jatuhkan seberkas cahaya pada cermin dan papan triplek.
3. Tangkaplah kedua cahaya pantul tersebut oleh kertas putih.

Diskusikanlah pertanyaan berikut!

1. Apakah sinar pantul dari kedua bahan tersebut dapat ditangkap kertas?
2. Mengapa sinar pantul yang berasal dari cermin lebih mudah ditangkap oleh layar daripada yang berasal dari papan triplek?

Cermin datar memiliki permukaan yang rata dan licin, sedangkan permukaan papan triplek kasar atau tidak rata. Hal tersebut menyebabkan sinar pantul pada cermin datar menghasilkan berkas yang sejajar menuju suatu arah tertentu. Sebaliknya, permukaan triplek tidak rata, penuh tonjolan, dan lekukan yang menyebabkan sinar pantul tidak menuju ke satu arah tertentu, tetapi menuju berbagai arah secara tidak teratur. Pemantulan cahaya oleh permukaan rata disebut pemantulan teratur, sedangkan pemantulan cahaya oleh permukaan yang tidak rata disebut pemantulan baur.

Pada saat melihat benda-benda di sekitarmu atau melihat pemandangan, matamu akan terasa nyaman. Hal tersebut karena sinar pantul yang terjadi termasuk pemantulan baur. Intensitas cahaya yang mengenai matamu tidak terlalu besar karena tidak semua sinar pantul menuju mata. Jika cahaya mengenai suatu benda, sebagian yang lain akan diteruskan dan sebagian akan dipantulkan, misalnya pada kaca bening.



Gambar : Pemantulan pada bidang tidak rata

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

Hukum Pemantulan

Pemantulan teratur terjadi pada benda yang tidak tembus cahaya dan permukaannya rata. Cermin merupakan suatu benda yang permukaannya sangat halus dan rata sehingga hampir semua cahaya yang datang padanya dapat dipantulkan. Bagaimanakah sifat-sifat cahaya yang terjadi pada cermin? Untuk mengetahuinya, lakukanlah kegiatan berikut.

UJI COBA

Tujuan

Mengidentifikasi sifat-sifat cahaya pada cermin

Alat dan bahan

Lampu senter, cermin datar, kertas karbon, kertas HVS, penggaris, dan busur derajat

Langkah Percobaan

1. Sediakan alat dan bahan.
2. Tutuplah kaca lampu senter dengan kertas karbon yang tengah-tengahnya telah diberi lubang kecil.
3. Tariklah garis horisontal pada kertas HVS, lalu tarik pulagaris yang tegak lurus dengan garis tadi di tengah-tengahnya. Letakkan cermin datar di atas kertas tersebut dengan garis yang tegak lurus berada di tengah-tengah cermin. Perhatikan Gambar.
4. Jatuhkan seberkas sinar pada titik perpotongan kedua garis tersebut.
5. Berilah tanda perjalanan berkas sinar datang dan berkas sinar pantul dari cermin pada kertas tersebut.
6. Ambillah kertas HVS, lalu tariklah garis sinar datang dan sinar pantul yang telah diberi tanda tersebut.
7. Ukurlah sudut antara sinar datang dan garis tegak lurus cermin serta ukur pula sudut antara sinar pantul dan garis tegak lurus cermin. Bandingkan hasilnya.
8. Ulangi kegiatan di atas beberapa kali untuk mendapatkan kesimpulan yang benar.

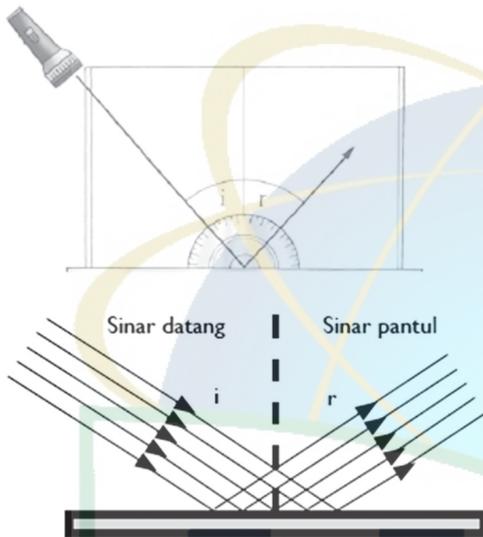
Keterangan

- (1) Sinar yang datang ke cermin disebut sinar datang.
- (2) Sinar yang dipantulkan cermin disebut sinar pantul.
- (3) Garis yang tegak lurus permukaan cermin disebut garis normal.
- (4) Sudut antara sinar datang dan garis normal disebut sudut datang.
- (5) Sudut antara sinar pantul dan garis normal disebut sudut pantul.

Diskusikanlah pertanyaan berikut!

1. Apakah sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang?
2. Apakah besarnya sudut datang dan sudut pantul sama besar?
3. Berikan kesimpulan dari kedua jawaban di atas.

Kesimpulan di atas merupakan Hukum Pemantulan



Gambar : Percobaan
Sumber : Dokument Penerbit, 2009

Kesimpulan di atas merupakan Hukum Pemantulan

Cahaya yang menyatakan bahwa

1. Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
2. Besar sudut datang sama dengan besar sudut pantul.

Contoh

Seberkas sinar datang pada permukaan cermin membentuk sudut 30° terhadap permukaan cermin. Tentukan besarnya sudut pantul.

Gambarkan pula jalannya sinar yang terjadi.

Penyelesaian:

Diketahui : $i = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

Ditanyakan : besarnya sudut pantul (r).

Jawab:

Hukum Pemantulan menyatakan bahwa sudut datang = sudut pantul ($i = r$).

Jadi, besarnya sudut pantul $r = 60^\circ$.

D. Pembiasan

Ketika kamu memasukkan sebagian pensil ke dalam air, apa yang terjadi? Seakan-akan pensilmu menjadi patah. Mengapa demikian? Kamu telah mempelajari sifat-sifat cahaya pada benda yang tidak tembus cahaya. Bagaimanakah jika cahaya tersebut mengenai benda bening yang tembus cahaya? Untuk memahaminya, lakukanlah percobaan berikut.

UJI COBA

Tujuan

Mengamati pembiasan cahaya pada kaca plan paralel. Alat dan bahan: Kotak cahaya monokromatis, catu daya, kertas HVS, penggaris, dan kaca plan paralel.

Langkah Percobaan

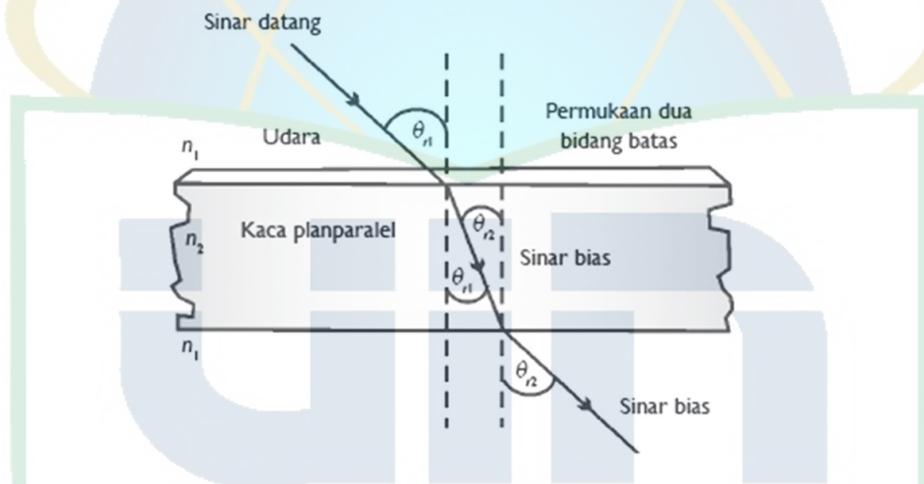
1. Siapkan alat dan bahan.
2. Rangkaikan kotak cahaya dengan catu daya dan pilihlah kisi tunggal untuk mendapatkan satu berkas cahaya.
3. Letakkan kaca plan paralel di atas kertas HVS dan buatlah batas-batas dari kaca tersebut pada kertas.
4. Lewatkan seberkas cahaya tunggal pada kaca plan paralel dengan membentuk sudut tertentu. Amati perjalanan sinarnya.
5. Tandai arah sinar datang dan arah sinar setelah keluar dari kaca.
6. Matikan catu daya dan angkat kaca plan paralel, kemudian tariklah garis perjalanan sinar hasil pengamatan tersebut.

Diskusikanlah!

1. Apakah berkas cahaya yang masuk ke dalam kaca dan pada saat keluar dari kaca membentuk garis lurus?
2. Apakah kerapatan massa udara dan kerapatan massa kaca sama?
3. Apakah besarnya sudut datang dan sudut bias di dalam kaca sama?

Berkas cahaya dari udara yang masuk ke dalam kaca akan mengalami pembelokan. Peristiwa tersebut disebut **pembiasan cahaya**. Hal ini disebabkan medium udara dan medium kaca memiliki kerapatan optik yang berbeda. Jadi, kamu dapat menyimpulkan bahwa pembiasan cahaya terjadi akibat cahaya melewati dua medium yang berbeda kerapatan optiknya. Sinar bias akan mendekati garis normal ketika sinar datang dari medium kurang rapat (udara) ke medium lebih rapat (kaca). Sinar bias akan menjauhi garis normal ketika cahaya merambat dari medium lebih rapat (kaca) ke medium kurang rapat (udara).

Terjadinya pembiasan tersebut telah dibuktikan oleh seorang ahli matematika dan perbintangan Belanda pada 1621 bernama Willebrord Snell. Kesimpulan hasil percobaannya dirumuskan dan dikenal dengan **Hukum Snellius**.



Gambar : Sinar datang sejajar dengan sinar yang keluar dari kaca plan paralel.

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

Hukum Snellius menyatakan sebagai berikut.

1. Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
2. Jika sinar datang dari medium yang kurang rapat menuju medium yang lebih rapat, sinar akan dibiaskan mendekati garis normal. Jika sinar datang dari medium yang lebih rapat menuju medium yang kurang rapat, sinar akan dibiaskan menjauhi garis normal.

Indek bias

Berkas cahaya yang melewati dua medium yang berbeda menyebabkan cahaya berbelok. Di dalam medium yang lebih rapat, kecepatan cahaya lebih kecil dibandingkan pada medium yang kurang rapat. Akibatnya, cahaya membelok. Perbandingan laju cahaya dari dua medium tersebut disebut indeks bias dan diberi simbol (n). Jika cahaya merambat dari udara atau hampa ke suatu medium, indeks biasnya disebut indeks bias mutlak. Secara matematis dituliskan.

$$n = \frac{c}{v}$$

dengan: n = indeks bias mutlak,

c = laju cahaya (m/s), dan

v = laju cahaya dalam medium (m/s).

Indeks bias mutlak dari beberapa medium diperlihatkan pada Tabel berikut.

No	Medium	Indeks
1	Vakum	1,0000
2	Udara	1,0003
3	Air (20°C)	1,33
4	Kuarsa	1,46
5	Kerona	1,52
6	Flinta	1,58
7	Kaca Flexi	1,51
8	Intan	2,42

Sumber : *Fundamentals of Physics*, 2001

Jika salah satu medium tersebut bukan udara, perbandingan laju cahaya tersebut merupakan nilai relatif atau indeks bias relatif. Misalnya, berkas cahaya merambat dari medium 1 dengan kelajuan v_1 masuk pada medium 2 dengan kelajuan v_2 , indeks bias relatif medium 2 terhadap medium 1 adalah:

$$n_1 = \frac{c}{v_1}, n_2 = \frac{c}{v_2}$$

maka $\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_1}{v_2}$

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

dengan: n_{21} = indeks bias relatif medium 2 terhadap medium 1,
 v_1 = laju di medium 1 (m/s), dan
 v_2 = laju di medium 2 (m/s).

E. Sudut Deviasi

Prisma adalah benda bening, seperti kaca plan paralel yang ujungnya membentuk sudut. Pada saat kamu mempelajari perjalanan cahaya pada kaca plan paralel, kamu tahu bahwa cahaya yang datang dari udara akan sejajar setelah melewati kaca dan kembali ke udara. Bagaimanakah perjalanan sinar pada prisma? Untuk memahaminya, lakukanlah percobaan berikut ini.

UJI COBA

Tujuan

Mengamati jalannya sinar pada prisma

Alat dan bahan

Kotak cahaya, prisma, kertas HVS, pensil, dan penggaris.

Langkah Percobaan

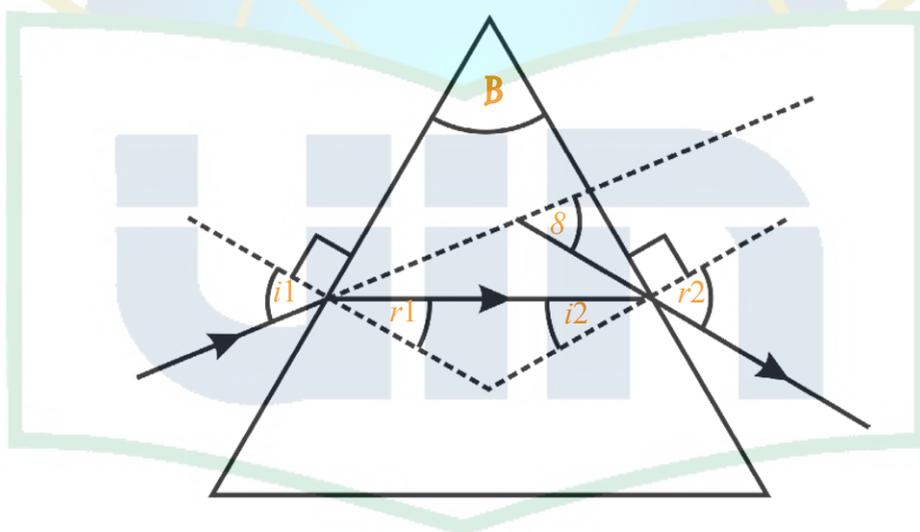
1. Sediakan alat dan bahan.
2. Letakkan prisma pada kertas HVS dan buatlah tanda dari sisi-sisi alas prisma.
3. Jatuhkan seberkas cahaya pada permukaan prisma. Amati perjalanan sinarnya.

4. Buatlah garis perjalanan sinar pada kertas HVS yang telah kamu beri tanda.
5. Perpanjang sinar datang pertama sampai keluar dari prisma. Bandingkan dengan sinar bias akhir.

Diskusikanlah!

1. Apakah sinar datang pertama dengan sinar bias akhir berpotongan?
2. Berilah kesimpulanmu dari hasil percobaan tersebut.

Ketika sinar dilewatkan pada prisma, ternyata terjadi penyimpangan arah sinar datang pertama dengan sinar bias akhir. Hal ini diakibatkan karena ujung-ujung prisma membentuk sudut. Sudut yang dibentuk antara perpanjangan sinar datang pertama dan sinar bias akhir disebut **sudut deviasi** atau sudut penyimpangan.



dengan

δ = sudut deviasi

i_1 = sudut datang pertama

r_1 = sinar bias pertama

i_2 = sudut datang akhir

r_2 = sinar bias akhir

B = sudut pembias prisma

F. Huygen

Christian Huygens dilahirkan pada tanggal 14 April 1629. Pada mulanya ia adalah seorang sarjana ilmu pasti dari Belanda, namun kemudian mendalami fisika dalam bidang mekanika dan optik. Huygens aktif menyelidiki gerak jatuh, konstruksi jam bandul, lensa, dan banyak mengemukakan teori cahaya sebagai gelombang. Dialah yang mengemukakan bahwa tiap titik pada permukaan gelombang dapat dianggap sebagai sumber gelombang yang dapat mengeluarkan Gelombang baru.



Gambar : Christian Huygens

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

G. Dispersi

Kamu akan melihat suatu benda sesuai dengan warnanya ketika cahaya matahari atau cahaya putih mengenai benda tersebut. Akan tetapi, kamu tidak akan melihat warna sebenarnya jika yang dikenakan padanya adalah cahaya warna lain. Mengapa demikian? Warna benda akan terlihat ketika ada warna cahaya tertentu yang dipantulkan ke mata kamu. Kamu akan melihat orang memakai baju berwarna merah apabila dari baju orang tersebut ada warna merah yang dipantulkan ke mata kamu. Kamu akan melihat daun

pisang berwarna hijau jika daun pisang tersebut memantulkan warna hijau ke matamu. Kamu dapat melihat warna sebuah benda ketika cahaya matahari menerangi suatu benda. Semua warna cahaya, seperti merah, kuning, biru, jingga, atau hijau dapat dibedakan oleh mata kamu ketika matahari meneranginya. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya matahari memiliki semua warna cahaya. Cahaya seperti ini disebut cahaya polikromatik. Bagaimana membuktikannya? Marilah kita lakukan percobaan berikut ini.

UJI COBA

Tujuan

Mengamati perjalanan sinar pada lensa

Alat dan bahan

Kotak cahaya, catu daya, dan prisma.

Langkah Percobaan

1. Sediakan alat dan bahan.
2. Peganglah sebuah prisma dan arahkan pada sinar matahari. Tangkaplah sinar bias dari prisma oleh kertas putih. Amati hasilnya.
3. Jatuhkan seberkas cahaya pada prisma dan tangkaplah sinar biasnya oleh kertas putih. Amati yang terjadi.

Diskusikanlah pertanyaan berikut!

1. Apakah yang terjadi ketika cahaya polikromatik melewati prisma?
2. Warna apakah yang kamu lihat?
3. Apa yang dapat kamu simpulkan dari hasil pengamatanmu? Ketika cahaya putih (polikromatik) dilewatkan pada prisma, ternyata sinar biasnya akan terurai menjadi beberapa cahaya yang dikenal dengan warna pelangi. Warna pelangi yang terbentuk membentuk deretan warna kontinu. Kadangkala, kamu tidak dapat membedakan batas satu dengan yang lainnya. Hasil pengamatan menunjukkan ada tujuh warna cahaya yang diuraikan, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Penguraian warna putih menjadi warna-warna cahaya pembentuknya disebut dispersi cahaya.



Gambar : Penguraian cahaya atau dispersi cahaya pada prisma.

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

H. Difraksi

Difraksi merupakan suatu fenomena gelombang yang terjadi sebagai respon gelombang terhadap halangan yang berada pada arah rambatnya. Pada gelombang cahaya, difraksi adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan respon cahaya dengan sinar yang melengkung mengitari halangan kecil pada arah rambatnya, dan radiasi gelombang yang menyebar keluar dari sebuah rana/celah kecil(bahasa inggris :*slit*).

Fenomena difraksi pertama kali dijelaskan oleh Francesco Maria Grimaldi pada tahun 1665 dengan nama Latin *diffringere* yang berarti to break into pieces dengan penjabaran sifat gelombang yang dapat terurai menjadi potongan-potongan gelombang. Potongan-potongan gelombang ini dapat bergabung kembali dalam suatu resolusi optis.



BAB III CERMIN

Hampir di setiap rumah pasti kamu akan menjumpai benda ini. Cermin merupakan sebuah benda yang sering kita jumpai hampir di tiap rumah, dengan bentuk, ukuran, ataupun harga yang berbeda. Tapi, tahukah kamu asal usul dari cermin itu sendiri? Siapakah yang pertama kali membuat cermin?

Kamu dapat mempelajarinya dengan membaca penjelasan berikut ini:

A. Sejarah cermin

Cermin pertama kali dibuat dari sekeping batu mengkilap seperti obsidian, sebuah kaca vulkanik yang terbentuk secara alami.



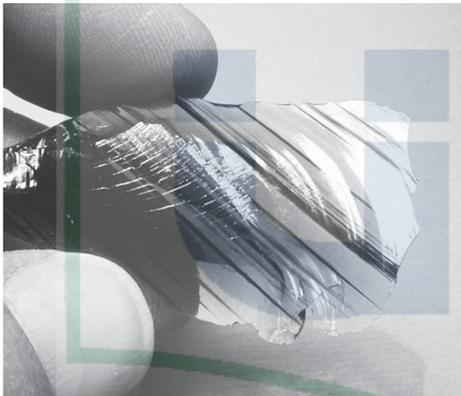
Gambar : Cermin obsidian

Sumber : www.google.com, 2009

Cermin yang pertama dibuat pada jaman sebelum masehi (SM) berupa cermin obsidian. Cermin obsidian yang paling tua ditemukan 6.000 SM di Anatolia / Turki. Cermin dari batu mengkilap ditemukan di Amerika tengah dan selatan dengan usia sekitar 2.000 tahun. Cermin dari tembaga mengkilap telah dibuat di Mesopotamia sekitar 4000 SM dan di Mesir purba pada 3.000 SM. Di China, cermin perunggu dibuat pada 2.000 SM.



*Gambar : Cermin Perunggu
Sumber : www.google.com, 2009*



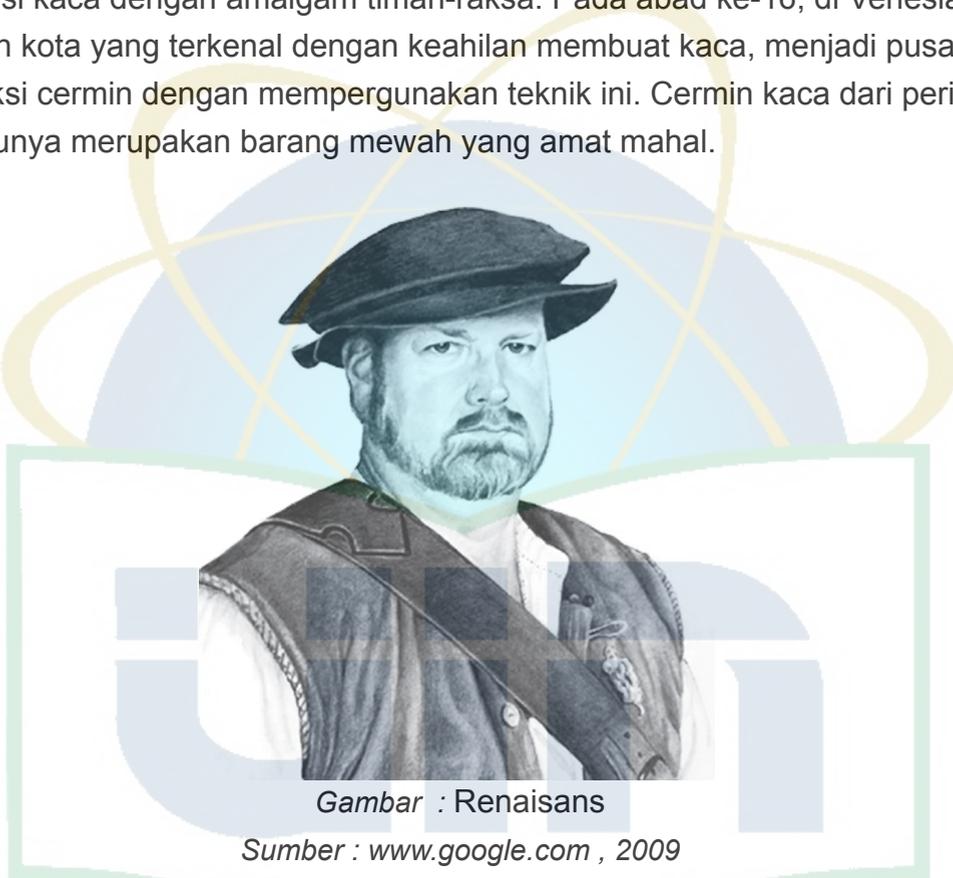
*Gambar : Bahan pembuat cermin jaman
romawi*

Sumber : www.google.com, 2009

Cermin kaca pertama yang dilapisi logam di abad masehi diciptakan di daerah Sidon (Lebanon) pada abad pertama M. Sedangkan cermin yang dibuat dengan sandaran, dibuat sekitar tahun 77 M. Cermin tersebut diberi sandaran berupa daun emas. Bangsa Romawi merupakan bangsa pertama yang mengembangkan teknik menciptakan cermin walaupun masih agak kasar. Cermin tersebut terbuat dari kaca hembus yang dilapisi dengan timah yang dilelehkan.

Cermin parabola pantul pertama kali dideskripsikan oleh fisikawan bangsa Arab bernama Ibn Sahl pada abad 10. Ibn al-Haytham berhasil merumuskan prinsip kerja pada mata yang menggunakan prinsip pembiasan pada lensa cembung. Cermin kaca bening diproduksi di Al-Andalus pada abad 11.

Pada awal Abad Renaisans, orang Eropa menyempurnakan metode melapisi kaca dengan amalgam timah-raksa. Pada abad ke-16, di Venesia sebuah kota yang terkenal dengan keahlian membuat kaca, menjadi pusat produksi cermin dengan mempergunakan teknik ini. Cermin kaca dari periode itu dulunya merupakan barang mewah yang amat mahal.



Gambar : Renaisans

Sumber : www.google.com , 2009

Justus Liebig menemukan cermin kaca pantul di tahun 1835. Prosesnya melibatkan pengendapan lapisan perak metalik ke kaca melalui reduksi kimia perak nitrat. Proses melapisi kaca dengan substansi bersifat reflektif (*silvering*) ini diadaptasi untuk memproduksi cermin secara massal. Saat ini, cermin sering diproduksi dengan pengendapan vakumnya aluminium (atau terkadang perak) langsung ke substrat kaca.

Mengenal tokoh :

Ibn Haitham, Bapak Ilmu Optik



Sejarah optik mencatat, Ibn Haitham sebagai bapak ilmu optik yang mengurai bagaimana kerja mata 'mencerna' penampakan suatu obyek. Nama lengkap ilmuwan ini Abu Al Muhammad al-Hassan ibnu al-Haitham adalah seorang ilmuwan Islam yang ahli dalam bidang sains, falak, matematika, geometri, pengobatan, dan filsafat. Ia banyak pula melakukan penyelidikan mengenai cahaya, dan telah memberikan ilham kepada ahli sains

barat seperti Boger, Bacon, dan Kepler dalam menciptakan mikroskop serta teleskop.

Abu Ali Muhammad al-Hassan ibnu al-Haitham atau Ibnu Haitham (Basra, 965 – Kairo 1039), dikenal dalam kalangan cerdik pandai di Barat, dengan nama Alhazen. Dia lahir di Basrah pada tahun 965 Masehi atau 354 Hijriah. Awal pendidikan didaparkan di Basrah sebelum dilantik menjadi pegawai pemerintah di kota kelahirannya itu. Namun ia tidak sreg dengan kehidupan birokrat. Ia pun memutuskan keluar untuk kemudian merantau ke Ahwaz dan Baghdad. Di perantauan, ia mengasah otaknya dengan beragam ilmu. Kecintaannya kepada ilmu membawanya berhijrah ke Mesir. Di negeri ini, ia melakukan penelitian mengenai aliran dan saluran Sungai Nil serta menyalin buku-buku tentang matematika dan ilmu falak.

Tujuannya adalah untuk mendapatkan uang tambahan dalam meneruskan pendidikannya di Universitas al-Azhar. Tulisannya mengenai mata, telah menjadi salah satu rujukan penting dalam bidang penelitian sains di Barat. Malahan kajiannya mengenai pengobatan mata telah menjadi asas bagi kajian dunia modern mengenai pengobatan mata. Dialah orang pertama yang menulis dan menemukan pelbagai data penting mengenai cahaya.

Beberapa buah buku mengenai cahaya yang ditulisnya telah diterjemahkan ke dalam bahasa Inggris, antaranya adalah *Light dan On*

Twilight Phenomena. Kajiannya banyak membahas mengenai senja dan lingkaran cahaya di sekitar bulan dan matahari serta bayang-bayang dan gerhana. Menurut Ibnu Haitham, cahaya fajar bermula apabila matahari berada di garis 19 derajat ufuk timur. Warna merah pada senja akan hilang apabila matahari berada di garis 19 derajat ufuk barat. Dalam kajiannya, beliau juga berjaya menghasilkan kedudukan cahaya seperti bias cahaya dan pembalikan cahaya.

Ibnu Haitham juga turut melakukan percobaan terhadap kaca yang dibakar dan dari situ tercetuslah teori lensa pembesar. Teori itu telah digunakan oleh para saintis di Itali untuk menghasilkan kaca pembesar pertama di dunia. Yang lebih menakjubkan ialah Ibnu Haitham telah menemukan prinsip isi padu udara sebelum seorang ilmuwan bernama Tricella mengetahui hal tersebut 500 tahun kemudian. Ibnu Haitham juga telah menengarai perihal gaya gravitasi bumi sebelum Issac Newton mengetahuinya. Selain itu, teori Ibnu Haitham mengenai jiwa manusia sebagai satu rentetan perasaan yang bersambung secara teratur telah memberikan ilham kepada ilmuwan Barat untuk menghasilkan tayangan gambar.

Teorinya telah membawa kepada penemuan film yang kemudiannya disambung-sambung dan dimainkan pada para penonton sebagaimana yang dapat kita tonton pada masa kini. Selain sains, Ibnu Haitham juga banyak menulis mengenai filsafat, logika, metafisika, dan persoalan yang berkaitan dengan keagamaan. Beliau turut menulis ulasan dan ringkasan terhadap karya-karya sarjana terdahulu. Penulisan filsafatnya banyak tertumpu kepada aspek kebenaran dalam masalah yang menjadi pertikaian. Padanya pertikaian mengenai sesuatu perkara bermula dari pendekatan yang digunakan dalam mengenalinya. Dia juga berpendapat bahwa kebenaran hanyalah satu. Oleh sebab itu semua dakwaan kebenaran wajar diragukan dalam menilai semua pandangan yang ada.

Pandangannya mengenai filsafat amat menarik untuk dikaji hingga saat ini. Bagi Ibnu Haitham, filsafat tidak dapat dipisahkan dari ilmu matematika, sains, dan ketuhanan. Ketiga bidang dan cabang ilmu ini harus dikuasai. Dan untuk menguasainya seseorang perlu menggunakan waktu mudanya dengan sepenuhnya. Apabila umur makin meningkat, kekuatan fizikal dan mental akan turut mengalami kemerosotan. Ibnu Haitham membuktikan

dirinya begitu bergairah mencari dan mendalami ilmu pengetahuan pada usia mudanya. Banyak buku yang dihasilkannya dan masih menjadi rujukan hingga saat ini.

Di antara buku-bukunya itu adalah Al'Jami' fi Usul al'Hisab yang mengandung teori-teori ilmu matematika dan matematika penganalisaan;

1. Kitab al-Tahlil wa al'Tarkib mengenai ilmu geometri;
2. Kitab Tahlil ai'masa'il al 'Adadiyah tentang aljabar;
3. Maqalah fi Istikhraj Simat al'Qiblah yang mengupas tentang arah kiblat;
4. Maqalah fima Tad'u Ilaih mengenai penggunaan geometri dalam urusan hukum syarak; dan Risalah fi Sina'at al-Syi'r mengenai teknik penulisan puisi.

Walaupun menjadi orang terkenal di zamannya, namun Ibnu Haitham tetap hidup dalam kesederhanaan. Ia dikenal sebagai orang yang miskin materi tapi kaya ilmu pengetahuan.

Ref : <http://www.republika.co.id>, 2009

B. Pembuatan Cermin

Tahukah kamu bagaimana sebuah cermin itu dibuat?



Gambar : Proses pembuatan cermin

Sumber : www.chelmsfordbc.gov.uk, 2009

Pada dahulu cermin dibuat dari kepingan atau lempeng logam mengkilap seperti : logam perak, tembaga, atau logam lain yang bisa memantulkan kembali bayangan.

Pada jaman modern cermin terbuat dari kaca yang dilapisi lapisan tipis aluminium yang disebut "sepuh belakang" (*back silvered*).



Gambar : "sepuh belakang" (*back silvered*).

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

Cermin model seperti ini bisa memantulkan 80% dari cahaya datang. Bagian belakang cermin biasanya dicat hitam untuk melindungi logam dari pengikisan. Sedangkan cermin pada teleskop atau teropong menggunakan cermin sepuh depan (*front silvered*), di mana permukaan pemantul diletakkan di permukaan kaca, yang memberikan kualitas bayangan lebih baik. Bahan yang dapat digunakan adalah : perak, tetapi kebanyakannya aluminium. Cermin aluminium dapat memantulkan gelombang pendek lebih baik dari pada perak. Cermin sepuh depan memantulkan 90% hingga 95% dari cahaya datang.

Sebagian besar logam dapat mengalami korosi/pengarat, terutama jika logam bereaksi dengan oksigen pada keadaan udara kelembapan. Dengan demikian, cermin sepuh perlu diganti permukaannya secara berulang untuk mempertahankan kualitas. Untuk mempertahankan cermin tidak mudah berkarat, cermin harus di simpan di tempat vakum.

C. Jenis-Jenis Cermin

Cermin adalah sebuah benda yang yang senantiasa kita jumpai hampir setiap hari. Sebelum kamu bepergian biasanya kamu akan bercermin terlebih dahulu. Kita akan mempelajari benda tersebut, dari mulai jenisnya dan sifat-sifat dari masing masing cermin.



*Gambar :Seorang didepan cermin
Sumber : Dokument Penerbit, 2009*

Bentuk cermin yang kita jumpai setiap hari, sangatlah beragam. Secara garis besar cermin terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu:

1. Cermin datar, dan
2. Cermin lengkung.

Cermin lengkung terbagi menjadi dua, yaitu :

- a. Cerimin cekung, dan
- b. Cerimn cembung

Kita akan pelajari masing-masing cermin satu persatu.

1. Cermin datar



Ketika kamu sedang memakai pakaian atau setelah selesai memakai pakaian maka kamu akan melihat cermin, dengan tujuan untuk melihat kerapihan dari penampilan kamu. Kamu akan bercermin dan memperhatikan penampilanmu mulai dari ujung kepala sampai ke ujung kaki. Cermin apakah yang kamu gunakan?

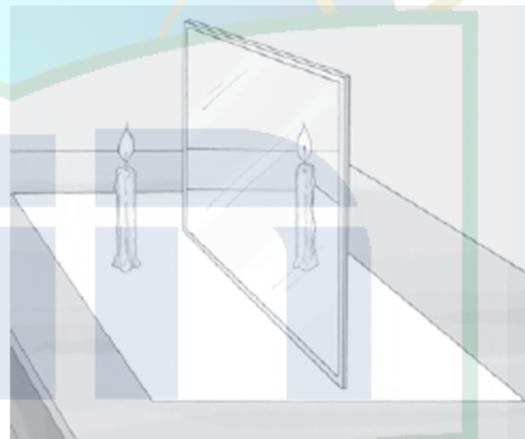
*Gambar : Cermin Datar
Sumber : www.google.com, 2009*

Cermin yang kamu gunakan adalah cermin datar. Mengapa tidak menggunakan cermin cekung atau cermin cembung? Cermin datar memiliki permukaan datar yang sangat halus pada bagian pemantulnya. Cermin datar biasanya terbuat dari kaca. Kaca yang bagian belakangnya diberi lapisan tipis logam mengkilat, biasanya terbuat dari kertas yang di lem ke kaca. Untuk mengetahui karakteristik dari cermin datar kamu dapat melakukan percobaan berikut:

UJI COBA

Tujuan : Mengamati pembentukan bayangan pada cermin datar
Alat dan bahan : Sebuah cermin datar, sebuah lilin, penggaris, dan kertas HVS.
Langkah Percobaan :

1. Sediakan alat dan bahan seperti yang disebutkan di atas.
2. Buatlah garis lurus di tengah-tengah kertas HVS yang memotong kertas sehingga terbagi menjadi dua bagian yang sama. Letakkan cermin datar tepat pada garis tersebut.



Gambar cermin dan Lilin

Sumber: Dokument Penerbit, 2009

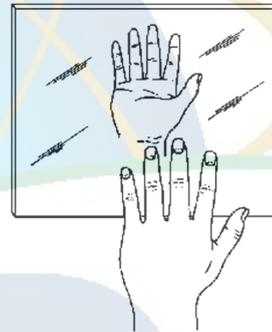
3. Letakkan sebuah lilin yang menyala di depan cermin tersebut. Amati bayangannya! Dapatkah kamu menangkap bayangan tersebut dengan menggunakan kertas?
4. Lilin yang berada di depan cermin disebut benda. Lilin yang terlihat di belakang cermin disebut bayangan. Jarak antara benda dan cermin disebut jarak benda (s). Jarak antara bayangan dan cermin disebut jarak bayangan (s').

Diskusikanlah!

1. Menurutmu bagaimanakah bayangan dari lilin yang sedang menyala tersebut? maya atau nyatakah?
2. Bagaimanakah posisi dari bayangan lilin tersebut? Apakah terbentuk sama tegak? Bandingkan dengan benda aslinya.
3. Bagaimanakah tinggi bayangan yang terbentuk jika dibandingkan dengan benda aslinya?
4. Bagaimanakah jarak bayangan dan jarak bendanya? Apakah sama?
5. Berikan kesimpulan dari sifat bayangan yang terjadi pada cermin datar.

a. Sifat Cermin Datar

Ketika kamu bercermin, maka akan ada bayanganmu di belakang cermin dengan posisi berhadap-hadapan denganmu seakan kembaran. Akan tetapi, posisi tangan kanan mu berubah menjadi tangan kiri, telinga kirimu menjadi telinga kanan, begitu juga anggota tubuhmu yang lainnya. Mengapa demikian?



Gambar : Bayangan pada cermin datar

Sumber : Dokument Penerbit, 2009

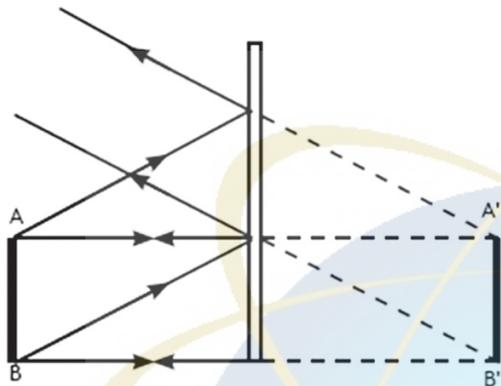
Sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah sebagai berikut.

- a. Bayangannya maya.
- b. Bayangannya sama tegak dengan bendanya.
- c. Bayangannya sama besar dengan bendanya.
- d. Bayangannya sama tinggi dengan bendanya.

b. Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

Ketika kamu bercermin, bayanganmu tidak pernah dapat dipegang atau ditangkap dengan layar. Sifat bayangan seperti itu disebut bayangan maya atau bayangan semu. Bayangan maya selalu terletak di belakang cermin.

Bayangan terbentuk karena sinar-sinar pantul yang teratur pada cermin. Dengan demikian, dapatkah kamu menentukan sifat-sifat bayangan pada cermin datar?



Keterangan :

AB = benda

A'B' = bayangan

Keteraturan berkas sinar yang di pantulkan cermin datar dapat digunakan untuk menentukan gambar bayangan secara geometris dengan menggambarkan sinar datang dan sinar pantulnya. Cara menggambar bayangan dengan perjalanan cahaya adalah sebagai berikut:

1. Buatlah dua berkas sinar datang dengan membuat garis lurus ke permukaan cermin di bagian atas benda dan di bagian bawah benda.
2. Buatlah berkas sinar pantul (dengan menggunakan garis lurus terputus-putus) dengan menerapkan hukum pemantulan cahaya, yaitu sudut datang sama dengan sudut pantul.
3. Perpanjang berkas sinar pantul hingga bertemu pada satu titik.
4. Pertemuan titik itu adalah bayangan dari benda tersebut (A' B').
5. Bayangan yang terbentuk adalah hasil perpotongan perpanjangan berkas sinar pantul atau sinar maya.

2. Cermin lengkung

Jenis selain cermin datar adalah cermin lengkung. Cermin tersebut adalah cermin cekung dan cermin cembung.

a. Cermin cekung

Cermin cekung memiliki permukaan pemantul yang bentuknya melengkung atau membentuk cekungan.



Gambar : cermin cekung yang digunakan sebagai kompor surya

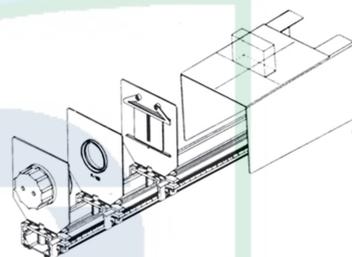
Sumber: www.chelmsfordbc.gov.uk, 2009

Untuk memahami sifat-sifat cermin cekung, lakukanlah percobaan berikut:

UJI COBA

Tujuan : Mengamati jalannya sinar pada cermin cekung

Alat dan bahan : Kotak cahaya monokromatis, cermin cekung, catu daya, kisi sejajar, dan layar.



Langkah Percobaan:

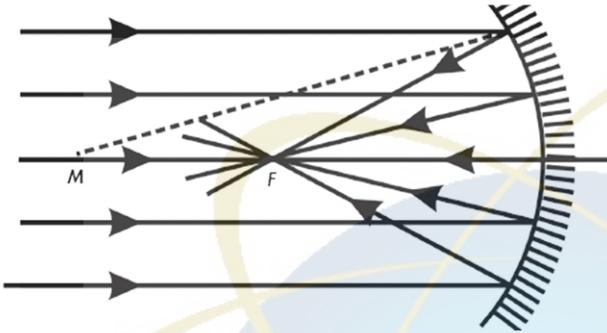
1. Sediakan alat dan bahan yang dibutuhkan. Buatlah sumber cahaya monokromatis dengan membungkus sebuah lampu dengan plastik atau kertas berwarna.
2. Susunlah alat dan bahan seperti gambar di atas.
3. Nyalakan stop kotak sumber cahaya yang telah dipasang sejajar dengan kisi sehingga menghasilkan beberapa berkas cahaya. Arahkan cahaya tersebut pada permukaan cermin cekung dan amati sinar pantul yang terjadi.

Diskusikanlah!

1. Bagaimanakah jalannya berkas sinar pantul yang terjadi ketika sinar sejajar dikenakan pada cermin cekung?
2. Buatlah kesimpulan dari sifat-sifat cermin cekung yang kamu amati tersebut!

1). Sifat Cermin Cekung

Cermin cekung bersifat mengumpulkan sinar pantul atau konvergen. Ketika berkas sinar-sinar sejajar mengenai cermin cekung, sinar pantulnya akan berpotongan pada satu titik. Titik perpotongan tersebut dinamakan titik



Cermin cekung bersifat sebagai pengumpul sinar (konvergen).

Ke manakah arah sinar pantul pada cermin cekung jika sinar datang melalui titik fokus?

Untuk lebih memahami sifat cermin cekung yang lainnya, lakukan lah percobaan berikut!

UJI COBA

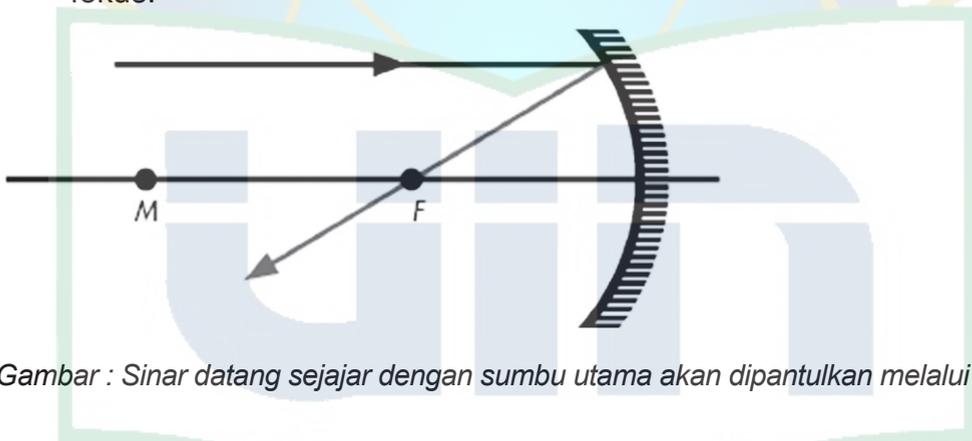
- Tujuan** : Mengamati sifat cermin cekung
- Alat dan bahan** : Buku, pensil, penggaris plastik, dan meja.
- Langkah Percobaan** :
1. Sediakan alat dan bahan percobaan seperti : buku, pensil, penggaris plastik, dan meja.
 2. Carilah titik fokus cermin cekung dengan cara memberikan tanda pada titik persilangan atau pertemuan antara berkas-berkas sinar pantul. Tulislah titik persilangan tersebut dengan huruf F.
 3. Setelah ditandai titik F pada kertas HVS tersebut, lewatkan sumber sinar datang melalui titik fokus pada cermin tersebut. Amati berkas sinar pantulnya.
 4. Lewatkan sumber sinar pada titik yang jaraknya dua kali dari jarak titik fokus terhadap lensa. Berilah tanda titik tersebut dengan menuliskan huruf M (M selanjutnya disebut dengan titik kelengkungan lensa). Amati berkas sinar pantulnya.

Diskusikanlah!

1. Bagaimanakah jalannya sinar pantul ketika sinar datang melalui titik fokus?
2. Bagaimana pula jalannya sinar pantul ketika sinar datang melalui titik M (titik kelengkungan lensa)?
3. Berilah kesimpulanmu dari hasil percobaan ini.

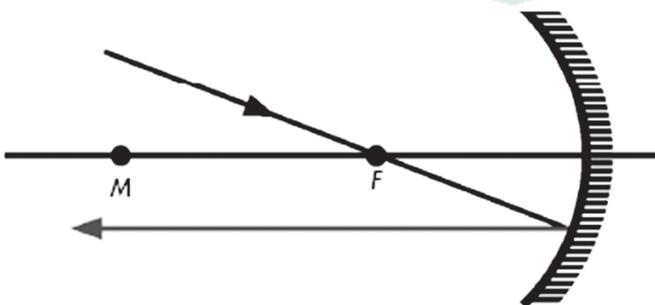
Ketika sinar-sinar datang yang melalui titik fokus mengenai permukaan cermin cekung, ternyata semua sinar tersebut akan dipantulkan sejajar dengan sumbu utama. Akan tetapi, jika sinar datang dilewatkan melalui titik M (titik kelengkungan lensa), sinar pantulnya akan dipantulkan ke titik itu juga. Dari hasil kedua percobaan diatas, kamu dapat menyimpulkan bahwa pada cermin cekung terdapat sinar-sinar istimewa sebagai berikut.

- a. Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.



Gambar : Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.

- b. Sinar datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.



Gambar : Sinar datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.

c. Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan



Gambar : Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan ke titik itu juga.

Bagaimanakah cara menentukan bayangan pada cermin cekung?

2). Pembentukan Bayangan pada Cermin Cekung

Jika kamu bercermin pada cermin cekung, kamu tidak akan mendapatkan bayanganmu selalu di belakang cermin. Mengapa demikian? Bagaimanakah pembentukan bayangan pada cermin cekung? Untuk lebih memahaminya, lakukanlah percobaan berikut.

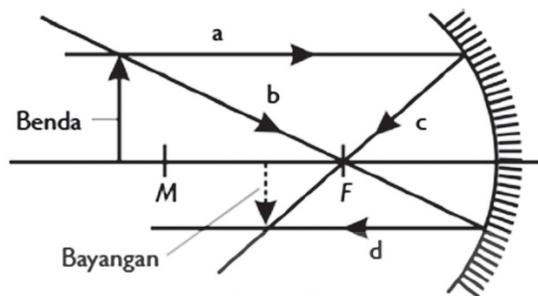
UJI COBA

Tujuan : Membuat bayangan sebuah benda pada cermin cekung

Alat dan bahan : Lilin, cermin cekung, dan sumber sinar.

Langkah Percobaan :

1. Letakkanlah sebuah lilin di depan cermin cekung pada jarak lebih besar dari M.
2. Untuk mendapatkan bayangan benda, gunakan minimal dua sinar istimewa dengan cara sebagai berikut:

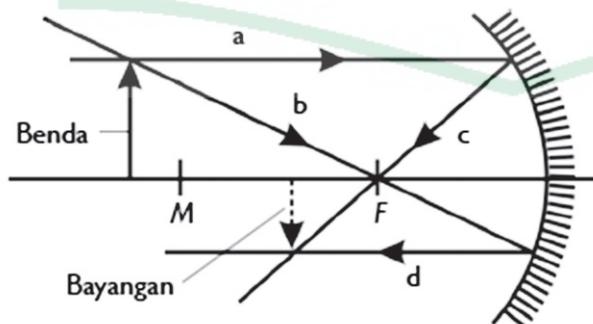


3. Nyalakan sumber sinar datang sejajar dengan sumbu utama melewati puncak benda ke cermin (sinar a) sehingga sinar akan dipantulkan melalui titik fokus (sinar c).
4. Nyalakan sumber sinar datang yang melalui puncak benda dan titik fokus ke cermin (sinar b) sehingga sinar akan dipantulkan sejajar dengan sumbu utama (sinar d).
5. Titik perpotongan dari kedua sinar pantul (sinar c dan d) merupakan letak puncak bayangan benda.
6. Kamu dapat membuat bayangan pada titik tersebut dengan sifat yang bisa langsung kamu amati, yaitu nyata (karena bayangan terbentuk dari perpotongan langsung sinar-sinar pantul), terbalik, dan diperkecil.

Diskusikanlah pertanyaan berikut!

Coba kamu diskusikan dengan temanmu, di manakah letak bayangan benda dan sifat-sifat bayangannya jika benda diletakkan:

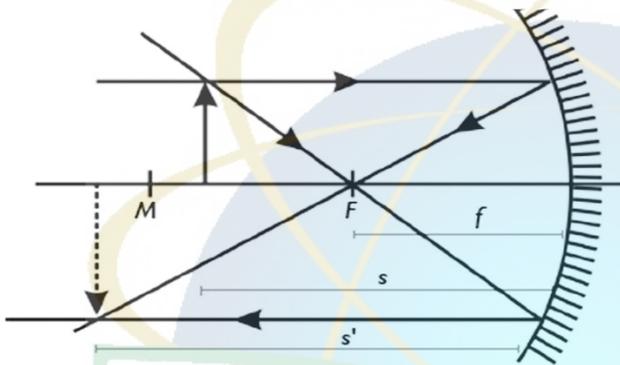
- a. Di antara titik F dan titik M,
- b. Di antara titik F dan cermin.



Gambar : Bayangan jika benda di letakkan pada jarak $> 2F$ atau di belakang M

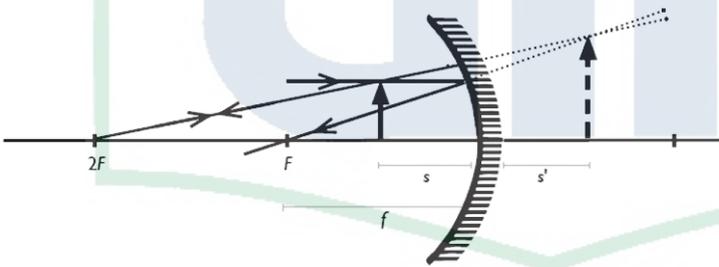
Ketika kamu meletakkan sebuah benda dengan jarak lebih besar

daripada titik fokus cermin cekung, bayangan benda yang terjadi selalu nyata karena merupakan perpotongan langsung sinar-sinar pantulnya (di depan cermin cekung). Akan tetapi, ketika benda kamu letakkan pada jarak di antara titik fokus dan cermin, kamu tidak akan mendapatkan bayangan di depan cermin. Bayangan benda akan kelihatan di belakang cermin cekung, diperbesar, dan tegak. Jika gambar jalannya sinar yang kamu buat pada percobaan benar, kamu dapat membandingkannya dengan di bawah ini:



Gambar : Benda diletakkan pada jarak antara M dan F

Bayangan benda yang diletakkan antara F dan M memiliki sifat nyata, terbalik, dan diperbesar.



Gambar: Bayangan benda yang diletakkan di antara titik fokus dan cermin

Bayangan benda yang diletakkan di antara titik fokus dan cermin memiliki sifat maya, sama tegak, dan diperbesar.

Bagaimannakah hubungan antara jarak benda, bayangan, dan titik fokus pada cermin cekung? Untuk dapat memahami hubungan antara : hubungan antara titik fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada cermin cekung

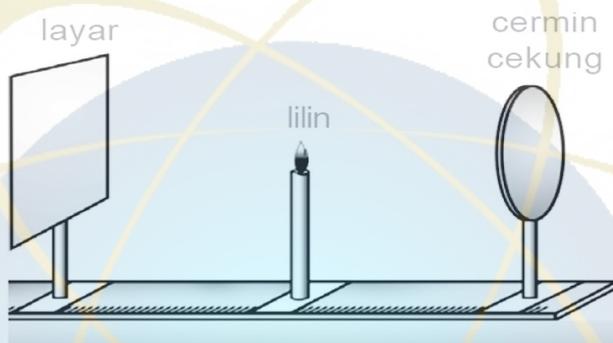
UJI COBA

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

Alat dan bahan : Cermin cekung, lilin, layar putih, dan bangku optik.

Langkah percobaan :

1. Letakkan lilin di bangku optik di antara cermin cekung dan layar putih.



Gambar: Letakkan lilin di bangku optik di antara cermin cekung dan layar putih

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

Tulislah data-data pengamatanmu ke dalam table pengamatan berikut:

S	S'	1/S	1/S'	1/S + 1/S'

Hubungan antara jarak benda (s) dan jarak bayangan (s') akan menghasilkan jarak fokus f . Hubungan tersebut secara matematis dapat ditulis

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

dengan : f = jarak fokus (m),

s = jarak benda (m), dan

s' = jarak bayangan (m).

Dalam menggunakan persamaan cermin cekung, perlu diperhatikan aturan-aturan tanda berikut ini.

1. Jarak benda (s) bertanda positif (+) untuk benda nyata (benda terletak di depan cermin) dan bertanda negative (-) untuk benda maya (benda terletak di belakang cermin).
2. Jarak bayangan (s') bertanda positif (+) untuk bayangan nyata (bayangan terletak di depan cermin) dan bertanda negatif (-) untuk bayangan maya (bayangan terletak di belakang cermin).
3. Jari-jari kelengkungan (M) dan jarak fokus (f) bertanda positif (+) untuk cermin cekung dan bertanda negatif (-) untuk cermin cembung.

Perhatikan contoh berikut untuk lebih memahami hubungan jarak benda dan jarak bayangan.

Contoh Aplikasi

Sebuah benda diletakkan 5 cm di depan cermin cekung. Jika jarak fokus cermin tersebut 3 cm, tentukan jarak bayangan yang dibentuknya dan nyatakan sifat-sifatnya.

Penyelesaian:

Diketahui : $s = 5$ cm (di antara F dan M)

$f = 3$ cm

Ditanyakan : jarak bayangan (s)

Jawab :

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

$$\frac{1}{3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{3} - \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{5}{15} - \frac{3}{15}$$

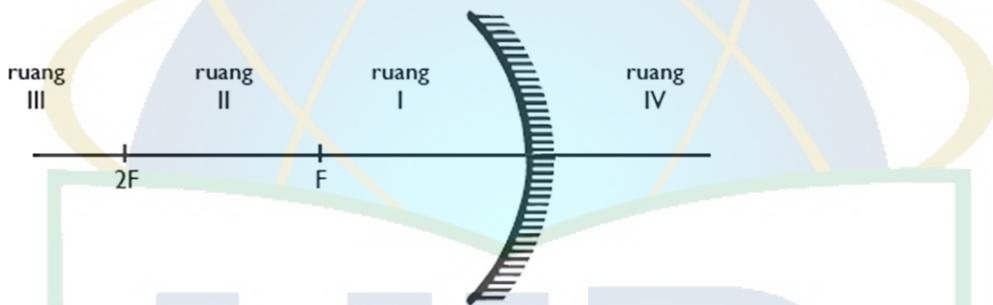
$$\frac{1}{s'} = \frac{2}{15}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{15}{2}$$

$$s = 7,5$$

Jarak s' adalah + 7,5 cm bayangan bersifat : nyata, diperbesar, dan terbalik.

Penomoran ruang benda dan bayangan pada cermin cekung memudahkan untuk pengecekan sifat-sifat bayangan pada cermin, berikut ini adalah gambar penomoran ruangan benda dan bayangan.



Gambar: penomoran ruangan benda dan bayangan pada cermin cekung

Berikut ini adalah sifat-sifat bayangan pada cermin cekung berdasarkan ruang penempatan benda.

- **Benda di ruang I : maya, tegak, diperbesar.**
- **Benda di ruang II : nyata, terbalik, diperbesar.**
- **Benda di ruang III : nyata, terbalik, diperkecil.**
- **Benda tepat di pusat kelengkungan : nyata, terbalik, sama besar.**

Ruangan tempat terbentuknya bayangan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Ruang Benda} + \text{Ruang Bayangan} = 5$$

Jadi ruang bayangan adalah :

$$\text{Ruang bayangan} = 5 - \text{Ruang Benda}$$

Aturan pemakaian untuk penomoran ruang cermin cekung adalah sebagai berikut.

1. Ruang benda dan bayangan menggunakan nomor ruang yang sama.

2. Jumlah nomor ruang benda dan bayangan harus sama dengan lima.
3. Bayangan yang berada di depan cermin selalu nyata dan terbalik dan bayangan di belakang cermin selalu maya dan sama tegak.
4. Jika nomor bayangan lebih besar dari pada nomor benda, bayangan diperbesar.
5. Jika nomor bayangan lebih kecil daripada nomor benda, bayangan diperkecil.

CONTOH APLIKASI

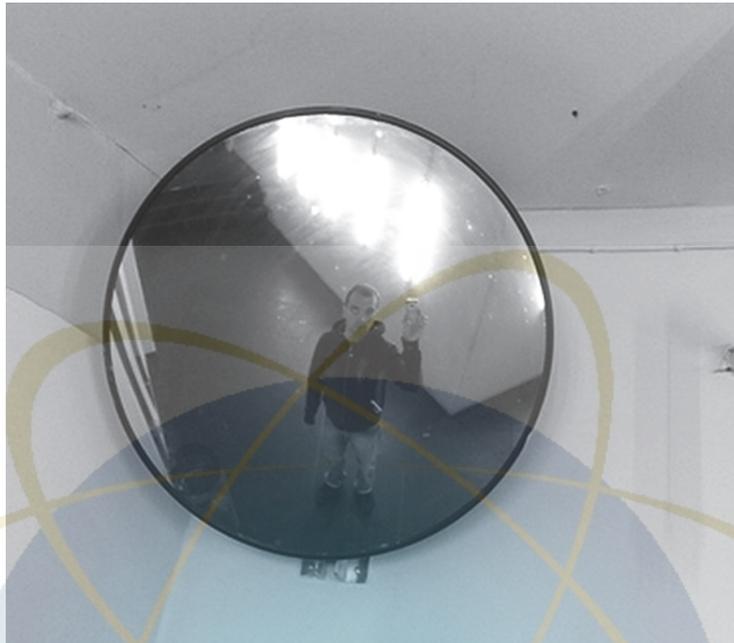
Sebuah benda diletakkan pada jarak 5 cm di depan cermin cekung yang bertitik fokus 4 cm. Terletak di ruang manakah bayangan yang terjadi? Sebutkan sifat-sifatnya.

Penyelesaian:

Ruang benda di antara F dan M atau di ruang II sehingga bayangan harus di ruang III supaya jumlahnya lima. Ruang III berada di depan cermin sehingga sifat bayangannya adalah maya, terbalik, dan diperbesar.

b. Cermin Cembung

Selain cermin datar dan cermin cekung, terdapat cermin cembung. Jika bentuk cermin cekung merupakan bagian dalam dari sebuah bola, maka bentuk cermin cembung adalah bagian luar bola. Berikut ini adalah gambar cermin cembung.

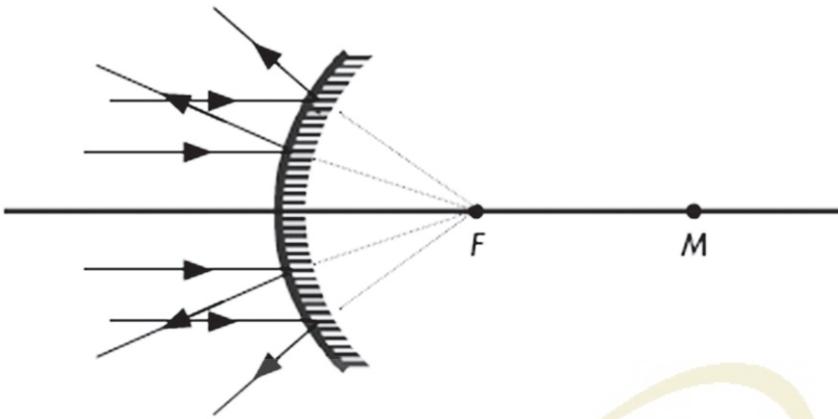


*Gambar : Cermin cembung
Sumber : www.google.com, 2009*

Pada cermin cembung, bagian mukanya berbentuk seperti kulit bola, tetapi bagian muka cermin cembung melengkung ke luar. Cermin cembung ini banyak kita jumpai di supermarket-supermarket atau di belokan-belokan jalan. *Bagaimana pembentukan bayangan oleh cermin cembung? Bagaimanakah sifat-sifat pemantulan cahaya pada cermin cembung?*

1). Sifat cermin cembung

Baiklah kita akan pelajari sekarang. Cermin cembung memiliki sifat divergen (menyebar) cahaya. Jika sinar datang sejajar sumbu utama mengenai cermin cembung, sinar akan di pantulkan menyebar. Jika sinar-sinar pantul pada cermin cembung kamu diperpanjang pangkalnya, sinar akan berpotongan di titik fokus (titik api) di belakang cermin. Pada perhitungan, titik api cermin cembung bernilai negatif karena bersifat semu.

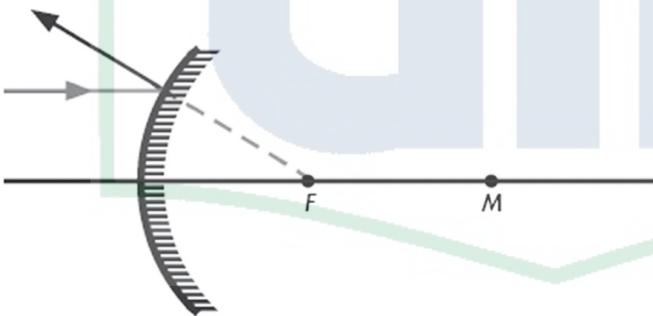


Gambar Cermin cembung akan menyebarkan sinar pantul (divergen).

Sinar-sinar pantul pada cermin cembung seolah-olah berasal dari titik fokus menyebar ke luar. Seperti halnya pada cermin cekung, pada cermin cembung pun berlaku sinar-sinar istimewa, tetapi dengan sifat yang berbeda. Titik fokus cermin cembung berada di belakang cermin sehingga bersifat maya dan bernilai negatif. Cermin cembung merupakan kebalikan cermin cekung.

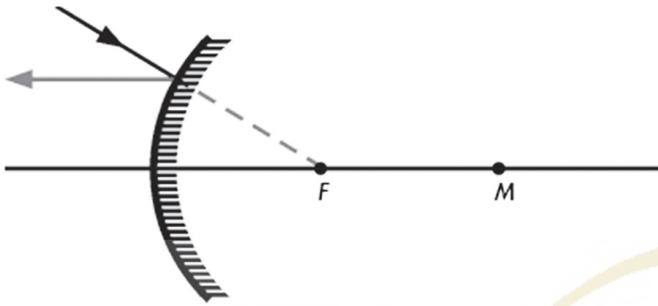
Berikut ini adalah sinar-sinar istimewa pada cermin cembung.

1. Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dipantulkan seolah-olah dari titik fokus.



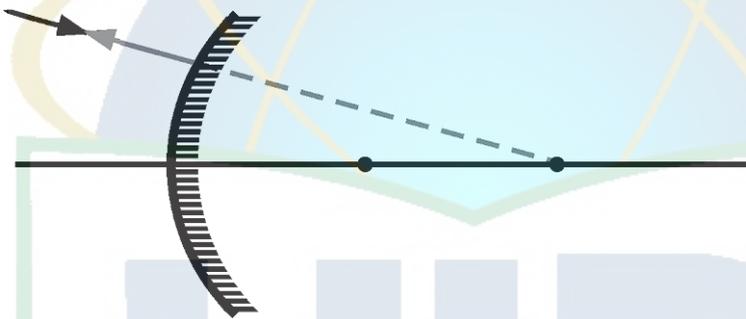
Gambar : Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dipantulkan seolah-olah dari titik fokus

2. Sinar datang menuju titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.



Gambar : Sinar datang menuju titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.

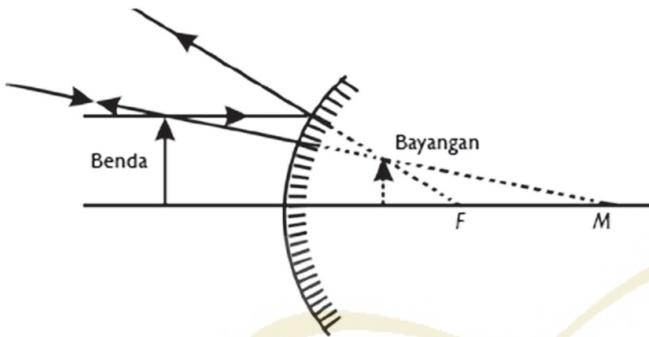
3. Sinar datang menuju titik M (titik pusat kelengkungan) akan dipantulkan seolah-olah dari titik itu juga.



Gambar : Sinar datang menuju titik M (titik pusat kelengkungan) akan dipantulkan seolah-olah dari titik itu juga

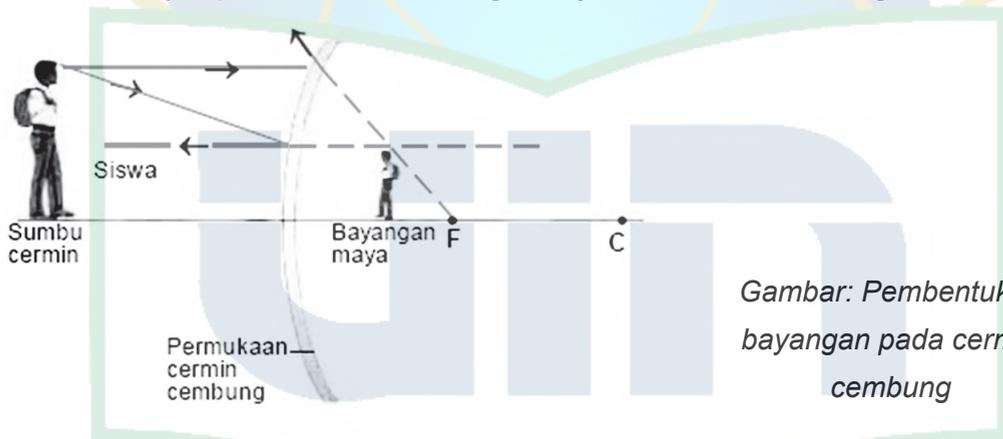
2). Pembentukan Bayangan pada Cermin Cembung

Bayangan yang terbentuk pada cermin cembung selalu maya dan berada di belakang cermin. Mengapa demikian? Secara geometris, kamu cukup menggunakan dua berkas sinar istimewa untuk mendapatkan bayangan pada cermin cembung. Jika sebuah lilin di depan cermin cembung, maka akan memiliki bayangan maya di belakang cermin.



Gambar : Pembentukan bayangan pada cermin cembung

Benda yang diletakkan di depan cermin cembung akan selalu menghasilkan bayangan di belakang cermin dengan sifat maya, sama tegak, dan diperkecil. Hubungan antara jarak benda (s) dan jarak bayangan (s'), dan titik fokus (f) memiliki persamaan yang sama dengan cermin cekung. Perbedaannya, pada cermin cekung nilai jarak fokus selalu negatif.



Gambar: Pembentukan bayangan pada cermin cembung

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

dengan f = bernilai negatif (–)

Contoh Aplikasi Konsep

Sebuah cermin cembung memiliki jari-jari kelengkungan 60 cm. Jika benda diletakkan pada jarak 20 cm di depan cermin, berapakah jarak bayangan benda? Sebutkan sifat-sifatnya.

Penyelesaian :

Diketahui : jari-jari (M) = 60 cm
s = 20 cm

Jawab :

Jarak fokus = $\frac{1}{2} M = \frac{1}{2} (60) \text{ cm} = 30 \text{ cm}$

Karena cermin yang digunakan adalah cermin cembung, maka jarak fokus akan bernilai negatif, $f = -30 \text{ cm}$. Jarak bayangan benda dapat ditentukan sebagai berikut:

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

$$-\frac{1}{30} = \frac{1}{20} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{30} - \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{2}{60} - \frac{3}{60}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{5}{60}$$

$$s' = -\frac{60}{5}$$

$$s' = -12$$

Jadi, jarak benda adalah -12 cm yang terletak di belakang cermin atau maya. Sifat-sifatnya adalah maya, sama tegak, dan diperkecil.

Pernahkah kalian melihat sebuah mobil akan parkir atau menyalip di jalan. Para pengemudi mobil tentunya akan menggunakan kaca spion samping atau dalam. Keduanya menggunakan cermin.

- *Jenis cermin apakah yang digunakan di dalam atau di luar sebuah mobil?*
- *Bisakah kita menukar cermin di luar menjadi di dalam?*
- *Mengapa cermin-cermin itu kadang-kadang ditempeli dengan suatu peringatan? Apa maksudnya?*



Gambar : Kaca yang terpasang pada mobil

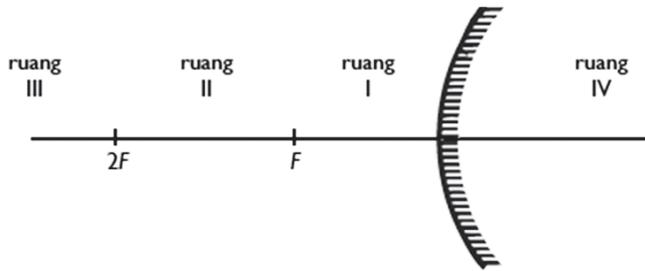
Sumber: www.google.com

Cermin-cermin yang dipasang di samping atau di dalam mobil berbeda jenisnya, keduanya sangat penting untuk keamanan dalam mengendarai mobil. Pernahkah kamu memperhatikan cermin-cermin yang ada di samping mobil diberi peringatan:

“Benda-benda yang berada di dalam cermin jarak sesungguhnya lebih dekat daripada jarak yang terlihat di dalam cermin!”

Sebagian besar cermin spion mobil yang dipasang di dalam mobil adalah cermin datar, untuk itu tidak diberi peringatan. Coba saja kamu memperhatikan bentuk cerminnya secara cermat, maka kamu akan melihat bahwa cermin yang ada di dalam mobil adalah cermin datar. Seperti yang kamu ketahui bahwa sifat cermin datar adalah memiliki jarak bayangan sama dengan jarak benda aslinya. Oleh sebab itu peringatan tersebut biasanya dipasang pada cermin-cermin cembung

Penomoran ruang benda dan bayangan pada cermin cembung memudahkan untuk pengecekan sifat-sifat bayangan pada cermin, berikut ini adalah gambar penomoran ruangan benda dan bayangan.



Gambar : Penomoran ruangan benda dan bayangan pada cermin cembung

Aturan pemakaian untuk penomoran ruang cermin cembung adalah sebagai berikut.

1. Ruang benda dan bayangan menggunakan nomor ruang yang sama.
2. Jumlah nomor ruang benda dan bayangan harus sama dengan lima.
3. Bayangan yang berada di depan cermin selalu nyata dan terbalik dan bayangan di belakang cermin selalu maya dan sama tegak.
4. Jika nomor bayangan lebih besar dari pada nomor benda, bayangan diperbesar.
5. Jika nomor bayangan lebih kecil daripada nomor benda, bayangan diperkecil.

3). Bayangan dari sebuah bayangan

Mungkinkah sebuah bayangan memiliki bayangan?

Kamu mungkin sering bercermin untuk melihat wajahmu. Pernahkah kamu melihat pantulan bayangan dari bagian belakang kepalamu, di cermin? Bagaimana caranya? Pernahkah kamu melihat bayangan muka kamu banyak?

Lakukan percobaan berikut untuk menghasilkan banyak bayangan

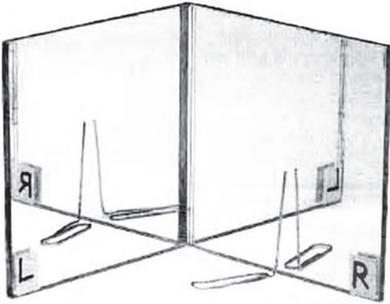
UJI COBA

Permasalahan

Bagaimana kamu dapat memperbanyak bayangan sebuah benda?

Alat dan Bahan

1. 2 buah cermin datar
2. Plester perekat (selotif)
3. Busur derajat
4. Penjepit kertas (clip)



Gambar: 2 cermin yang direkatkan

Sumber::www.google.com, 2009

Prosedur

1. Letakkan dua buah cermin datar secara berdampingan (membentuk sudut 90°), plesterlah sudut kedua cermin sehingga cermin dapat dibuka dan ditutup. Tandai kedua cermin itu dengan R dan L.
2. Letakkan cermin secara berdiri di atas selembar kertas. Ukurlah sudut dari kedua cermin itu dengan menggunakan busur derajat membentuk sudut 90° R pada kertas.
3. Bengkokkan satu kaki penjepit kertas (clip) secara tegak lurus sehingga dapat berdiri dan di tempatkan di depan cermin R.
4. Hitunglah jumlah bayangan dari clip kertas yang dapat kamu lihat pada cermin R dan L.
5. Dengan cara yang sama, hitunglah jumlah bayangan untuk sudut-sudut antara kedua cermin yang berbeda (60° , 45° , 30°).
6. Buatlah tabel pengamatan data untuk mencatat jumlah bayangan pada sudut-sudut yang berbeda.

Tabel Pengamatan

Sudut antara kedua cermin	Jumlah Bayangan	
	L	R
90°		
60°		
45°		
30°		

Bisakah kamu memprediksi jumlah bayangan yang akan muncul pada sudut 120° ?

Buatlah kesimpulan dari percobaan yang telah kamu lakukan!

Berikut ini adalah cara untuk menentukan jumlah bayangan yang terbentuk sudut yang dibentuk oleh dua cermin datar. Jika terdapat dua buah cermin datar yang membentuk sudut α , maka banyaknya bayangan yang dibentuk dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

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

Keterangan:

n = banyaknya bayangan yang terbentuk

α = sudut yang dibentuk oleh kedua cermin



Bab IV

Lensa

Pernahkah kamu pergi ke Sea World Ancol?



Gambar : Akuarium bundar yang berada di Sea World Ancol

Sumber : www.google.com, 2009

Ketika kamu melihat ikan di dalam akuarium bundar, kamu akan melihat ukuran ikan lebih besar daripada ukuran sebenarnya. Mengapa demikian? Pernahkah kamu melihat ikan di dalam akuarium bundar yang berada di Sea World Ancol? Akuarium berbentuk bundar berfungsi seperti lensa.

A. Definisi lensa

Apakah kamu tahu apa yang dimaksud dengan lensa itu?

Lensa adalah benda bening yang dibatasi oleh dua permukaan, biasanya dibentuk dari sepotong gelas yang dibentuk. Lensa atau kanta

berfungsi untuk mengumpulkan atau menyebarkan cahaya. Lensa biasanya digunakan untuk membantu supaya orang yang cacat mata agar bisa melihat objek dengan jelas kembali.

Istilah lensa pertama kali muncul di Yunani Kuno, pada saat sandiwara Aristophanes *The Clouds* (424 SM) yang menyebutkan sebuah gelas yang dapat membakar (sebuah lensa konveks digunakan untuk memfokuskan cahaya matahari untuk menciptakan api). Selanjutnya tulisan Pliny the Elder (23-79 SM) menunjukkan sebuah gelas yang dapat membakar juga dikenal di Kekaisaran Roma, pada jaman ini dimungkinkan adanya penggunaan dari lensa sebagai pembentuk bayangan. Hal ini terlihat ketika Nero menonton gladiator dia menggunakan alat bantu untuk melihat yaitu sebuah emerald berbentuk-konkave (hal ini dimungkinkan untuk memperbaiki myopia/ kurang kemampuan matanya untuk melihat dari jarak jauh).

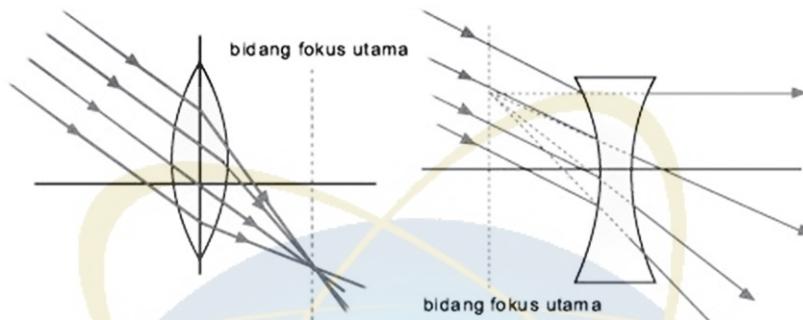
Pada tahun (3 SM - 65) Seneca the Younger menjelaskan adanya efek pembesaran dari sebuah gelas bulat yang diisi oleh air. Kemudian Matematikawan muslim berkebangsaan Arab, Alhazen (Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haitham), pada tahun (965-1038) menulis teori optik pertama dan utama yang menjelaskan tentang proses pembentukan bayangan oleh lensa di matam, dimana manusia membentuk sebuah bayangan/gambar di retina. Penyebaran tentang penggunaan lensa tidak terjadi sampai di ditemukannya kaca mata, mungkin penemuan ini terjadi di Italia pada tahun 1280-an.

B. Istilah dalam Lensa

Sebelum dijelaskan mengenai proses-proses pembiasan cahaya pada lensa, alangkah baiknya jika kamu mengenal beberapa istilah yang berhubungan dengan lensa. Istilah-istilah tersebut diantaranya :

1. *Aperture*: diameter lensa
2. *Pusat optik*: Titik pada lensa di mana berkas sinar yang melalu titik ini akan diteruskan tanpa dibiaskan.
3. *Sumbu lensa*: sumbu yang melalui pusat optik dan membelah lensa menjadi dua bagian
4. *Sumbu utama*: garis lurus yang melalui pusat optik dan tegak lurus dengan sumbu lensa

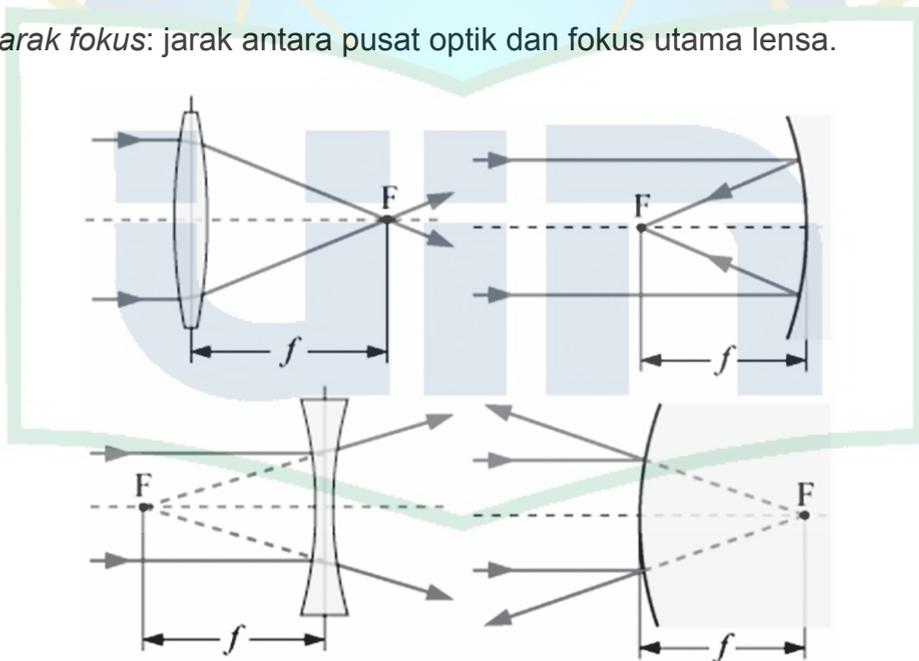
5. *Fokus utama (F)*: Titik di mana berkas sinar sejajar akan dikumpulkan atau titik di mana seolah-olah berkas sinar mulai disebar. Perhatikan gambar di bawah :



Gambar : Bidang fokus utama (a) pada lensa positif (b) pada lensa negatif.

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

6. *Jarak fokus*: jarak antara pusat optik dan fokus utama lensa.



Gambar : Jarak fokus pada lensa

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

7. *Bidang fokus utama* : bidang yang melewati fokus utama.

Pada lensa positif berkas sinar sejajar yang menuju pusat lensa akan berkumpul di satu titik pada bidang fokus utama (gambar a), sedangkan pada lensa negatif, berkas sinar sejajar akan dibiaskan seolah-olah mereka berasal dari satu titik pada bidang fokus utama (gambar b).

C. Jenis-jenis Lensa

Jenis lensa umumnya dibagi dua yaitu:

1. Lensa cekung (konkaf / lensa negatif)
2. Lensa cembung (konveks / lensa positif)

Berdasarkan bentuknya, dilihat dari bentuk permukaannya. Lensa dibedakan menjadi enam macam jenis, yaitu :

- a. lensa cembung rangkap (bikonveks),
- b. lensa cembung datar (plan konveks),
- c. lensa cembung-cekung (konkaf-konveks),
- d. lensa cekung rangkap (bikonkaf),
- e. lensa cekung datar (plan konkaf), dan
- f. lensa cekung cembung (konveks-konkaf).



Gambar : Jenis-jenis lensa

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

1. Lensa cembung (lensa konveks/positif)

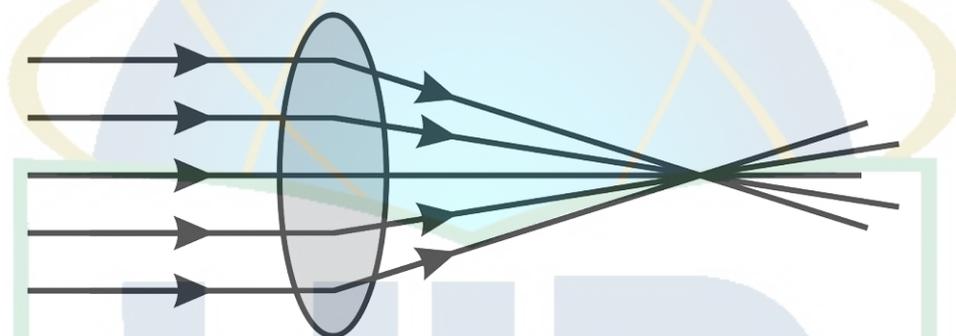
Lensa cembung memiliki ciri lebih tebal di tengah-tengahnya daripada pinggirnya. Apabila kamu raba, akan terasa permukaan di bagian tengahnya lebih cembung.

Dari ke enam bentuk lensa, yang termasuk kategori lensa cembung (positif) adalah:

1. bikonveks,
2. plan konveks,
3. konkaf-konveks.

Bagaimanakah sifat-sifat lensa cembung apabila dikenai cahaya? Untuk mengetahuinya, lakukanlah berikut:

Jika sinar-sinar sejajar kamu lewatkan pada lensa cembung, sinar-sinar biasanya akan berkumpul pada satu titik. Sifat lensa cembung adalah mengumpulkan sinar (konvergen). Titik pertemuan sinar-sinar bias disebut titik fokus (titik api).



Gambar : lensa cembung yang konvengen

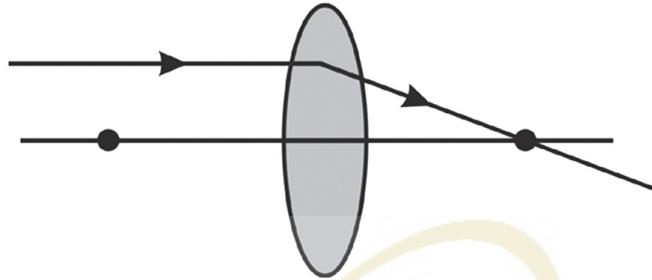
Sumber: Dokumen Penulis, 2009

Arahkanlah sebuah lensa cembung pada sinar matahari, kemudian letakkan di bawahnya searik kertas. Aturlah jarak kertas ke lensa sampai titik api lensa tepat pada kertas. Diamkan beberapa saat. Apakah yang terjadi? Jika Matahari cukup terik, sinar bias cahaya matahari akan membakar kertas. Hal tersebut membuktikan bahwa titik fokus lensa cembung bersifat nyata dan bernilai positif.

a. Sinar-sinar istimewa pada lensa cembung

Sinar-sinar istimewa pada lensa cembung adalah sebagai berikut.

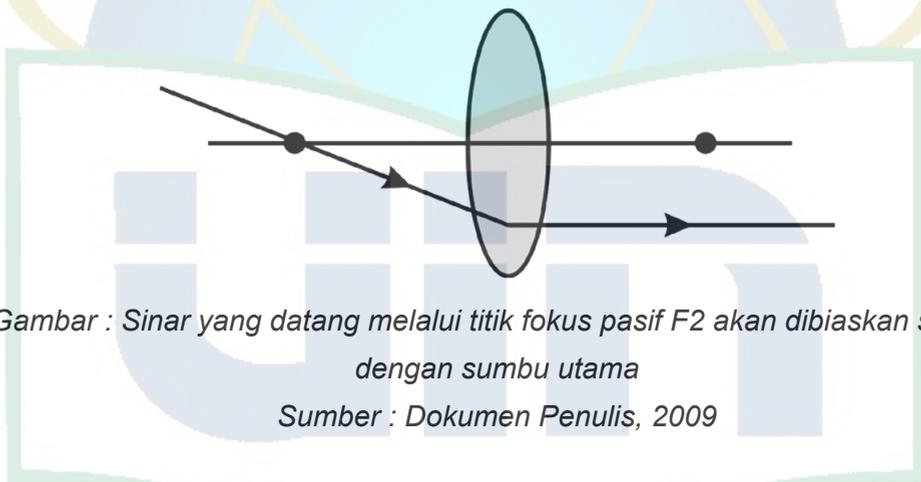
1. Sinar yang datang sejajar dengan sumbu utama akan dibiaskan melalui titik fokus F_1 .



Gambar : Sinar yang datang sejajar dengan sumbu utama akan dibiaskan melalui titik fokus F_1

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

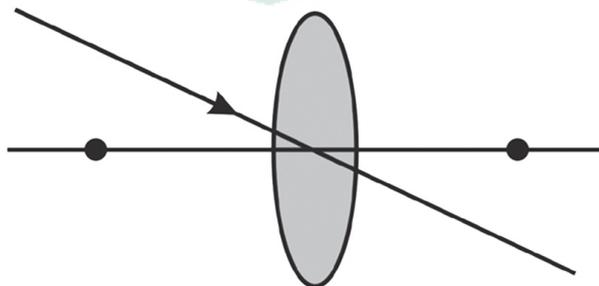
2. Sinar yang datang melalui titik fokus pasif F_2 akan dibiaskan sejajar dengan sumbu utama.



Gambar : Sinar yang datang melalui titik fokus pasif F_2 akan dibiaskan sejajar dengan sumbu utama

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

3. Sinar yang melalui titik pusat optik (O) akan diteruskan (tidak dibiaskan).



Gambar : Sinar yang melalui titik pusat optik (O) akan diteruskan (tidak dibiaskan).

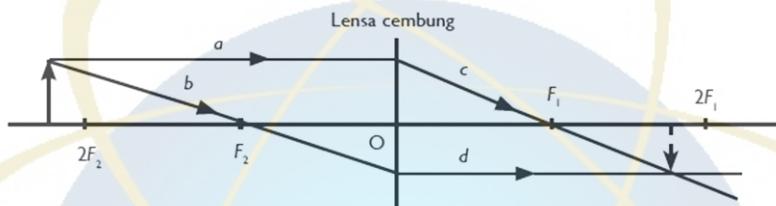
Sumber : Dokumen Penulis, 2009

b. Melukiskan bayangan pada lensa cembung

Bagaimanakah cara menggambarkan bayangan pada lensa cembung?

Sama halnya seperti ketika kamu melukis bayangan pada cermin maka ketika melukis bayangan pada lensa cembung pun cukup menggunakan dua sinar istimewa. Bayangan yang terjadi merupakan hasil perpotongan sinar-sinar bias atau perpanjangan sinar-sinar bias. Misalnya, benda diletakkan pada jarak lebih besar daripada $2F_2$. Di manakah bayangannya?

Perhatikan Gambar berikut :

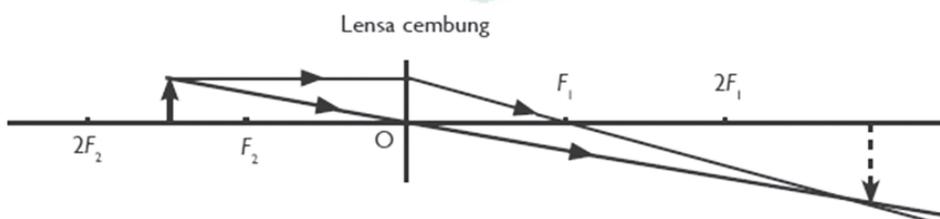


Gambar : Bayangan pada lensa cembung

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

Sinar datang sejajar dengan sumbu utama (sinar a) akan dibiaskan melalui titik fokus F_1 (sinar c) dan sinar datang melalui titik fokus F_2 (sinar b) akan dibiaskan sejajar sumbu utama (sinar d). Hasil perpotongan sinar-sinar bias (sinar c dan d) membentuk satu titik ujung bayangan. Jika kamu tarik garis tegak lurus dari sumbu utama ke titik itu akan terbentuk bayangan nyata. Jika benda diletakkan pada jarak lebih besar dari pada $2F$, sifat bayangannya adalah nyata, terbalik, dan diperkecil.

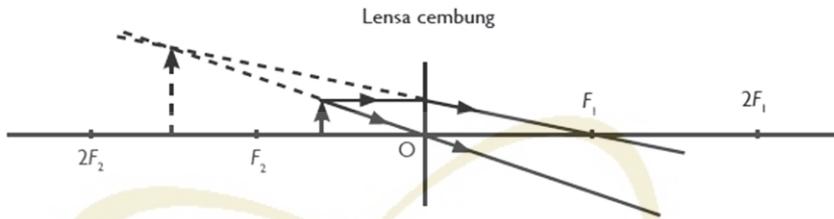
Jika benda diletakkan antara F_2 dan $2F_2$, sifat bayangan nyata, terbalik, dan diperbesar.



Gambar : bayangan lensa cembung yang nyata, terbalik dan diperbesar

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

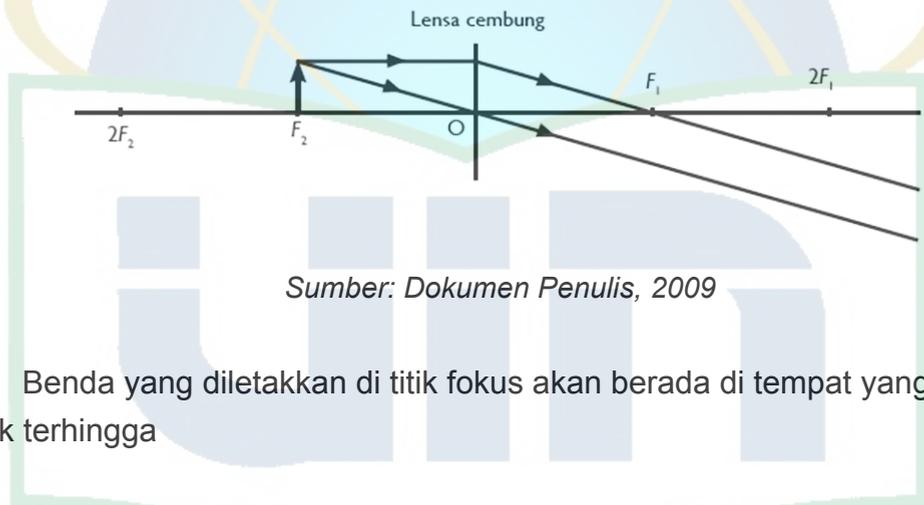
Jika benda diletakkan pada jarak lebih kecil daripada F_2 , sifat bayangannya adalah maya, sama tegak, dan diperbesar.



Gambar : bayangan lensa cembung yang sifatnya maya, sama tegak dan diperbesar

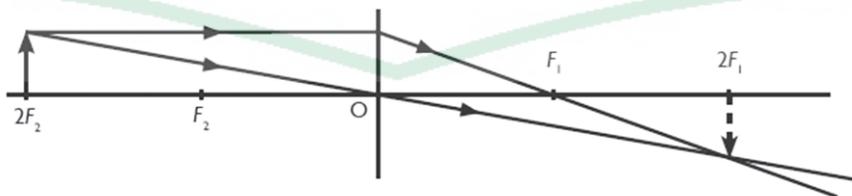
Sumber : Dokumen Penulis, 2009

Jika benda diletakkan pada titik F_2 atau $2F_2$ bayangan yang terbentuk seperti pada gambar di bawah:



Sumber: Dokumen Penulis, 2009

Benda yang diletakkan di titik fokus akan berada di tempat yang jauh tidak terhingga



Gambar : bayangan lensa cembung yang nyata, terbalik dan diperbesar

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

Benda yang diletakkan pada titik $2F_2$ sifatnya nyata, terbalik, dan diperbesar

c. Ruang pada lensa cekung

1. Lensa cekung

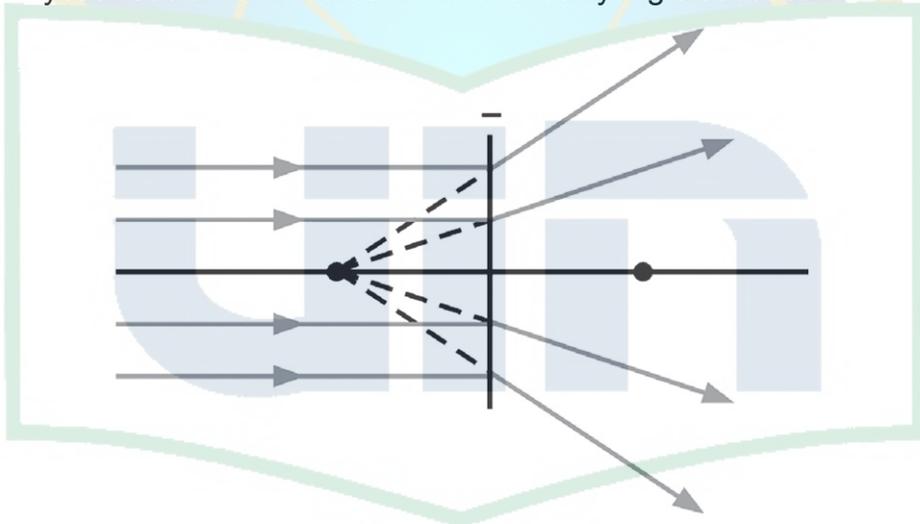
Lensa cekung adalah lensa yang bagian tengahnya berbentuk cekung lebih tipis dari bagian tepinya. Beberapa bentuk lensa yang termasuk kategori lensa cekung (negatif) adalah

bikonkaf
plan konkaf, dan
konveks-konkaf.

Bagaimanakah sifat-sifat lensa cekung?

Untuk mengetahuinya, lakukanlah percobaan seperti percobaan untuk lensa cembung.

Jika sinar-sinar sejajar dikenakan pada lensa cekung, sinar-sinar biasanya akan menyebar seolah-olah berasal dari satu titik yang disebut titik fokus.



Gambar : Lensa cekung bersifat divergen atau menyebarkan sinar.

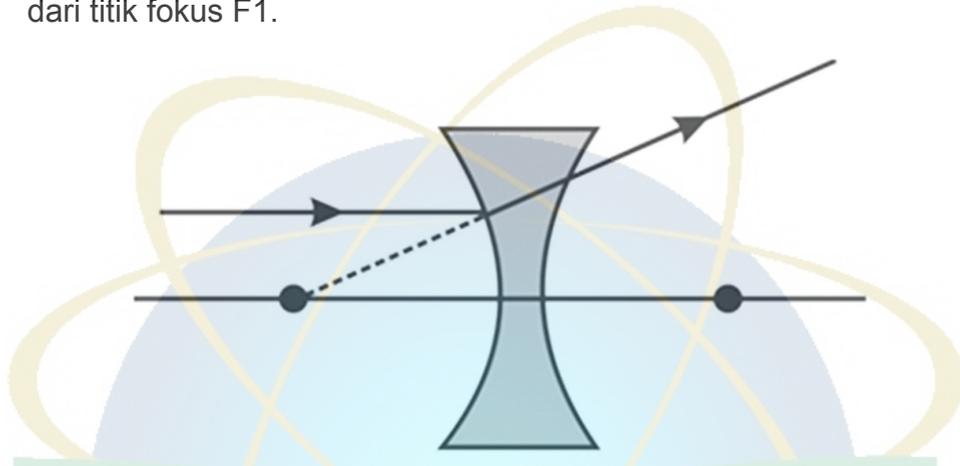
Sumber: Dokumen Penulis, 2009

Titik fokus lensa cekung berada pada sisi yang sama dengan sinar datang sehingga titik fokus lensa cekung bersifat maya atau semu dan bernilai negatif.

a. *Sinar- sinar istimewa pada lensa cekung*

Seperti halnya pada lensa cembung, untuk menggambarkan bayangan pada lensa cekung pun dapat digunakan perjalanan tiga sinar istimewanya. Tiga sinar istimewa pada lensa cekung adalah sebagai berikut.

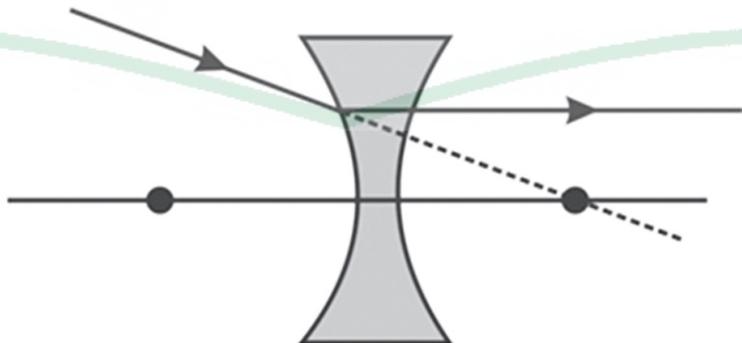
1. Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dibiaskan seolah-olah dari titik fokus F_1 .



Gambar : Sinar datang sejajar dengan sumbu utama akan dibiaskan seolah-olah dari titik fokus F_1 .

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

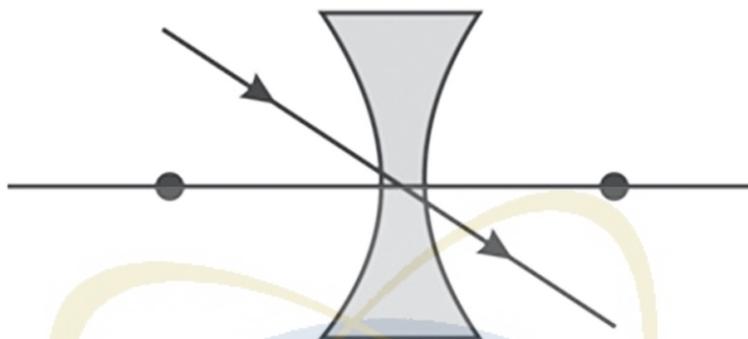
2. Sinar datang menuju titik fokus pasif F_2 akan dibiaskan sejajar dengan sumbu utama.



Gambar : Sinar datang menuju titik fokus pasif F_2 akan dibiaskan sejajar dengan sumbu utama.

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

3. Sinar datang melalui pusat lensa O akan diteruskan.



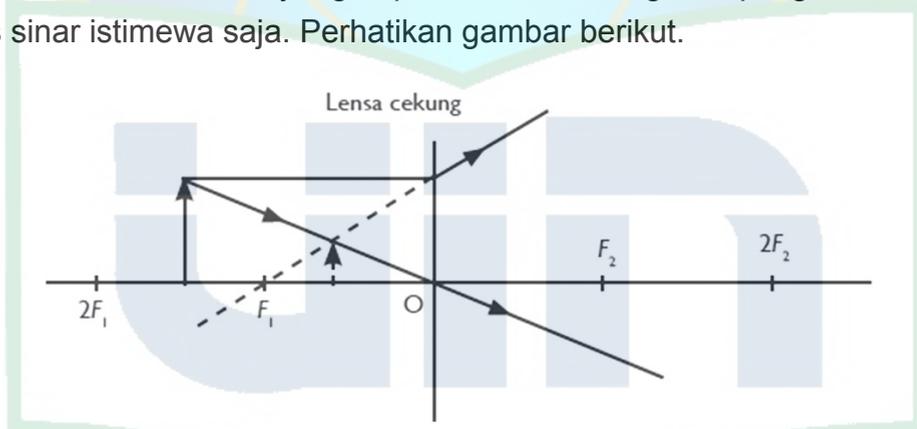
Gambar : Sinar datang melalui pusat lensa O akan diteruskan.

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

b. Melukiskan bayangan pada lensa cekung

Bagaimanakah cara melukiskan bayangan pada lensa cekung?

Untuk melukiskan bayangan pada lensa cekung cukup digunakan dua berkas sinar istimewa saja. Perhatikan gambar berikut.



Gambar : Cara melukis banyagan pada lensa cekung

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

Oleh karena benda harus diletakkan di depan lensa, bayangan yang terjadi akan selalu sama, yaitu maya, sama tegak, dan diperkecil.

c. Ruang pada lensa cekung

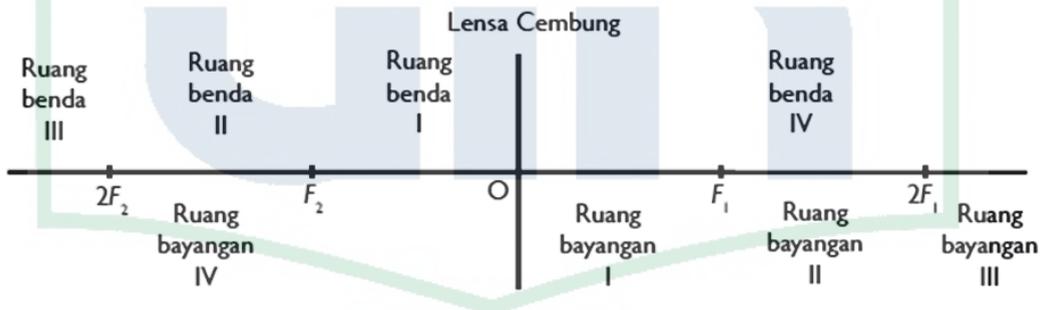
Untuk memudahkan pemeriksaan terhadap sifat bayangan, kita akan bagi menjadi ruang benda dan ruang bayangan. Ruang benda terbagi menjadi empat ruangan. Ruang benda dapat terlihat pada gambar berikut:



Gambar : Ruang lensa cekung
 Sumber : Dokumen Penulis, 2009

- a. Ruang antara O dan F₂ adalah ruang benda I
- b. Ruang antara 2F₂ dan F₂ adalah ruang benda II
- c. Ruang di atas 2F₂ adalah ruang benda III
- d. Ruang yang berada di belakang lensa (dibelakang O) adalah ruang benda IV

Posisi ruang bayangan pada lensa kebalikan dari posisi ruang benda.
 Ruang bayangan terbagi menjadi empat ruangan di antaranya :



Sumber : Dokumen Penulis, 2009

- a. Ruang di depan lensa adalah ruang bayangan IV
- b. Ruang di belakang lensa antara O dan F₁ adalah ruang bayangan I.
- c. Ruang di belakang lensa antara F₁ dan 2F₁ adalah ruang bayangan II.
- d. Ruang di belakang lensa di atas 2F₁ adalah ruang bayangan III.

Aturan penggunaan ruang benda dan ruang bayangan adalah sebagai berikut:

- Jumlah ruang benda dan ruang bayangan sama dengan 5 (lima).
- Jika nomor ruang bayangan lebih besar dari ruang benda, bayangan akan diperbesar.
- Jika nomor ruang bayangan lebih kecil daripada ruang benda, bayangan akan diperkecil.
- Jika bayangan berada di belakang lensa, sifatnya nyata dan terbalik.
- Jika bayangan berada di depan lensa, sifatnya maya dan sama tegak.

Contoh soal aplikasi:

Sebuah benda diletakkan di ruang antara F_2 dan $2F_2$. Di manakah letak bayangannya? Sebutkan sifat-sifatnya.

Penyelesaian:

Ruang benda berada di antara F_2 dan $2F_2$ berarti ruang II. Agar jumlah ruang benda dan ruang bayangan sama dengan 5, berarti bayangan ada di ruang III. Oleh karena ruang bayangan lebih besar dari ruang benda, bayangan memiliki sifat nyata, terbalik, dan diperbesar.

Pembesaran bayangan Lensa

Persamaan untuk menentukan perbesaran bayangan untuk lensa sama dengan persamaan untuk cermin lengkung, yakni:

Persamaan perbesaran lensa tipis

dengan

s = jarak benda

s' = jarak bayangan

h = tinggi benda

h' = tinggi bayangan

Kekuatan lensa

Kuat lensa berkaitan dengan sifat konvergen (mengumpulkan berkas sinar) dan divergen (menyebarkan sinar) suatu lensa. Untuk Lensa positif,

semakin kecil jarak fokus, semakin kuat kemampuan lensa itu untuk mengumpulkan berkas sinar. Untuk Lensa negatif, semakin kecil jarak fokus semakin kuat kemampuan lensa itu untuk menyebarkan berkas sinar. Oleh karenanya kuat lensa didefinisikan sebagai kebalikan dari jarak fokus.

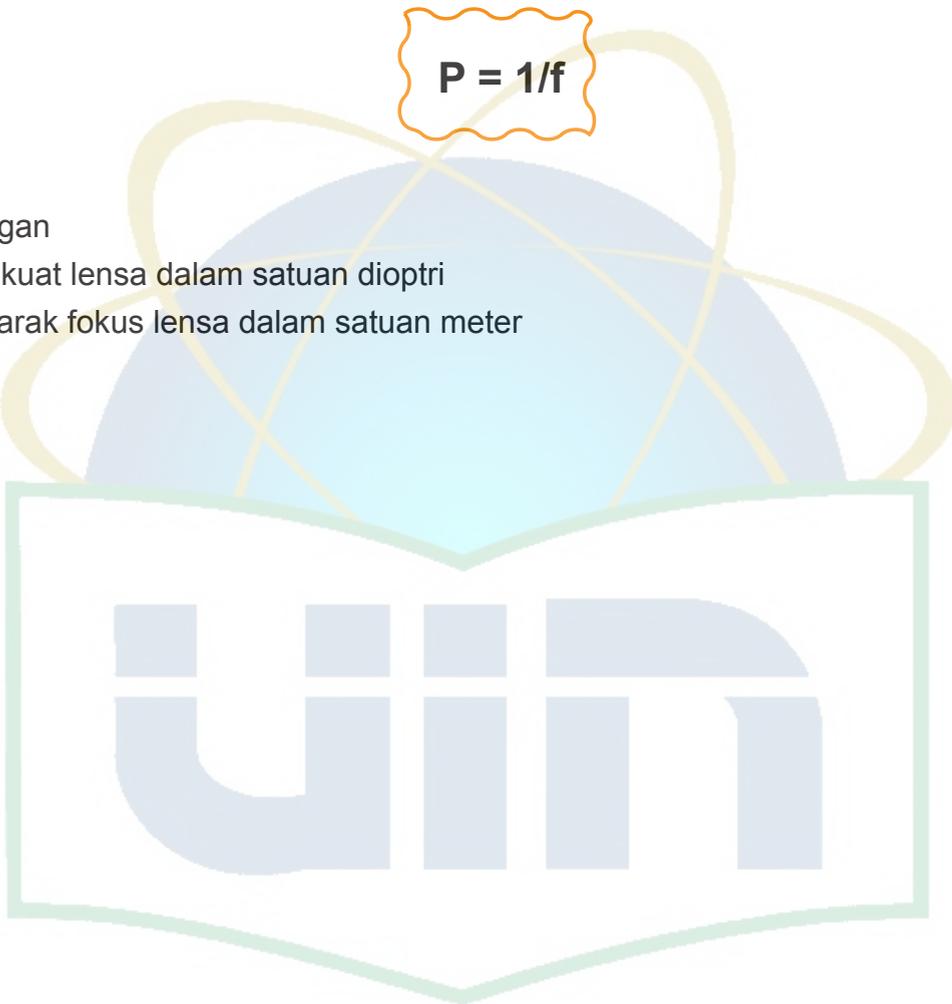
Persamaan kuat lensa

$$P = 1/f$$

dengan

P = kuat lensa dalam satuan dioptri

f = jarak fokus lensa dalam satuan meter



Bab V

Alat-Alat Optik

Banyak sekali aplikasi-aplikasi optik yang berkembang seiring dengan perkembangan teknologi akhir-akhir ini. Aplikasi-aplikasi optik tersebut dibuat dengan menerapkan konsep-konsep, prinsip-prinsip dan hukum-hukum fisika tentang optik seperti sifat-sifat cahaya, hukum pemantulan dan pembiasan.

Kamu pun sudah mempelajari sifat-sifat benda yang dapat memantulkan cahaya, misalnya cermin, dan benda yang dapat membiaskan cahaya, misalnya lensa. Dengan mempelajari kedua sifat benda tersebut, kamu dapat memanfaatkannya untuk membantu keterbatasan penglihatan manusia

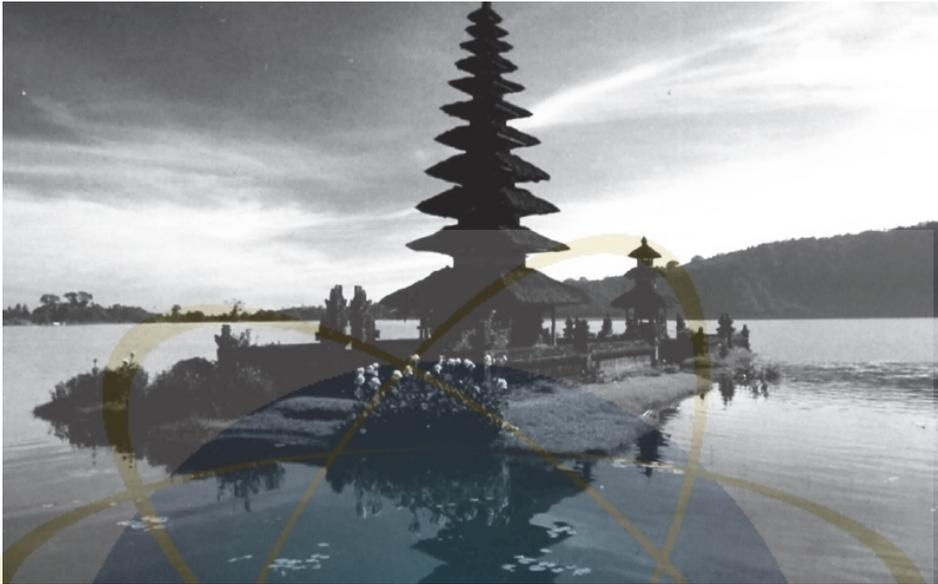
Alat yang Langkah Percobaannya memanfaatkan prinsip pemantulan dan pembiasan cahaya disebut alat optik. Alat optik yang sering digunakan adalah kacamata, kaca pembesar (lup), mikroskop, kamera, dan periskop. Akan tetapi, dari sekian banyak alat optik yang diciptakan manusia, tidak ada satu pun alat optik yang dapat menyaingi ciptaan Tuhan, yaitu mata. Oleh karena itu, menjadi kewajibanmu untuk mensyukuri dan memeliharanya.

Alat optik yang dibuat manusia sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari. Dengan teropong, kamu dapat melihat benda-benda yang jauh. Untuk melihat benda-benda renik, kamu dapat menggunakan mikroskop. Dalam bab ini kamu akan mempelajari beberapa alat optik yang sering digunakan, di antaranya kamera, mata, lup, mikroskop, dan periskop.

A. Mata

Semua yang diberikan oleh Tuhan tidak ada yang sia-sia, salah satunya panca indra. Salah satu dari panca indra tersebut adalah mata.

Kamu diberkahi Tuhan dengan diberikannya sepasang bola mata indah sebagai indera penglihatanmu. Dengan kedua bola matamu itu, kamu dapat menikmati keindahan alam ini. Kadang kadang fungsi mata sebagai salah satu alat indra sering tidak dihargai. Buktinya nonton televisi dengan jarak yang dekat, berada di depan komputer dalam waktu yang lama, membaca buku sambil tiduran dengan cahaya remang-remang.



*Gambar : Dengan anugrah Tuhan kita bisa melihat pemandangan yang indah
Sumber : www.google.com, 2009*

Pikirkan olehmu tentang berbagai benda yang bisa kamu lihat setiap hari. Mengagumkan bukan kamu bisa melihatnya? Bagaimana matamu bisa mendeteksi keberadaan sebuah benda dengan bantuan cahaya? Bagaimana matamu memberitahu tentang benda-benda yang ada di lingkunganmu?

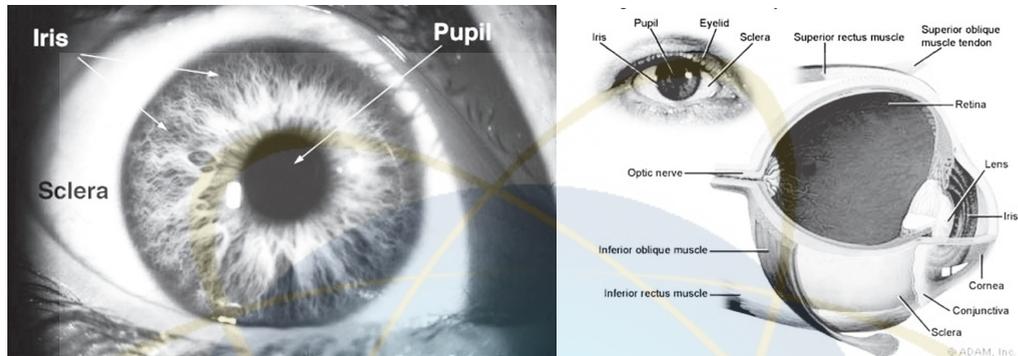
Indera penglihat kita mendeteksi adanya sebuah benda dari pantulannya, pantulan tersebut masuk pada reseptor di matamu. Mata mempunyai reseptor khusus untuk mengenali perubahan sinar dan warna. Sesungguhnya yang disebut mata bukanlah hanya bola mata, tetapi termasuk otot-otot penggerak bola mata, kotak mata (rongga tempat mata berada), kelopak, dan bulu mata. Reseptor tersebut merubah (mengkonversi) dan merespon energi cahaya yang masuk ke mata menjadi pulsa-pulsa sinyal yang kemudian akan diterjemahkan oleh otak kita. Kita akan pelajari bagian-bagian mata dan peranan-perananya.

1. Bagian-bagian mata

Sebuah bola mata umumnya terdiri dari bola mata dan otot-otot mata. Berikut ini adalah nama-nama dari bagian-bagian mata tersebut.:

a Bola mata

Bola mata mempunyai beberapa lapis dinding yang mengelilingi rongga bola mata yaitu : Skelra, koroid, dan retina.



Gambar : Bola Mata

Sumber : webvision.med.utah.edu, 2009

Berikut ini adalah beberapa bagian yang ada di dalam bola mata:

1) Koroid

Koroid umumnya berwarna coklat kehitaman sampai hitam. Koroid merupakan lapisan yang berisi banyak pembuluh darah pemberi nutrisi dan oksigen bagi retina. Warna gelap pada koroid berfungsi mencegah refleksi (pemantulan sinar). Bagian depan koroid membentuk badan siliaris menuju ke arah depan membentuk iris yang berwarna. Di bagian depan iris yang berupa celah membentuk pupil (anak mata). Melalui pupil sinar masuk. Iris berfungsi sebagai diafragma, yaitu pengontrol ukuran pupil untuk mengatur sinar yang masuk. Badan siliaris membentuk ligamentum yang berfungsi mengikat lensa mata. Kontraksi dan relaksasi dari otot badan siliaris akan mengatur cembung pipihnya lensa.

2) Kornea

Kornea adalah lapisan terluar yang keras untuk melindungi bagian-bagian lain dalam mata yang halus dan lunak. Kornea berwarna jernih. Kornea berfungsi melindungi mata. Kornea bersifat tembus cahaya, sehingga cahaya bisa memasuki pupil. Selaput transparan yang melapisi kornea dan

bagian dalam kelopak mata disebut konjungtiva. Selaput ini peka terhadap iritasi. Konjungtiva penuh dengan pembuluh darah dan serabut saraf. Radang konjungtiva disebut konjungtivitis. Untuk mencegah kekeringan, konjungtiva dibasahi dengan cairan yang keluar dari kelenjar air mata (kelenjar lakrimal) yang terdapat di bawah alis. Air mata mengandung lendir, garam, dan antiseptik dalam jumlah kecil. Air mata berfungsi sebagai alat pelumas dan pencegah masuknya mikroorganisme ke dalam mata. Kornea berfungsi dalam membantu dan mempertemukan berkas-berkas cahaya dengan membengkokkan berkas cahaya tersebut ketika memasuki mata.



Gambar : Kornea mata

Sumber : www.google.com, 2009

Cahaya dibiaskan jika melewati konjungtiva kornea. Cahaya dari obyek yang dekat membutuhkan lebih banyak pembiasan untuk pemfokusan dibandingkan obyek yang jauh.

3) *Cairan pada mata*

Ada dua cairan yang dalam bola mata kita, yaitu cairan yang berada di bagian depan lensa yang disebut aqueous humor dan bagian belakang lensa berisi yang disebut vitreous humor. Aqueous humor terdapat di belakang kornea fungsi untuk membiaskan cahaya yang masuk ke dalam mata. Sedangkan cairan yang memenuhi rongga dalam bola mata disebut cairan vitreus adalah cairan seperti agar-agar cair. Kedua cairan tersebut berfungsi menjaga lensa agar selalu dalam bentuk yang benar (bentuk mata tetap bulat).

4) *Lensa mata*

Lensa mata terbuat dari bahan berwarna bening (optis) bersifat elastik. Lensa yang ada pada mata merupakan lensa cembung. Lensa mata ini berfungsi membentuk bayangan. Pada mata mamalia mampu mengubah derajat pembiasan dengan cara mengubah bentuk lensa. Lensa mata berubah bentuk ketika kamu melihat benda dengan jarak yang berbeda. Otot lensa menempel pada lensa. Otot lensa menarik dan mengubah bentuk lensa. Proses ini membantu untuk mempertemukan berkas-berkas cahaya dari obyek yang dekat atau jauh.

Cahaya dari obyek yang jauh difokuskan oleh lensa tipis panjang, sedangkan cahaya dari obyek yang dekat difokuskan dengan lensa yang tebal dan pendek. Perubahan bentuk lensa ini akibat kerja otot siliari. Ketika melihat dekat, otot siliari berkontraksi sehingga memendekkan aperture yang mengelilingi lensa. Sebagai akibatnya lensa menebal dan pendek. Ketika melihat jauh, otot siliari relaksasi sehingga aperture yang mengelilingi lensa membesar dan tegangan ligamen suspensor bertambah. Sebagai akibatnya ligamen suspensor mendorong lensa sehingga lensa memanjang dan pipih. Proses pemfokusan obyek pada jarak yang berbeda-beda disebut daya akomodasi.

5) *Pupil*

Pupil adalah lubang di tengah-tengah iris. Cahaya memasuki mata melalui pupil. Pupil berfungsi mengatur banyak sedikitnya cahaya yang masuk ke dalam mata. Bila jumlah cahaya yang akan masuk mata berubah, besar iris dan pupil juga berubah. Lebar pupil diatur oleh iris. Di tempat gelap pupil membuka lebar agar lebih banyak cahaya yang masuk ke dalam mata. Pupil menjadi lebih besar dalam cahaya remang-remang dan lebih kecil dalam cahaya terang.

Mengapa pupil membesar di daerah atau tempat gelap?

6) *Retina (selaput jala)*

Retina adalah bagian mata yang terletak di bagian belakang. Retina tersusun dari sel-sel saraf yang peka terhadap cahaya. Ada dua macam sel reseptor pada retina, yaitu sel kerucut (sel konus) dan sel batang (sel

basilus). Sel batang berfungsi membedakan kesan hitam/putih dan cahaya remang-remang.

Sel kerucut berisi pigmen lembayung dan sel batang berisi pigmen ungu. Kedua macam pigmen akan terurai bila terkena sinar, terutama pigmen ungu yang terdapat pada sel batang. Oleh karena itu, pigmen pada sel basilus berfungsi untuk situasi kurang terang, sedangkan pigmen dari sel konus berfungsi lebih pada suasana terang yaitu untuk membedakan warna, makin ke tengah maka jumlah sel batang makin berkurang sehingga di daerah bintik kuning hanya ada sel konus saja.

Pigmen ungu yang terdapat pada sel basilus disebut rodopsin, yaitu suatu senyawa protein dan vitamin A. Apabila terkena sinar, misalnya sinar matahari, maka rodopsin akan terurai menjadi protein dan vitamin A. Pembentukan kembali pigmen terjadi dalam keadaan gelap. Untuk pembentukan kembali memerlukan waktu yang disebut adaptasi gelap (disebut juga adaptasi rodopsin). Pada waktu adaptasi, mata sulit untuk melihat.

Pigmen lembayung dari sel konus merupakan senyawa iodopsin yang merupakan gabungan antara retinin dan opsin. Ada tiga macam sel konus, yaitu sel yang peka terhadap warna merah, hijau, dan biru. Dengan ketiga macam sel konus tersebut mata dapat menangkap spektrum warna. Kerusakan salah satu sel konus akan menyebabkan buta warna.

Seluruh bagian retina berhubungan dengan badan sel-sel saraf yang serabutnya membentuk urat saraf optik yang memanjang sampai ke otak. Otot siliar (otot lensa mata) berfungsi mengatur daya akomodasi mata. Bagian yang dilewati urat saraf optik tidak peka terhadap sinar dan daerah ini disebut bintik buta.

Cahaya yang masuk ke mata difokuskan oleh lensa mata ke permukaan retina. Oleh sel-sel yang ada di dalam retina, rangsangan cahaya ini dikirimkan ke otak. Oleh otak diterjemahkan sehingga menjadi kesan melihat. Sinar yang masuk ke mata sebelum sampai di retina mengalami pembiasan lima kali yaitu waktu melalui konjungtiva, kornea, aqueus humor, lensa, dan vitreous humor. Pembiasan terbesar terjadi di kornea.

Retina berfungsi sebagai layar tempat terbentuknya bayangan benda yang dilihat. Bayangan yang jatuh pada retina bersifat : nyata, diperkecil dan terbalik. Fungsi retina sering disamakan dengan film dalam kamera.

7) *Bintik buta*

Bintik buta merupakan bagian pada retina yang tidak peka terhadap cahaya, sehingga bayangan jika jatuh di bagian ini tidak jelas/kelihatan, sebaliknya pada retina terdapat bintik kuning.

8) *Kelopak mata*

Kelopak mata adalah bagian luar mata yang melindungi dan membasahi bagian luar bola mata. Ketika kamu berkedip, maka cairan akan menyebar di seluruh bagian depan matamu.

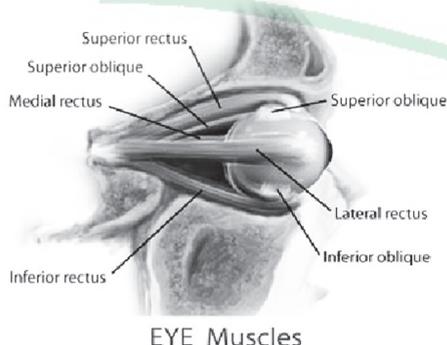
9) *Sklera*

Sklera merupakan jaringan kuat, dengan serat yang kuat, berwarna putih buram (tidak tembus cahaya). Warna putih menutup bagian luar bola matamu. Sklera berfungsi melindungi matamu.

10) *Iris*

Iris merupakan salah satu dari otot mata. Iris mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata. Iris juga merupakan bagian yang memberi warna pada mata. Bila kamu mengatakan bahwa mata seseorang berwarna biru atau coklat, kamu sedang menunjukkan warna iris. Iris membentuk celah lingkaran yang disebut pupil.

b) **Otot Mata**



Ada enam otot mata yang berfungsi memegang sklera. Empat di antaranya disebut otot rektus (**rektus inferior, rektus superior, rektus eksternal, dan rektus internal**). Otot rektus berfungsi menggerakkan bola mata ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke bawah. Dua lainnya adalah **otot obliq atas (superior) dan otot obliq bawah (inferior)**.

Sumber : <http://www.disaboom.com>, 2009

2. Daya Akomodasi Mata.

Kemampuan lensa mata untuk menebal dan memipih disebut daya akomodasi mata (daya suai). Lebih jelasnya lagi, adalah kemampuan dari otot siliar untuk menebal atau memipihkan kecembungan lensa mata yang disesuaikan dengan dekat atau jauhnya jarak benda yang dilihat. Peristiwa perubahan-perubahan inilah yang dimaksud dengan daya akomodasi.

Lensa mata akan menebal (lebih cembung) jika digunakan untuk melihat benda-benda yang jaraknya dekat. Dalam keadaan seperti ini berkas cahaya yang masuk ke mata akan tampak seperti kerucut. Otot-otot siliar akan lebih menegang

Sebaliknya, lensa mata akan memipih jika digunakan untuk melihat benda-benda yang letaknya jauh. Dalam keadaan mata seperti ini sudut kerucut cahaya yang masuk ke mata sangat kecil sehingga sinar tampak paralel. Otot-otot siliar mata akan lebih mengendor.

Baik sinar dari obyek yang jauh maupun yang dekat, sama-sama harus direfraksikan (dibiaskan) untuk menghasilkan titik yang tajam pada retina, agar obyek terlihat jelas. Pembiasan cahaya untuk menghasilkan penglihatan yang jelas disebut pemfokusan.

Perlu diketahui bahwa jarak antara lensa mata dan retina adalah selalu tetap. Ketika melihat benda-benda pada jarak tertentu kita hanya perlu mengubah kelengkungan lensa mata saja. Untuk mengubah kelengkungan lensa mata, mata kamu hanya perlu merubah jarak titik fokus lensa, yang merupakan tugas dari otot siliar. Hal ini dimaksudkan agar bayangan yang dibentuk oleh lensa mata selalu jatuh di retina.

Kemampuan lensa mata memiliki batas-batas tertentu. Jarak terdekat mata normal adalah 25 cm. Untuk mata normal (emetropi) titik dekatnya berjarak 10cm s/d 20cm (untuk anak-anak) dan berjarak 20cm s/d 30cm (untuk dewasa). Titik dekat disebut juga jarak baca normal. Titik ini disebut punctum proximum (PP).

Sedangkan jarak terjauh yang masih dapat dilihat mata normal disebut sebagai punctum remotum (PR). Jaraknya berada pada titik tak terhingga.

Jika jarak batas penglihatan seseorang di luar batas penglihatan mata normal, orang tersebut dikatakan mengalami cacat mata. Penyebab terjadinya cacat mata adalah berkurangnya daya akomodasi mata dan

kelainan bentuk bola mata. Ada beberapa jenis cacat mata, antara lain: miopi atau rabun jauh, hipermetropi atau rabun dekat, presbiopi atau rabun tua, dan astigmatis.

3. Cacat Mata

Kacamata yang di gunakan akan berbeda antara orang yang matanya normal dengan mereka yang mengalami cacat mata. Untuk mengetahui lebih banyak tentang kacamata, dan cacat mata pelajasilah materi berikut!

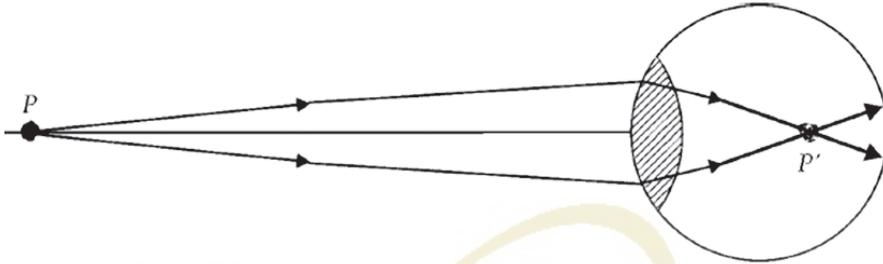
Berkurangnya daya akomodasi mata seseorang dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan mata untuk melihat benda pada jarak tertentu dengan jelas. Cacat mata yang disebabkan berkurangnya daya akomodasi, antara lain rabun jauh, rabun dekat dan rabun dekat dan jauh. Selain tiga jenis itu, masih ada jenis cacat mata lain yang disebut astigmatisma.

Cacat mata dapat dibantu dengan kacamata. Kacamata hanya berfungsi membantu penderita cacat mata agar bayangan benda yang diamati tepat pada retina. Kacamata tidak dapat menyembuhkan cacat mata. Ukuran yang diberikan pada kacamata adalah kekuatan lensa yang digunakan. Kacamata berukuran -1,5, artinya kacamata itu berlensa negatif dengan kuat lensa -1,5 dioptri. Berkurangnya daya akomodasi mata dapat menyebabkan cacat mata sebagai berikut :

a. Rabun jauh (miopi)

Miopi (dari bahasa Yunani: $\mu\omega\pi\acute{\iota}\alpha$ myopia "penglihatan-dekat"), adalah sebuah kerusakan refraktif mata di mana citra yang dihasilkan berada di depan retina ketika akomodasi dalam keadaan santai. Penderita penyakit ini tidak dapat melihat jarak jauh dan dapat ditolong dengan menggunakan kacamata negatif (cekung).

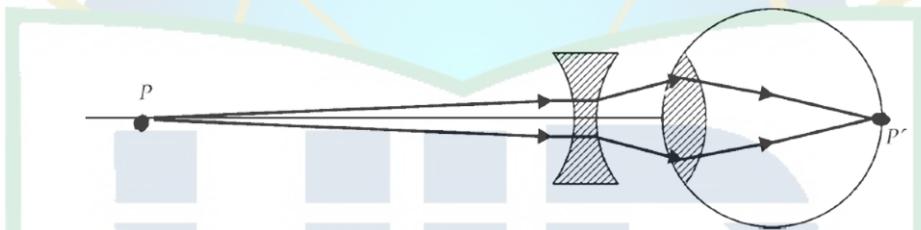
Rabun jauh disebut juga mata perpenglihatan dekat (terang dekat/ mata dekat). Penyebab terbiasa melihat sangat dekat sehingga lensa mata terbiasa tebal. Miopi sering dialami oleh tukang arloji, penjahit, orang yang suka baca buku (kutu buku) dan lain-lain. Orang yang menderita rabun dekat atau hipermetropi tidak mampu melihat dengan jelas objek yang terletak di titik dekatnya tapi tetap mampu melihat dengan jelas objek yang jauh (tak hingga).



Gambar : Titik dekat rabun jauh (Miopi)

Sumber : Dokumen Penerbit, 2009

Mata miopi melihat benda jauh bayangan jatuh di depan retina, karena lensa mata terbiasa tebal. Lensa negatif atau divergen atau lensa cekung dapat membantu lensa mata agar dapat memfokuskan bayangan tepat di retina



Gambar : Rabun Jauh dibantu lensa cekung

Sumber: Dokumen Penerbit, 2009

Kekuatan lensa negatif yang digunakan oleh penderita miopi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan lensa berikut.

$$P = \frac{1}{f}$$

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

Di sini jarak s adalah jarak tak hingga (titik jauh mata normal), dan s' adalah titik jauh mata (PR). Prinsip dasarnya adalah lensa negatif digunakan untuk memindahkan (memajukan) objek pada jarak tak hingga agar menjadi bayangan di titik jauh mata tersebut sehingga mata dapat melihat objek dengan jelas.

$$P = -\frac{1}{PR}$$

b. Rabun dekat (hipermetropi)

Orang yang menderita rabun dekat atau hipermetropi tidak mampu melihat dengan jelas objek yang terletak di titik dekatnya tapi tetap mampu melihat dengan jelas objek yang jauh (tak hingga). Titik dekat mata orang yang menderita rabun dekat lebih jauh dari jarak baca normal ($PP > 25 \text{ cm}$).

Cacat mata hipermetropi dapat diperbaiki dengan menggunakan lensa konvergen yang bersifat mengumpulkan sinar. Lensa konvergen atau lensa cembung atau lensa positif dapat membantu lensa mata agar dapat memfokuskan bayangan tepat di retina.

Hipermetropi terjadi karena bentuk bola mata terlalu pipih sehingga bayangan jatuh di belakang retina. Untuk mengatasi cacat mata hipermetropi, digunakan kacamata lensa positif atau kacamata lensa cembung. Perhatikan gambar berikut!



Gambar : a) Keadaan mata rabun dekat, b) Keadaan mata rabun dekat setelah menggunakan kaca cembung

Sumber : Dokumen Penerbit, 2009

Dengan menggunakan bantuan lensa positif (b), bayangan benda pada mata hipermetropi dapat jatuh tepat di retina. Kekuatan lensa dapat ditentukan dengan persamaan

$$P = \frac{1}{f}$$

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

Keterangan:

s: titik terdekat mata normal (25 cm = 0,25 m)

s': titik terdekat mata hipermetropi (m)

Kekuatan lensa positif juga dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$P = -\frac{1}{PP}$$

Rabun dekat sering dialami oleh penerbang (pilot), pelaut, sopir dan lain-lain.

c. Mata tua (*presbiopi*)

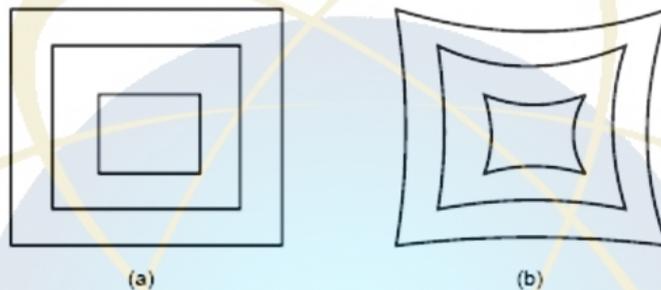
Presbiopi atau mata tua disebabkan karena gaya akomodasi lensa mata tak bekerja dengan baik akibatnya lensa mata tidak dapat memfokuskan cahaya ke titik kuning dengan tepat. sehingga mata tidak bisa melihat yang jauh maupun dekat. gaya akomodasi adalah kemampuan lensa mata untuk mencembung dan memipih. Presbiopi dapat diatasi dengan lensa ganda yang berisi lensa plus dan minus.

Mata tua tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang sangat jauh dan benda-benda pada jarak baca normal, disebabkan daya akomodasi telah berkurang akibat lanjut usia (tua). Pada mata tua titik dekat dan titik jauh keduanya telah bergeser. Mata tua diatasi atau ditolong dengan menggunakan kacamata berlensa rangkap (cembung dan cekung). Pada kacamata dengan lensa rangkap, lensa negatif bekerja seperti lensa pada kaca mata miopi, sedangkan lensa positif bekerja seperti halnya pada kacamata hipermetropi.

d. Astigmatisma (*mata silindris*)

Astigmatisma disebabkan karena kornea mata tidak berbentuk sferik (iris bola), melainkan lebih melengkung pada satu bidang dari pada bidang lainnya. Akibatnya benda yang berupa titik difokuskan sebagai garis. Mata astigmatisma juga memfokuskan sinar-sinar pada bidang vertikal lebih pendek dari sinar-sinar pada bidang horisontal. Astigmatisma ditolong/dibantu dengan kacamata silindris. Kacamata silindris berfungsi memfokuskan berkas-berkas cahaya pada titik.

Astigmatisme terjadi karena bentuk bola mata yang kurang melengkung (tidak sferis) sehingga berkas cahaya yang masuk ke mata tidak terfokus di satu titik. Seorang penderita astigmatik tidak dapat membedakan garis tegak (vertikal) dan garis mendatar (horizontal) secara bersamaan. Jika seorang penderita astigmatik melihat sekumpulan garis vertikal dan horizontal maka garis-garis vertikal akan tampak jelas, sedangkan garis horizontal akan tampak kabur. Perhatikan gambar berikut!



Gambar (a) gambar sebenarnya dan (b) gambar yang dilihat orang astigmatik

Sumber : Dokumen Penerbit, 2009

Gambar di atas merupakan salah satu contoh tes untuk menguji cacat mata astigmatik. Jika seorang penderita astigmatik mengamati gambar (a) maka bayangan yang terbentuk di retina akan tampak seperti gambar (b).

e. Buta warna

Buta warna adalah suatu kelainan yang disebabkan ketidak mampuan sel-sel kerucut mata untuk menangkap suatu spektrum warna tertentu akibat faktor genetik.

Buta warna merupakan kelainan genetik / bawaan yang diturunkan dari orang tua kepada anaknya, kelainan ini sering juga disebut sex linked, karena kelainan ini dibawa oleh kromosom X. Artinya kromosom Y tidak membawa faktor buta warna. Hal inilah yang membedakan antara penderita buta warna pada laki dan wanita. Seorang wanita terdapat istilah 'pembawa sifat' hal ini menunjukkan ada satu kromosom X yang membawa sifat buta warna. Wanita dengan pembawa sifat, secara fisik tidak mengalami kelainan buta warna sebagaimana wanita normal pada umumnya. Tetapi wanita dengan pembawa sifat berpotensi menurunkan faktor buta warna kepada anaknya

kelak. Apabila pada kedua kromosom X mengandung faktor buta warna maka seorang wanita tersebut menderita buta warna.

Saraf sel di retina terdiri atas sel batang yang peka terhadap hitam dan putih, serta sel kerucut yang peka terhadap warna lainnya. Buta warna terjadi ketika syaraf reseptor cahaya di retina mengalami perubahan, terutama sel kerucut.

Buta warna sendiri dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu trikromasi, dikromasi dan monokromasi. Buta warna jenis trikromasi adalah perubahan sensitifitas warna dari satu jenis atau lebih sel kerucut. Ada tiga macam trikromasi yaitu:

- ~ Protanomali yang merupakan kelemahan warna merah,
- ~ Deuteromali yaitu kelemahan warna hijau,
- ~ Tritanomali (low blue) yaitu kelemahan warna biru.

Jenis buta warna inilah yang paling sering dialami dibandingkan jenis buta warna lainnya. Dikromasi merupakan tidak adanya satu dari 3 jenis sel kerucut, terdiri dari:

- ~ Protanopia yaitu tidak adanya sel kerucut warna merah sehingga kecerahan warna merah dan perpaduannya berkurang,
- ~ Deutanopia yaitu tidak adanya sel kerucut yang peka terhadap hijau
- ~ Tritanopia untuk warna biru.

Sedangkan monokromasi ditandai dengan hilangnya atau berkurangnya semua penglihatan warna, sehingga yang terlihat hanya putih dan hitam pada jenis tipikal dan sedikit warna pada jenis atipikal. Jenis buta warna ini prevalensinya sangat jarang.

f. Katarak

Katarak adalah sejenis kerusakan mata yang menyebabkan lensa mata berselaput dan rabun. Lensa mata menjadi keruh dan cahaya tidak dapat menembusnya. Keadaan ini memperburuk penglihatan seseorang dan akan menjadi buta jika lewat, atau tidak dirawat. Masalah katarak berbeda dengan masalah mata glaukoma. Katarak adalah cacat mata buramnya dan berkurang elastisitasnya lensa mata. Hal ini terjadi karena adanya pengapuran pada lensa. Pada orang yang terkena katarak pandangan menjadi kabur dan daya akomodasi berkurang.

Kelainan-kelainan mata yang lain adalah:

- ~ Imeralopi (rabun senja) : pada senja hari penderita menjadi rabun
- ~ Xeroftalxni : kornea menjadi kering dan bersisik
- ~ Keratomealasi : kornea menjadi putih dan rusak

g. Tips Mata Sehat

Tanda mata sudah kecapean adalah daerah sekitar mata kita kelihatan hitam, tidak bercahaya dan kusam. Kecapean? Mungkin! Ada banyak hal yang bisa bikin mata kita nggak sehat.

Biar sehat baca dulu tips ini. Daerah sekitar mata memang memiliki sensitivitas tinggi. Jadi, mata perlu perhatian dan perawatan khusus. Masalah yang sering dihadapi yaitu kantung-mata yang membesar.

1. Tahukah kamu, bahwa kantung mata itu berisi cairan atau lemak. Banyak hal yang bisa menyebabkan kantung mata ini membesar. Bisa dari faktor genetik, dehidrasi atau kurang tidur. Mengatasinya minumlah air putih sesuai dengan kebutuhan minum perhari. Selain untuk kesehatan tubuh, air putih itu juga ternyata diperlukan untuk mata.
2. Kurang tidur juga penyebab utama membesarnya kantung mata. Jangan terlalu sering begadang yang bikin mata kamu tidak fresh. Usahakan untuk tetap mendapatkan porsi tidur yang cukup. Atasi sedini mungkin ketika matamu merasa terganggu. Pejamkan mata beberapa menit jika mata mulai terasa lelah atau perih.
3. Terapi 'hijau'. Terapi hijau adalah mengistirahatkan mata sejenak dengan memandangi tumbuh-tumbuhan hijau. Cara ini efektif untuk menyegarkan mata kita.
4. Hindari makanan yang mengandung lemak jenuh karena selain masuk ke tubuh, lemak itu juga bakal hinggap di kantung mata kamu. Perbanyak makanan berserat.
5. Ketika kamu lelah beraktifitas seharian, ada baiknya kamu berbaring sejenak untuk mengistirahatkan badanmu, sambil mengompres matamu dengan kapas yang dibasahi air dingin. Cara ini cukup bagus untuk kamu coba.
6. Atau kamu sibuk beraktifitas di luar rumah seharian. Berhadapan dengan komputer dan ruangan ber-Ac juga bisa bikin mata kamu tidak

sehat. Mau lebih praktisnya pakai saja tetes mata tears. Tetes mata ini berfungsi seperti air mata yang membersihkan dan menyegarkan mata.

7. Lakukan senam mata sebagai berikut, Gerakan-gerakannya:
- ~ Kepala tegak lurus ke depan. Arahkan pandangan mata ke atas (langit-langit), kemudian melihat ke lantai. Lakukan gerakan ini secara perlahan-lahan dan mantap 5-10 kali setiap hari.
 - ~ Gerakkan bola mata ke kiri dan ke kanan. Usahakan seperti ingin melihat telinga. Lakukan gerakan ini sebanyak 5-10 kali setiap harinya.
 - ~ Gerakkan bola mata ke atas. Tahan bola mata di atas. Kemudian gerakkan ke kiri atas dan ke kanan atas. Lakukan gerakan ini sebanyak 5-10 kali setiap hari.
 - ~ Gerakkan bola mata ke bawah dan tahan di bawah. Kemudian gerakkan bola mata ke kiri bawah dan ke kanan bawah. Lakukan gerakan ini sebanyak 5-10 kali setiap harinya.
 - ~ Gerakkan bola mata ke atas dan ke bawah pada sudut-sudut yang berlawanan (selang-seling), dimulai dari pojok kiri atas ke pojok kanan bawah. Lakukan gerakan ini sebanyak 5-10 kali setiap hari.
 - ~ Gerakkan bola mata seperti pada gerakan sebelumnya, tetapi dimulai dari pojok kiri bawah ke pojok kanan atas.
 - ~ Putar bola mata ke kiri searah jarum jam sebanyak 5-10 kali. Kemudian, putar bola mata ke kanan, berlawanan dengan arah jarum jam sebanyak 5-10 kali. Lakukan gerakan tadi sebanyak 5-10 kali. (catatan: pada ketika akan berganti di putaran ke kiri, hentikan dulu dan pejamkan mata selama 5-10 detik.)

B. Kacamata

Kacamata adalah sebuah lensa yang disangga oleh sebuah rangka yang digunakan untuk membantu penglihatan atau melindungi mata dan juga untuk gaya. Kacamata khusus digunakan untuk melihat gambar tiga-dimensi dari tampilan dua-dimensi.



Gambar : aneka macam kacamata

Sumber : Dokumen Penerbit, 2009

Kacamata modern biasanya memiliki alas di bagian hidung. Kacamata dahulu termasuk pince-nez, monocle, dan lorgnette.

Dahulunya lensa terbuat dari gelas, tetapi sekarang ini banyak terbuat dari berbagai macam plastik, termasuk CR-39 atau polycarbonate. Bahan tersebut dapat mengurangi bahaya pecahnya gelas dan beratnya gelas. Beberapa jenis plastik juga memiliki sifat optik yang lebih handal dari gelas, seperti penerusan cahaya tampak yang lebih baik dan penyerapan cahaya ultraviolet yang lebih baik.

1. Pemeriksaan mata

Pemeriksaan mata yang dilakukan di optik adalah pemeriksaan refraksi. Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui adanya kelainan refraksi seperti miopi, hipermetropi, astigmatisma, dan presbiopi, serta untuk menentukan besarnya kekuatan lensa koreksi yang diperlukan.

Ada 2 cara pemeriksaan yang dapat dilakukan yaitu secara subyektif dan obyektif.

- a. Pemeriksaan secara subyektif dilakukan dengan mempergunakan lensa dan frame percobaan serta obyek yang diletakkan pada jarak tertentu. obyek ini biasanya berupa huruf atau bentuk lainnya, disusun dalam beberapa baris dengan susunan makin ke bawah makin kecil.



Gambar : Peralatan pemeriksaan mata

Sumber : //www.e-alkes.com, 2009

2. Pemeriksaan secara obyektif dilakukan dengan mempergunakan peralatan otomatis. Operator hanya perlu mengikuti prosedur pengoperasian dan hasil pemeriksaan bisa diketahui dalam waktu singkat.



Gambar: Pemeriksaan mata secara obyektif

Sumber : fkunair99.blog.friendster.com, 2009

2. Resep kacamata

Resep kacamata adalah merupakan hasil dari pengukuran ketajaman penglihatan seseorang yang diperiksa berdasarkan ketetapan standar jarak pemeriksaan, besarnya hurup/obyek dan pencahayaan ruang pemeriksaan. Jadi apabila seseorang dalam pemeriksaan ketajaman penglihatan tidak normal, maka akan diperiksa seberapa besar koreksi yang diberikan dari setiap nilai kelainan refraksi atau pembiasan sinar yang masuk kedalam

mata. Contoh penulisan resepnya adalah R.-2.00 L.-3.00 -1.00 X 90 artinya mata kanan mempunyai nilai kelainan myopia sebesar spheris 2.00 D dan mata kiri mempunyai kelainan myopicus compositus sebesar spheris 3.00 cylinder 1.00 D dengan sumbu cylinder di posisi 90 derajat.

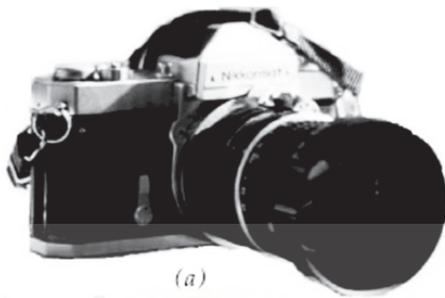
C Kamera

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat banyak orang memotret atau mengabadikan suatu kejadian-kejadian tertentu dengan cara memotret atau mengambil gambar-gambar tertentu, misalnya gambar orang, pemandangan, dan sebagainya. Alat yang digunakan untuk memotret disebut kamera.

1. Sejarah Perkembangan kamera

Pada tahun 1826, seorang penemu kamera dari Perancis Joseph Niepce berhasil membuat kamera nyata yang pertama. Kamera ini terdiri dari kotak kayu dengan sebuah lensa di depannya dan berhasil membuat gambar permanen pertama pada sebuah pelat logam. Orang yang difoto dengan kamera ini harus berpose selama 8 jam agar gambarnya dapat terekam pada pelat logam. Ilmuwan Perancis, Louis J. Mande Daguerre berhasil mengembangkan proses tersebut di atas dan berhasil membuat kamera praktis yang pertama. Sedang dengan kamera ini, orang yang difoto cukup berpose selama 30 menit agar gambarnya dapat terekam pada pelat tembaga.

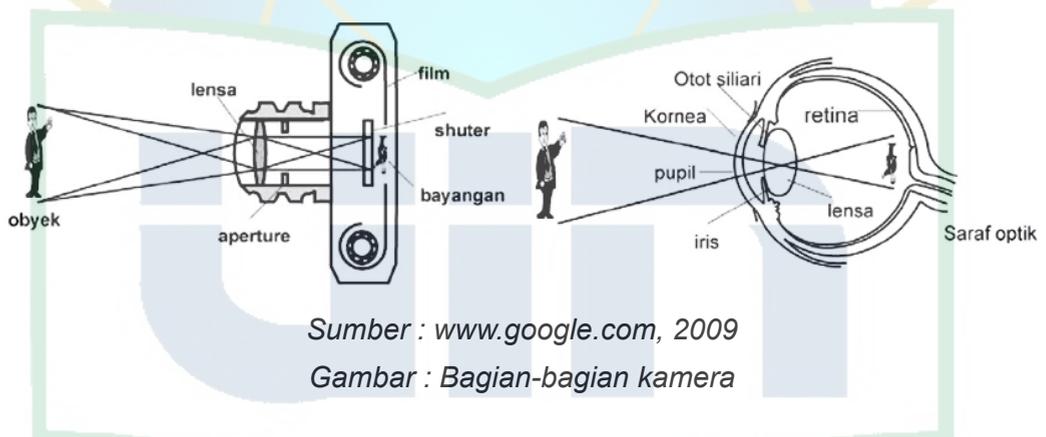
Pada tahun 1888, ilmuwan Amerika, George Eastman berhasil memproduksi kamera populer yang memiliki satu rol film yang dapat digunakan untuk mengambil 100 foto. Perkembangan saat ini, kamera dibedakan menjadi kamera dengan film dan kamera tanpa film (kamera digital).



Gambar : Kamera digital dan kamera konvensional

Sumber : www.digitalfunstuff.com, 2009

2. Bagian-bagian kamera



Sumber : www.google.com, 2009

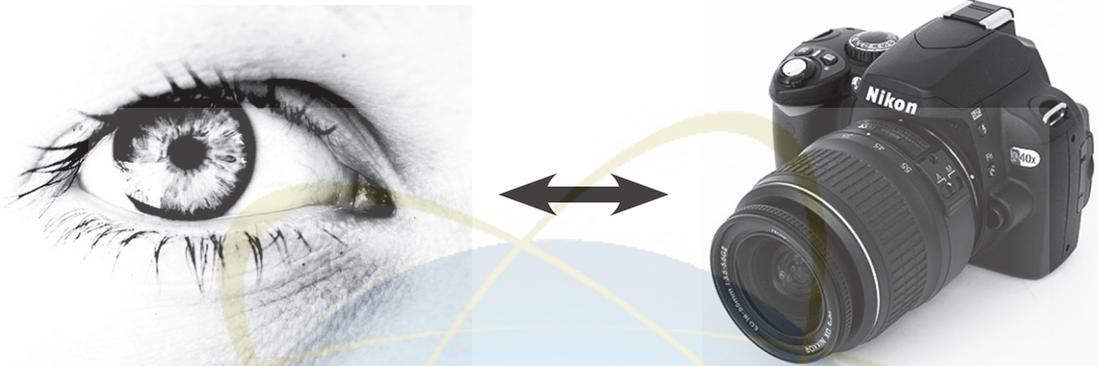
Gambar : Bagian-bagian kamera

Kamera terdiri atas beberapa bagian, antara lain, sebagai berikut.

1. Lensa cembung, berfungsi untuk membiaskan cahaya yang masuk sehingga terbentuk bayangan yang nyata, terbalik, dan diperkecil.
2. Diafragma, adalah lubang kecil yang dapat diatur lebarnya dan berfungsi untuk mengatur banyaknya cahaya yang masuk melalui lensa.
3. Apertur, berfungsi untuk mengatur besar-kecilnya diafragma.
4. Pelat film, berfungsi sebagai tempat bayangan dan menghasilkan gambar negatif, yaitu gambar yang berwarna tidak sama dengan aslinya, tembus cahaya.

3. Prinsip kerja kamera

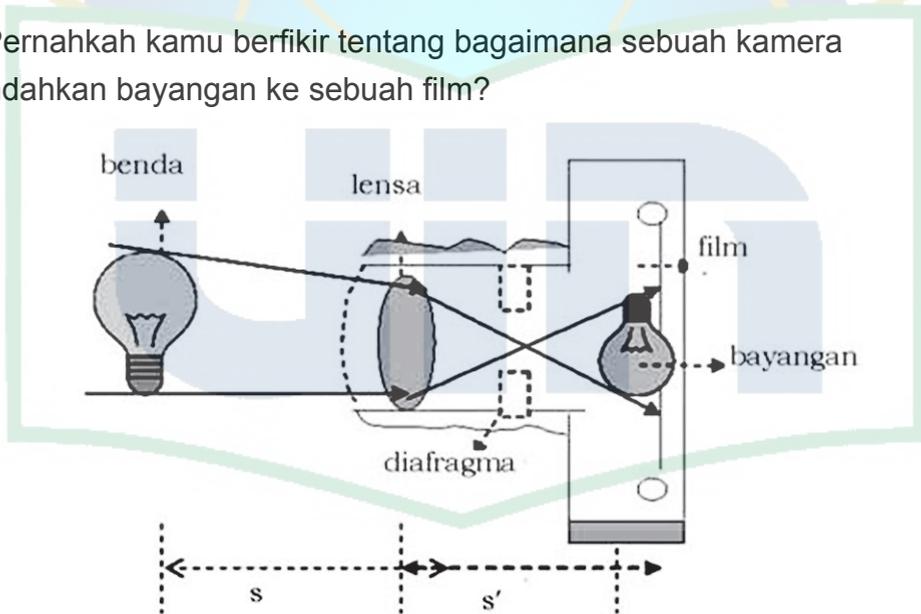
Tahukah kamu bahwa prinsip kerja kamera itu seperti mata?



Gambar : mata dan kamera mempunyai prinsip kerja yang sama

Sumber : www.google.com, 2009

Pernahkah kamu berfikir tentang bagaimana sebuah kamera memindahkan bayangan ke sebuah film?



Gambar : Prinsip kerja kamera

Sumber: Dokumen Penerbit, 2009

Prinsip kerja kamera ini hampir sama dengan mata. Ada perbedaan pokok antara mata dan kamera. Pada mata jarak fokusnya dapat berubah dengan mengatur ketegangan otot siliari agar bayangan terbentuk di retina.

Pada kamera letak bayangan dapat diatur dengan memvariasi jarak antara lensa dengan film agar bayangan terbentuk pada film tersebut.

Sebuah kamera mengumpulkan cahaya melalui sebuah lensa dan memproyeksikan bayangan pada film atau sensor yang peka terhadap cahaya. Pada saat kamu mengambil gambar suatu benda dengan sebuah kamera, cahaya dipantulkan dari benda tersebut dan masuk ke lensa kamera. Kamera memiliki diafragma dan pengatur cahaya (*shutter*) untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam lensa. Dengan jumlah cahaya yang tepat akan diperoleh foto atau gambar yang jelas. Sementara itu, untuk memperoleh foto yang tajam dan tidak kabur perlu mengatur fokus lensa. Cahaya yang melalui lensa kamera tersebut memfokuskan bayangan benda pada film foto. Bayangannya nyata, terbalik, dan lebih kecil daripada benda aslinya.

Untuk memperoleh hasil pemotretan yang bagus, lensa dapat Anda geser maju mundur sampai terbentuk bayangan paling jelas dengan jarak yang tepat, kemudian Anda tekan tombol shutter. Pelat film menggunakan pelat seluloid yang dilapisi dengan gelatin dan perak bromida untuk menghasilkan negatifnya. Setelah dicuci, negative tersebut dipakai untuk menghasilkan gambar positif (gambar asli) pada kertas foto. Kertas foto merupakan kertas yang ditutup dengan lapisan tipis kolodium yang dicampuri dengan perak klorida. Gambar yang ditimbulkan pada bidang transparan disebut gambar diapositif.

4. Jenis-jenis kamera

a. Kamera Konvensional

Kamera konvensional adalah alat perekam gambar. Arti dari kamera sebenarnya adalah kamar, maksudnya: kamar gelap, diambil dari bahasa Italia "**camera obscura**" yang artinya kamar gelap (*dark chamber*). Dan memang ruang dalam kamera itu sangat gelap. Sejarah penciptaan kamera sangat panjang dan melibatkan banyak penemuan dan penemu perintis.

Komponen utama kamera konvensional

Komponen utama kamera konvensional adalah : Photographic lens, lens holder, diaphragm, focal plane, shutters, photographic film, strap hole, shutter release, film speed scale, expose counter, viewfinder, flash socket, focus ring,

Pada awalnya kamera tidak menggunakan klise (negatif). Artinya citra gambar langsung direkam pada sebuah lempengan. Umumnya lempengan yang digunakan adalah kaca yang sudah dilapisi campuran yang sensitif terhadap cahaya. Campuran pertama yang digunakan adalah kapur dan perak. Tentu saja hasilnya sangat jauh berbeda dengan hasil pemotretan masa kini. Kodak kemudian berhasil menciptakan teknik pemotretan langsung di atas kertas walau masih belum menggunakan klise.

Kini teknik kamera konvensional (juga biasa disebut kamera analog, membedakan dari kamera digital) menggunakan film yang dibuat dari lembar plastik (selulosa) yang dilapisi emulsi garam perak halida yang sangat peka terhadap cahaya. Dan disimpan dalam tabung kedap cahaya.

Beda foto hitam putih dan foto berwarna adalah terletak pada film-nya. Film untuk foto hitam putih hanya terdiri satu lapis senyawa garam perak halida. Sedangkan film berwarna terdiri minimal 3 lapis. Dimana masing-masing lapis terdiri dari campuran (komposisi kimia) yang berbeda.

b. Kamera digital

Kamera digital merupakan salah satu alat perekam gambar yang sangat revolusioner dari segi teknologi cetak maupun teknik fotografi.

Kamera jenis ini merupakan kamera yang dapat bekerja tanpa menggunakan film. Si pemotret dapat dengan mudah menangkap suatu objek tanpa harus susah-susah membidiknya melalui jendela pandang karena kamera digital sebagian besar memang tidak memilikinya. Sebagai gantinya, kamera digital menggunakan sebuah layar LCD yang terpasang di belakang kamera. Lebar layar LCD pada setiap kamera digital berbeda-beda.

Sebagai media penyimpanan, kamera digital menggunakan internal memory ataupun external memory yang menggunakan memory card. Keberadaan kamera digital sangat membantu bagi seorang yang ingin bereksperimen untuk menghasilkan efek-efek fotografi selain efek yang dihasilkan oleh kamera efek-efek khusus dapat dibantu dengan mengolah gambar di komputer.



Gambar : Kamera Digital

Sumber : www.wikipedia.com, 2009

Prinsip kerja kamera digital

Prinsip kerja kamera digital mempunyai banyak kesamaan dengan kamera 35 mm, keduanya mempunyai lensa, lubang kecil untuk membidik, dan tombol untuk memotret. Pantulan cahaya objek diterima oleh lensa pada kamera sehingga objek terlihat di kamera. Lubang bidik dapat dibesarkan atau dikecilkan untuk pengendalian cahaya yang masuk ke kamera untuk menghasilkan gambar yang diinginkan sebagaimana kamera konvensional. Setelah gambar diambil selanjutnya gambar disimpan ke memory (alat menyimpan data) sebagai pengganti film.

Proses penangkapan gambar pada kamera digital dilakukan oleh dua jenis perangkat yang memiliki cara kerja yang berbeda: *Charge Couple Device* (CCD) dan *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS)

Resolusi gambar

Kamera digital memiliki resolusi standar yang bisa digunakan antara lain:

1. 256 X 256 piksel resolusi ini banyak dijumpai pada edisi awal kamera digital. Namun kualitas gambarnya tidak memenuhi standar cetak. Total piksel pada Resolusi ini adalah 65.000 piksel.
2. 640 X 480 piksel – resolusi ini adalah resolusi terendah untuk standar cetak kamera. Resolusi ini biasa digunakan untuk tampilan standar web

, baik digunakan pada homepage atau bahkan untuk saling berkirim melalui email. Total pada resolusi ini adalah 307.000 piksel.

3. 1.216 X 912 piksel – resolusi ini adalah resolusi standar terendah dari megapiksel. Resolusi ini cukup bagus untuk dicetak dalam format standar. Total piksel pada resolusi ini adalah 1.109.000 piksel.
4. 1.600 X 1.200 piksel – resolusi ini memiliki jumlah piksel hampir 2.000.000 piksel. Dengan resolusi tersebut anda bisa mencetak dengan ukuran 10R. Resolusi kamera digital saat ini sudah melampaui 10.000.000 piksel.

Standar resolusi yang layak untuk ukuran cetak tertentu yaitu ” KODAK” yang mengeluarkan tabel rekomendasi resolusi minimum untuk cetak standar foto, seperti pada tabel di bawah ini.

Ukuran cetak	Megapiksel	Resolusi Minimum	Ukuran cetak	Megapiksel	Resolusi Minimum
Wallet		0,3	640 x 480 piksel		
4 x 5 inci	0,4	768 x 512 piksel			
5 x 7 inci	0,8	1152 x 768 piksel			
8 x 10 inci	1,6	1536 x 1024 piksel			

Media penyimpanan Data

Media penyimpanan data pada kamera digital mirip dengan film pada kamera konvensional, perbedaannya hanyalah :

1. Bisa dihapus dan digunakan kembali
2. Bersifat removable atau bisa dilepas pasang kembali pada kamera
3. Bisa ditansfer langsung dari media penyimpanan data ke komputer tanpa menggunakan kamera digital

Karena kebutuhan kualitas gambar yang tinggi menyebabkan file yang tersimpan pada media penyimpanan menjadi besar, maka produsen kamera digital memberikan dua metode penyimpanan data , yaitu :

1. Media removable yang memungkinkan pengguna melepas media yang sudah terisi penuh dan mengganti dengan media yang kosong.
2. Menyediakan metode kompresi gambar yang bertingkat . Kompresi bertingkat tersebut memiliki konsekuensi , yaitu semakin kompleks kompresi, semakin buruk kualitas gambar yang disimpan.

Media penyimpanan data sangat beragam yaitu :

1. PCMCIA Card



2. Compact Flash



3. Smartmedia



4. Sony memorystick



Gambar : 1. PCMCIA Card, 2. Compact Flash, 3. Smartmedia, 4. Sony memorystick

Sumber : www.google.com, 2009

C. Lup (kaca pembesar)

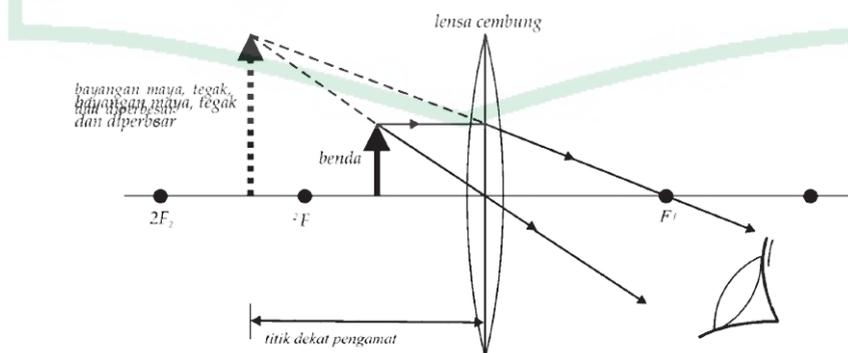
Kaca pembesar atau lup digunakan untuk melihat benda kecil yang tidak bisa dilihat dengan mata secara langsung. Lup menggunakan sebuah lensa cembung atau lensa positif untuk memperbesar objek menjadi bayangan sehingga dapat dilihat dengan jelas. Bayangan yang dibentuk oleh lup bersifat maya, tegak, dan diperbesar.

Lup (kaca pembesar) dipakai untuk melihat benda-benda kecil agar tampak lebih besar dan jelas. Oleh tukang arloji, lup dipakai agar bagian jam yang diperbaikinya kelihatan lebih besar dan jelas. Oleh siswa saat praktikum biologi, lup dipakai untuk mengamati bagian hewan atau tumbuhan agar kelihatan besar dan jelas.

Untuk mendapatkan bayangan semacam ini objek harus berada di depan lensa dan terletak diantara titik pusat O dan titik fokus F lensa. Untuk menghasilkan bayangan yang diinginkan, lup dapat digunakan dalam dua macam cara, yaitu dengan mata berakomodasi maksimum dan dengan mata tidak berakomodasi.

1. Lup dengan mata berakomodasi

Agar mata dapat melihat dengan berakomodasi maksimum, maka bayangan yang dibentuk oleh lensa harus berada di titik dekat mata (PP). Benda yang dilihat harus terletak antara titik fokus dan titik pusat sumbu lensa. Perhatikan Gambar di bawah !



Gambar : Titik fokus dan titik pusat sumbu lensa

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

Kelemahannya untuk pengamatan lama mata cepat lelah, sedangkan keuntungannya dari segi perbesaran bertambah.

Sifat bayangan yang dihasilkan maya, tegak dan diperbesar. Perbesaran angular yang didapatkan adalah :

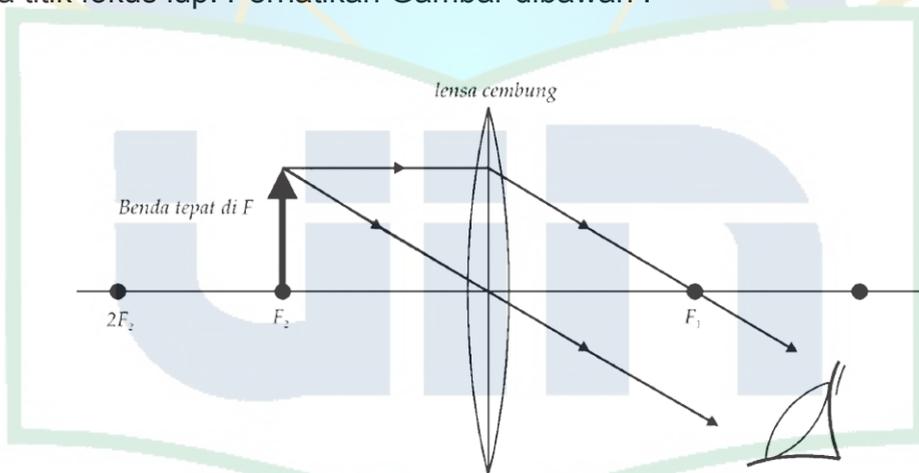
$$M = PP/f + 1$$

Keterangan :

- M = perbesaran lup
- PP = titik dekat mata
- f = jarak titik fokus lensa

2. *Lup dengan mata tak berakomodasi*

Untuk melihat tanpa berakomodasi maka lup harus membentuk bayangan di jauh tak berhingga. Benda yang dilihat harus diletakkan tepat pada titik fokus lup. Perhatikan Gambar dibawah !



Gambar : Bayangan jauh tak terhingga

Sumber: Dokumen Penulis, 2009

Keuntungannya adalah untuk pengamatan lama mata tidak cepat lelah, sedangkan kelemahannya dari segi perbesaran berkurang. Sifat bayangan yang dihasilkan maya, tegak dan diperbesar.

Perbesaran angular yang didapatkan adalah :

$$M = PP/f$$

Keterangan :

M = perbesaran lup

PP = titik dekat mata

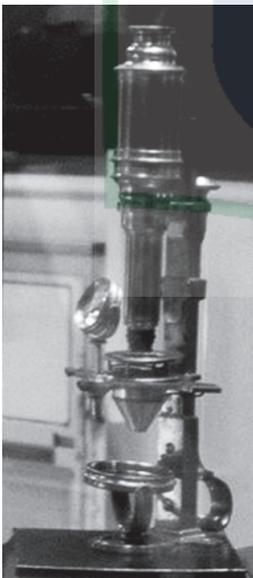
f = jarak titik fokus lensa

D. Mikroskop

Penggunaan lup untuk mengamati benda-benda kecil ada batasnya. Jika kita menggunakan lup yang berjarak fokus kecil untuk mendapatkan perbesaran yang lebih besar, bayangan yang diperoleh tidak sempurna. Untuk itu, diperlukan mikroskop.

Mikroskop (bahasa Yunani: micron = kecil dan scopos = tujuan) adalah sebuah alat untuk melihat obyek yang terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang. Ilmu yang mempelajari benda kecil dengan menggunakan alat ini disebut mikroskopi, dan kata mikroskopik berarti sangat kecil, tidak mudah terlihat oleh mata.

Dengan memakai mikroskop kita dapat mengamati benda atau hewan renik, seperti bakteri dan virus yang tidak dapat dilihat mata secara langsung ataupun dengan memakai lup. Jenis mikroskop mutakhir yang sudah dibuat manusia adalah mikroskop elektron..



Gambar : Mikroskop Compound dibuat oleh John Cuff pada 1750

Sumber : [www. google.com](http://www.google.com), 2009

1. *Bagian-bagian mikroskop*

Ada dua bagian utama yang umumnya menyusun mikroskop, yaitu:

1. Bagian optik, yang terdiri dari kondensor, lensa objektif, dan lensa okuler.
2. Bagian non-optik, yang terdiri dari kaki dan lengan mikroskop, diafragma, meja objek, pemutar halus dan kasar, penjepit kaca objek, dan sumber cahaya.

2. *Jenis-jenis mikroskop*

Jenis paling umum dari mikroskop, dan yang pertama diciptakan adalah mikroskop optis. Mikroskop ini merupakan alat optik yang terdiri dari satu atau lebih lensa yang memproduksi gambar yang diperbesar dari sebuah benda yang ditaruh di bidang fokal dari lensa tersebut.

Berdasarkan sumber cahayanya, mikroskop dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. Mikroskop cahaya, dan
- b. Mikroskop elektron.

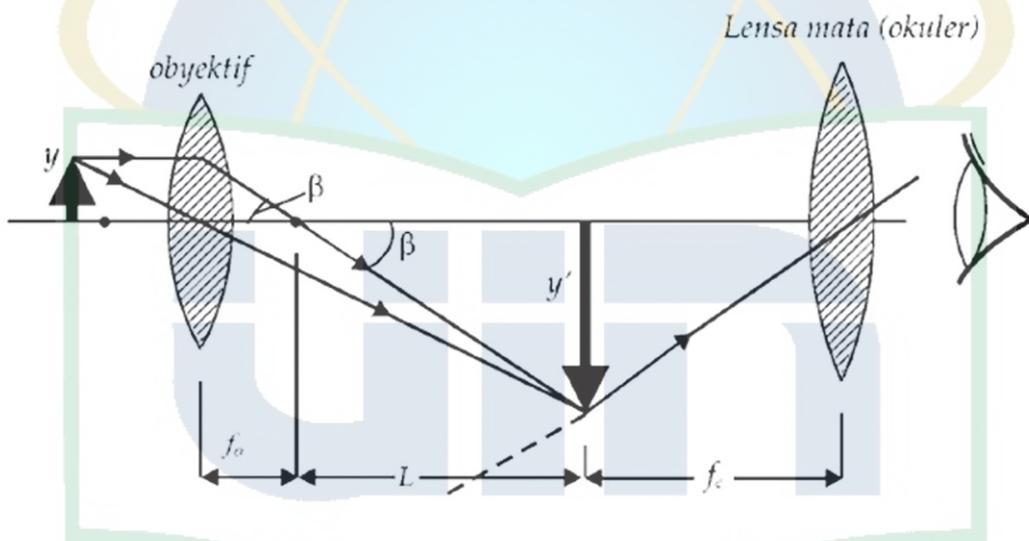
Mikroskop cahaya sendiri dibagi lagi menjadi dua kelompok besar, yaitu berdasarkan kegiatan pengamatan dan kerumitan kegiatan pengamatan yang dilakukan. Berdasarkan kegiatan pengamatannya, mikroskop cahaya dibedakan menjadi mikroskop diseksi untuk mengamati bagian permukaan dan mikroskop monokuler dan binokuler untuk mengamati bagian dalam sel. Mikroskop monokuler merupakan mikroskop yang hanya memiliki 1 lensa okuler dan binokuler memiliki 2 lensa okuler.

Mikroskop elektron adalah sebuah mikroskop yang mampu untuk melakukan pembesaran objek sampai 2 juta kali, yang menggunakan elektrostatik dan elektro magnetik untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar serta memiliki kemampuan pembesaran objek serta resolusi yang jauh lebih bagus daripada mikroskop cahaya. Mikroskop elektron ini menggunakan jauh lebih banyak energi dan radiasi elektromagnetik yang lebih pendek dibandingkan mikroskop cahaya.

Berdasarkan kerumitan kegiatan pengamatan yang dilakukan, mikroskop dibagi menjadi 2 bagian, yaitu mikroskop sederhana (yang umumnya digunakan pelajar) dan mikroskop riset (mikroskop dark-field, fluoresens, fase kontras, Nomarski DIC, dan konfokal).

3. Sifat bayangan mikroskop

Baik lensa objektif maupun lensa okuler keduanya merupakan lensa cembung. Secara garis besar lensa objektif menghasilkan suatu bayangan sementara yang mempunyai sifat semu, terbalik, dan diperbesar terhadap posisi benda mula-mula, lalu yang menentukan sifat bayangan akhir selanjutnya adalah lensa okuler. Pada mikroskop cahaya, bayangan akhir mempunyai sifat yang sama seperti bayangan sementara, semu, terbalik, dan lebih lagi diperbesar. Pada mikroskop elektron bayangan akhir mempunyai sifat yang sama seperti gambar benda nyata, sejajar, dan diperbesar. Jika seseorang yang menggunakan mikroskop cahaya meletakkan huruf A di bawah mikroskop, maka yang ia lihat adalah huruf A yang terbalik dan diperbesar.



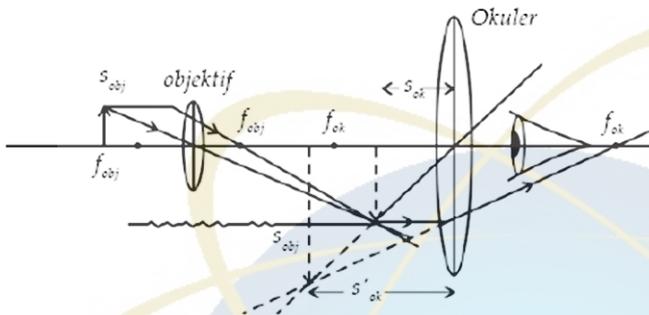
Gambar : Dasar kerja mikroskop

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

Obyek atau benda yang diamati harus diletakkan di antara F_{ob} dan $2F_{ob}$, sehingga lensa obyektif membentuk bayangan nyata, terbalik dan diperbesar. Bayangan yang dibentuk lensa obyektif merupakan benda bagi lensa okuler. Lensa okuler berperan seperti lup yang dapat diatur/digeser-geser sehingga mata dapat mengamati dengan cara berakomodasi atau tidak berakomodasi.

Pengamatan dengan akomodasi maksimum

Untuk pengamatan dengan akomodasi maksimum, maka bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler harus jatuh pada titik dekat mata (PP). Perhatikan gambar !



Gambar : Pengamatan dengan mata berakomodasi maksimum

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

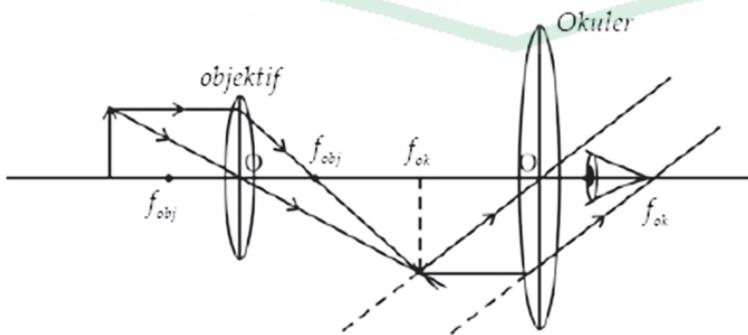
Perbesaran yang diperoleh adalah merupakan perbesaran oleh lensa obyektif dan lensa okuler yaitu:

$$M = M_{obj} \times M_{ok}$$

$$M = (s_i/s_o) \times (PP/f_{okuler} + 1)$$

Pengamatan dengan mata tidak berakomodasi

Untuk pengamatan dengan mata tidak berakomodasi, maka bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler harus berada pada titik jauh mata. Perhatikan gambar !



Gambar : pengamatan dengan mata tidak berakomodasi maksimum

Sumber : Dokumen Penulis, 2009

Perbesaran yang diperoleh adalah merupakan perbesaran oleh lensa obyektif dan lensa okuler yaitu:

$$M = M_{oby} \times M_{ok}$$

$$M = (S_i/S_o) \times (PP/f_{okuler})$$

Panjang Mikroskop

Panjang mikroskop adalah jarak lensa obyektif terhadap lensa okuler dirumuskan :

Untuk mata berakomodasi

$$d = S_i (ob) + S_o (ok)$$

Keterangan :

- d = panjang mikroskop
- $S_i (ob)$ = jarak bayangan lensa obyektif
- $S_o (ok)$ = jarak benda lensa okuler

Untuk mata tidak berakomodasi

$$d = S_i (ob) + f (ok)$$

Keterangan :

- d = panjang mikroskop
- $S_i (ob)$ = jarak bayangan lensa obyektif
- f (ok) = jarak fokus lensa okuler

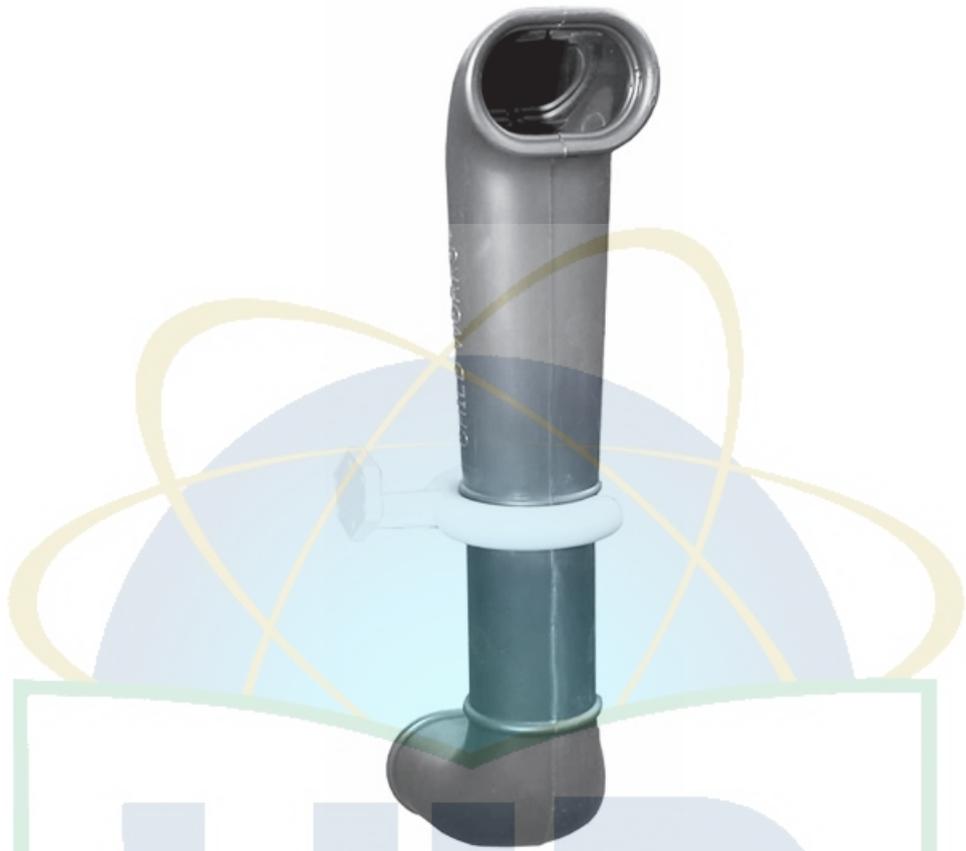
4. *Pembesaran mikroskop*

Tujuan mikroskop cahaya dan elektron adalah menghasilkan bayangan dari benda yang dimikroskop lebih besar. Pembesaran ini tergantung pada berbagai faktor, diantaranya titik fokus kedua lensa(obyektif f_1 dan okuler f_2 , panjang tubulus atau jarak(t) lensa obyektif terhadap lensa okuler dan yang ketiga adalah jarak pandang mata normal (sn). Rumus:

$$V_m = \frac{t \cdot sn}{f_1 \cdot f_2}$$

E. Periskop

Periskop adalah teropong pada kapal selam yang digunakan untuk mengamati benda-benda di permukaan laut.



Gambar : Periskop

Sumber : [www. google.com](http://www.google.com), 2009

Periskop terdiri atas 2 lensa cembung dan 2 prisma siku-siku sama kaki. Jalannya sinar pada periskop adalah sebagai berikut.

1. Sinar sejajar dari benda yang jauh menuju ke lensa obyektif.
2. Prisma P1 memantulkan sinar dari lensa objektif menuju ke prisma P2.
3. Oleh prisma P2 sinar tersebut dipantulkan lagi dan bersilangan di depan lensa okuler tepat di titik fokus lensa okuler.

F. Teropong (Teleskop)

Teropong atau teleskop adalah alat yang digunakan untuk melihat benda-benda yang jauh agar tampak lebih jelas dan dekat. Dengan cara mengumpulkan radiasi elektromagnetik dan sekaligus membentuk citra dari benda yang diamati. Teleskop merupakan alat paling penting di dalam ilmu astronomi. Teleskop dapat memperbesar ukuran sudut benda, dan juga kecerahannya.

Dengan sebuah teleskop yang baik, kamu dapat melihat kawah dan ciri-ciri lain di permukaan bulan secara jelas. Teleskop dirancang untuk mengumpulkan cahaya dari benda-benda yang jauh. Sekarang banyak informasi yang dapat kita peroleh tentang bulan, planet, galaksi, dan benda angkasa lainnya melalui teleskop. Sekitar tahun 1600, pembuat lensa di Belanda membangun sebuah teleskop untuk mengamati benda-benda yang jauh.

1. Sejarah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pengamatan pada lima abad lalu membawa manusia untuk memahami benda-benda langit terbebas dari selubung mitologi.

Galileo Galilei (1564-1642) diakui menjadi yang pertama dalam menggunakan teleskop untuk maksud astronomis. Pada tahun 1609 Galileo membangun dan menggunakan teleskop sendiri. Galileo dengan teleskop refraktornya mampu menjadikan mata manusia “lebih tajam” dalam mengamati benda langit yang tidak bisa diamati melalui mata telanjang. Galileo dengan teleskopnya berhasil menemukan bulannya Jupiter, fase-fase Venus, dan beberapa seluk beluk galaksi Milky Way.

Teleskop Galileo terus disempurnakan oleh ilmuwan lain seperti Christian Huygens (1629-1695) yang menemukan Titan, satelit Saturnus, yang berada hampir 2 kali jarak orbit Bumi-Yupiter. Perkembangan teleskop juga diimbangi pula dengan perkembangan perhitungan gerak benda-benda langit dan hubungan satu dengan yang lain melalui Johannes Kepler (1571-1630) dengan Hukum Kepler. Dan puncaknya, Sir Isaac Newton (1642-1727) dengan hukum gravitasi. Dengan dua teori perhitungan inilah yang memungkinkan pencarian dan perhitungan benda-benda langit selanjutnya .

Pada awalnya teleskop dibuat hanya dalam rentang panjang gelombang tampak saja (seperti yang dibuat oleh Galileo, Newton, Foucolt, Hale, Meinel, dan lainnya), kemudian berkembang ke panjang gelombang radio setelah tahun 1945, dan kini teleskop meliputi seluruh spektrum elektromagnetik setelah makin majunya penjelajahan angkasa setelah tahun 1960. Sekarang para ilmuwan menggunakan beberapa jenis teleskop dengan berbagai perbaikan rancangan.

Pernahkah kamu melihat bulan melalui teleskop?

2. *Jenis-jenis teleskop*

Ditinjau dari objeknya, teropong dibedakan menjadi dua, yaitu teropong bintang dan teropong medan.

A. Teropong bintang

Bintang-bintang di langit yang letaknya sangat jauh tidak dapat dilihat secara langsung oleh mata. Teropong atau teleskop dapat digunakan untuk melihat bintang atau objek yang letaknya sangat jauh.

Teropong terdiri atas dua lensa cembung, sebagaimana mikroskop. Pada teropong jarak fokus lensa objektif lebih besar daripada jarak fokus lensa okuler ($f_{ob} > f_{ok}$). Teropong digunakan dengan mata tidak berakomodasi agar tidak cepat lelah karena teropong digunakan untuk mengamati bintang selama berjam-jam.

Teropong bintang disebut juga teropong astronomi.

- ~ terdiri dari 2 buah lensa cembung.
- ~ jarak fokus lensa obyektif lebih besar dari jarak fokus lensa okuler.

Cara Kerja Teropong

Obyek benda yang diamati berada di tempat yang jauh tak terhingga, berkas cahaya datang berupa sinar-sinar yang sejajar. Lensa obyektif berupa lensa cembung membentuk bayangan yang bersifat nyata, diperkecil dan terbalik berada pada titik fokus.

Bayangan yang dibentuk lensa obyektif menjadi benda bagi lensa okuler yang jatuh tepat pada titik fokus lensa okuler.

Penggunaan dengan mata tidak berakomodasi

Untuk penggunaan dengan mata tidak berkomodasi, bayangan yang dihasilkan oleh lensa obyektif jatuh di titik fokus lensa okuler.

Perbesaran anguler yang diperoleh adalah :

$$M = f(\text{ob}) / f(\text{ok})$$

Panjang teropong adalah :

$$M = f(\text{ob}) + f(\text{ok})$$

Penggunaan dengan mata berkomodasi maksimal

Untuk penggunaan dengan mata berkomodasi maksimal bayangan yang dihasilkan oleh lensa obyektif jatuh diantara titik pusat bidang lensa dan titik fokus lensa okuler.

Perbesaran anguler dapat diturunkan sama dengan penalaran pada pengamatan tanpa berakomodasi dan didapatkan :

$$M = f(\text{ob}) / S_o(\text{ok})$$

Panjang teropong adalah :

$$M = f(\text{ob}) + S_o(\text{ok})$$

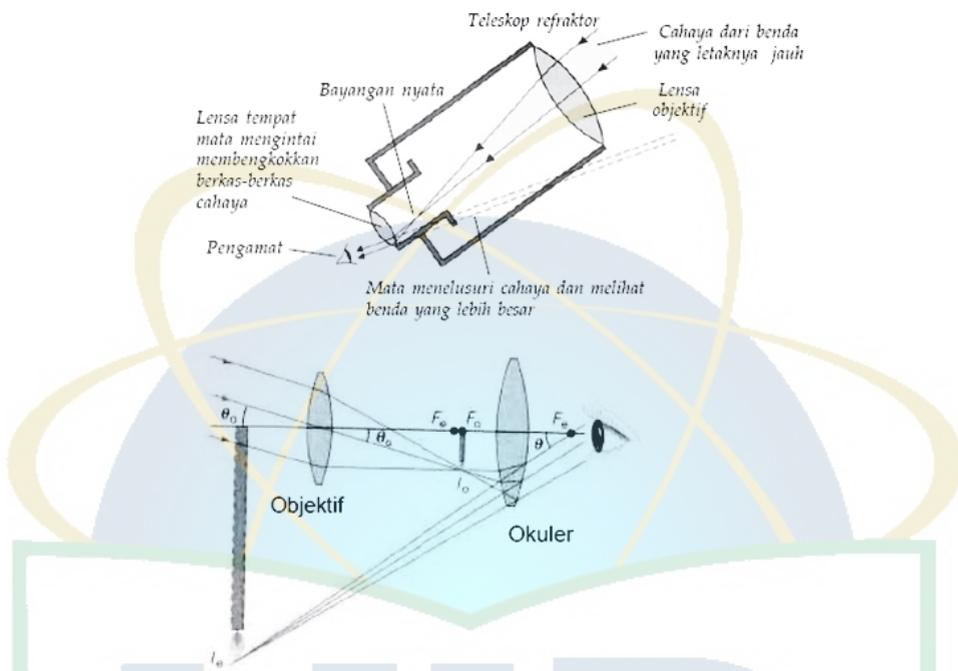
Teropong bintang adalah teropong yang digunakan untuk melihat atau mengamati benda-benda langit, seperti bintang, planet, dan satelit. Nama lain teropong bintang adalah teropong astronomi. Ditinjau dari jalannya sinar, teropong bintang dibedakan menjadi dua, yaitu teropong bias dan teropong pantul.

1). Teleskop Bias

Teleskop yang umum digunakan adalah teleskop bias. Sebuah teleskop bias sederhana menggunakan dua buah lensa untuk mengumpulkan dan memfokuskan cahaya dari benda-benda jauh. Sinar yang masuk ke dalam teropong dibiaskan oleh lensa. Oleh karena itu, teropong ini disebut teropong bias.

Benda yang diamati terletak di titik jauh tak hingga, sehingga bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif tepat berada pada titik fokusnya. Bayangan yang dibentuk lensa objektif merupakan benda bagi lensa okuler. Lensa okuler berfungsi sebagai lup. Lensa objektif mempunyai fokus lebih panjang daripada lensa okuler (lensa okuler lebih kuat daripada lensa objektif). Hal ini

dimaksudkan agar diperoleh bayangan yang jelas dan besar. Bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif selalu bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil.



Gambar : Penampang Teleskop dan Bayangan Lensa Okuler

Sumber: www.google.com, 2009

Bayangan yang dibentuk lensa okuler bersifat maya, terbalik, dan diperkecil terhadap benda yang diamati. Seperti pada mikroskop, teropong bintang juga dapat digunakan dengan mata berakomodasi maksimum dan dengan mata tak berakomodasi.

Komponen utama jenis teleskop ini adalah lensa objektif dan lensa okuler. Lensa objektif tersebut merupakan sebuah lensa cembung besar dengan panjang fokus panjang, dan lensa okuler yang dapat digerakkan dan memiliki panjang fokus yang relatif pendek. Sinar-sinar dari suatu objek jauh pada dasarnya paralel dan membentuk suatu bayangan (I_0) pada titik fokus objektif (F_o). Bayangan ini bertindak sebagai suatu objek untuk okuler, yang digerakkan sedemikian rupa sehingga bayangan tersebut tepat jatuh di dekat dan di dalam titik fokusnya (F_e). Suatu bayangan yang besar, terbalik, dan maya (I_e) terlihat oleh pengamat. Ada beberapa

masalah berhubungan dengan teleskop bias. Lensa objektif harus lebih besar agar memungkinkan masuknya cahaya yang cukup banyak untuk membentuk bayangan yang terang. Lensa kaca yang berat ini sulit dibuat dan mahal. Berat lensa itu sendiri dapat menyebabkan lensa itu melengkung dan bayangan menjadi rusak.

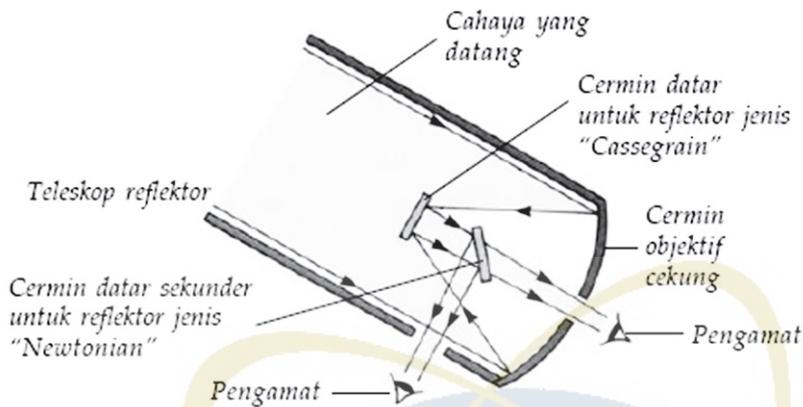
Cahaya masuk ke teleskop bias melalui sebuah lensa cembung yang disebut dengan lensa objektif. Bayangan nyata yang dibentuk oleh lensa ini diperbesar oleh lensa cembung kedua yang disebut dengan lensa okuler dengan panjang fokus yang lebih pendek. Kamu melihat bayangan diperbesar, terbalik, dan maya dari bayangan nyata.

Cahaya masuk ke teleskop pantul dan dipantulkan oleh cermin cekung ke cermin datar, cermin datar memantulkan sinar dan menghasilkan bayangan nyata terbalik dalam teleskop. Lensa okuler kemudian memperbesar bayangan ini.

2). *Teropong pantul astronomi*

Teropong pantul terdiri dari sebuah cermin cekung berjarak fokus besar sebagai cermin objektif, sebuah lensa cembung sebagai lensa okuler dan sebuah cermin datar sebagai pembelok arah cahaya dari cermin objektif ke lensa okuler.

Karena adanya permasalahan seperti yang telah dijelaskan pada teleskop bias tersebut, kebanyakan teleskop besar adalah teleskop pantul. Teleskop pantul menggunakan sebuah cermin cekung, sebuah cermin datar, dan sebuah lensa cembung untuk mengumpulkan dan memfokuskan cahaya dari benda jauh. Kadang-kadang kamu ingin melihat benda-benda jauh sedemikian rupa sehingga kelihatan tegak. Bayangkan seandainya kamu menonton pertandingan baseball melalui teropong jika bayangannya terbalik. Prinsip kerja teropong sama dengan teleskop pantul, kecuali ada dua set lensa yang dipasang, yaitu satu buah untuk tiap mata. Lensa ketiga atau sepasang prisma pemantul ditambahkan pada teropong untuk membalikkan bayangan yang terbalik agar kelihatan tegak. Teropong Bumi seperti yang digunakan untuk mengamati burung juga dirancang untuk menghasilkan bayangan yang tegak.



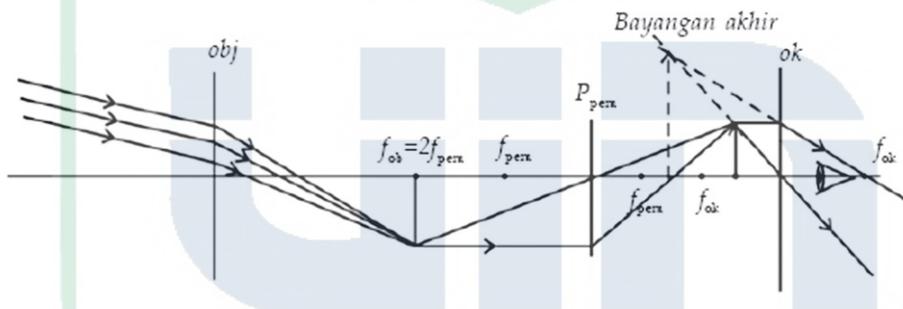
Gambar : Penampang Teropong pantul astronomi

Sumber : www.google.com, 2009

B. Teropong Bumi

Teropong bumi disebut juga teropong medan. Terdiri dari 3 buah lensa cembung yaitu lensa obyektif, lensa okuler dan lensa pembalik.

Cara Kerja Teropong Bumi :



Gambar : Cara kerja teropong Bumi

Sumber : www.google.com, 2009

Lensa obyektif membentuk bayangan bersifat nyata, terbalik dan diperkecil yang jatuh pada f_{ob} .

Bayangan dibentuk oleh lensa obyektif menjadi benda bagi lensa pembalik jatuh pada jarak $2f$ pembalik sehingga terbentuk bayangan pada jarak $2f$ pembalik juga yang bersifat nyata, terbalik, dan sama besar .

Dengan adanya lensa pembalik panjang teropong dirumuskan menjadi :

$$d = f (ob) + 4f (pembalik) + f (ok)$$

Lensa pembalik berfungsi untuk membalikkan arah cahaya sebelum

melewati lensa okuler, lensa okuler berfungsi seperti lup membentuk bayangan bersifat maya, tegak, dan diperbesar.

Adanya lensa pembalik tidak mempengaruhi perbesaran akhir, bayangan akhir bersifat maya, tegak dan diperbesar dengan perbesaran :

$$M = d = f (ob) / f (ok)$$

Jenis teleskop (biasanya optik) yang dipakai untuk maksud bukan astronomis antara lain adalah transit, monokular, binokular, lensa kamera, atau keker.

C. Teropong prisma (binokuler)

Teropong prisma terdiri atas dua pasang lensa cembung (sebagai lensa objektif dan lensa okuler) dan dua pasang prisma kaca siku-siku samakaki. Sepasang prisma yang diletakkan berhadapan, berfungsi untuk membelokkan arah cahaya dan membalikkan bayangan.

Bayangan yang dibentuk lensa objektif bersifat nyata, diperkecil, dan terbalik. Bayangan nyata dari lensa objektif menjadi benda bagi lensa okuler. Sebelum dilihat dengan lensa okuler, bayangan ini dibalikkan oleh sepasang prisma siku-siku sehingga bayangan akhir dilihat maya, tegak, dan diperbesar. Perbesaran bayangan yang diperoleh dengan memakai teropong prisma sama dengan teropong bumi. Beberapa keuntungan praktis dari teropong prisma dibandingkan teropong yang lain :

1. Menghasilkan bayangan yang terang, karena berkas cahaya dipantulkan sempurna oleh bidang-bidang prisma.
2. Dapat dibuat pendek sekali, karena sinarnya bolak-balik 3 kali melalui jarak yang sama (dipantulkan 4 kali oleh dua prisma).
3. Daya stereoskopis diperbesar, dua mata melihat secara bersamaan
4. Dengan adanya prisma arah cahaya telah dibalikkan sehingga terlihat bayangan akhir bersifat maya, diperbesar dan tegak.

D. Teropong panggung

Teropong panggung terdiri dari dua lensa, yaitu :

- ~ lensa obyektif berupa lensa cembung
- ~ lensa okuler berupa lensa cekung

Dasar kerja dari teropong panggung

Sinar-sinar sejajar yang masuk ke lensa obyektif membentuk bayangan tepat di titik fokus lensa obyektif. Bayangan ini akan berfungsi sebagai benda maya bagi lensa okuler. Oleh lensa okuler dibentuk bayangan yang dapat dilihat oleh mata. Perlu diketahui bahwa bayangan yang dibentuk lensa okuler adalah tegak.

Kalian telah mempelajari teleskop. Lakukan sesuatu dengan memanfaatkan pemahaman tentang teleskop tersebut guna memberikan fasilitas kepada masyarakat luas, misalnya pengamatan aktivitas gunung Merapi.

Penerapan alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari

1. Penerapan Alat Optik Mata

Orang dapat melihat segala keindahan di dunia ini dengan menggunakan alat optik mata. Penggunaan alat optik mata untuk melihat.

2. Penerapan Alat Optik Kamera

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menjumpai orang mengabadikan suatu peristiwa dengan cara mengambil gambar peristiwa tersebut. Pengambilan gambar dilakukan dengan alat optik kamera. Kamera yang digunakan untuk mengambil gambar bisa kamera dengan film atau kamera tanpa film (digital).

3. Penerapan Alat Optik Lup

penerapan lup (Kaca Pembesar) dalam Kehidupan Sehari-hari Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat orang sedang memperbaiki komputer dengan menggunakan alat optik lup (kaca pembesar) untuk melihat komponen elektronik yang kecil-kecil itu. Alat ini sering digunakan untuk melihat tulisan atau gambar yang kecil.

4. Penerapan Alat Optik Mikroskop

Pada penelitian dalam bidang biologi, farmasi, medis, dan sebagainya, sering digunakan mikroskop untuk mengamati benda-benda yang tidak mungkin dapat dilihat dengan mata telanjang.

5. Penerapan Alat Optik Teleskop

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat orang yang berekreasi membawa teleskop (teropong). Alat ini sering digunakan untuk melihat pemandangan yang jauh agar tampak lebih dekat.

Aplikasi-aplikasi di atas adalah yang umum kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Sebenarnya ada ilmu yang khusus yang mempelajari aplikasi dari optik ilmu tersebut adalah rekayasa optik.

Ahli rekayasa optik mendesain komponen dari instrumen optik seperti lensa, mikroskop, teleskop, dan peralatan lainnya yang mendukung sifat cahaya. Peralatan lain meliputi sensor optik dan sistem pengukuran, laser, sistem komunikasi fiber optik, sistem cakram optik (CD, DVD, dll), dan sebagainya.

Sejak ahli rekayasa ingin mendesain dan membangun alat yang membuat cahaya menjadi sesuatu yang berguna, mereka harus mengerti dan mengaplikasikan sains optik secara detil, bertujuan untuk mengetahui apa kemungkinan fisis yang akan dicapai (fisika dan kimia). Namun, mereka juga harus mengerti apa yang bisa dipraktikkan dengan teknologi, material, biaya, metode desain, dan sebagainya yang tersedia. Sama seperti bidang ilmu rekayasa lainnya, komputer penting bagi sebagian besar ahli rekayasa optik. Komputer digunakan bersama dengan instrumen optik, simulasi, desain, dan untuk aplikasi lainnya. Mereka sering menggunakan software optik khusus yang dibuat secara spesifik sesuai bidang mereka.

Daftar Pustaka

- Arthur Schuster, *An Introduction to the Theory of Optiks*, London: Edward Arnold, 1904 online.
- Born, Max; Wolf, Emil. *Principles of Optiks* (7th ed.). Pergamon Press, 1999.
- Driggers, Ronald G. (ed.) (2003). *Encyclopedia of Optikal Engineering*. New York: Marcel Dekker.
- D. Brewster (1831). *A Treatise on Optiks*. Longman, Rees, Orme, Brown & Green and John Taylor.
- D. H. Delphenich (2006). "Nonlinear optikal analogies in quantum electrody namics". ArXiv preprint.
- Dietrich Zawischa. *Optikal effects on spider webs*. Diakses pada 21 September 2007
- George Sarton, *Introduction to the History of Science*, Vol. 1, p. 710.
- Hecht, Eugene (2001). *Optiks* (4th ed.). Pearson Education.
- Feynman, RP (1963). *Lectures on Physics Volume II*. Addison-Wesley,
- Henderson, T Lesson 2: *The Mathematics of Refraction*. The Physics Classroom Tutorial. Diakses pada 21 Agustus 2009
- J. E. Greivenkamp (2004). *Field Guide to Geometrical Optiks*. SPIE Field Na rinder Kumar (2008). *Comprehensive Physics XII*. Laxmi Publications.

Glosarium

Aperture	: Diameter Lensa
Bintik buta	: Bagian yang dilewati urat saraf optik tidak peka terhadap sinar
Cairan vitreus	: Cairan pada mata seperti agar-agar airts
Daya akomodasi mata	: Penyesuaian mata untuk menerima bayangan yang jelas dari objek yg berbeda
Kornea	: Selaput mata yg tembus cahaya yg terdapat di bagian depan mata; selaput bening mata
Koroid	: Lapisan yang berisi banyak pembuluh darah pemberi nutrisi dan oksigen bagi retina
Maya	: Hanya tampaknya ada, tetapi nyatanya tidak ada; hanya ada di angan-angan; khayalan;
optik	: Berkenaan dengan penglihatan (cahaya, lensa mata, dsb)
Otot rektus	: Empat otot yang berfungsi memegang sklera pada otot mata
Punctum proximum	: Titik dekat atau juga jarak baca normal
Retina	: Selaput jala mata; dinding mata sebelah dalam
Sel basilus	: Bakteri yang memiliki sel berbentuk batang atau seperti silinder. Bentuk batang ini merupakan satu dari tiga bentuk paling umum sel prokariota (selain bulat dan heliks). Basilus ini umumnya termasuk dalam genus Bacillus.
Sel batang	: Sel yang belum berdiferensiasi dan mempunyai potensi yang sangat tinggi untuk berkembang menjadi banyak jenis sel yang berbeda di dalam tubuh
Semu	: Tampak spt asli (sebenarnya), padahal sama sekali bukan yang asli (sebenarnya)

Indeks

A

Aperture-58

B

bintik buta-77

bola mata-71,73

bulu mata-72

C

cacat mata-79

Cairan vitreus-74

D

Daya akomodasi mata-76,78

F

Fokus utama-59,60

I

Indera penglihat-71,72

J

Jarak fokus-59,103

K

kelopak-72,77

Kornea-73

Koroid-73

M

Maya-97,108

O

otot rektus-77

P

Punctum proximum-78

Pusat optik-58,59

R

Retina-75,76

S

Sel basilus-76

Sel batang-75,76

Sel kerucut-75,84

Sel konus-75,76

Semu-101

Sumbu lensa-58