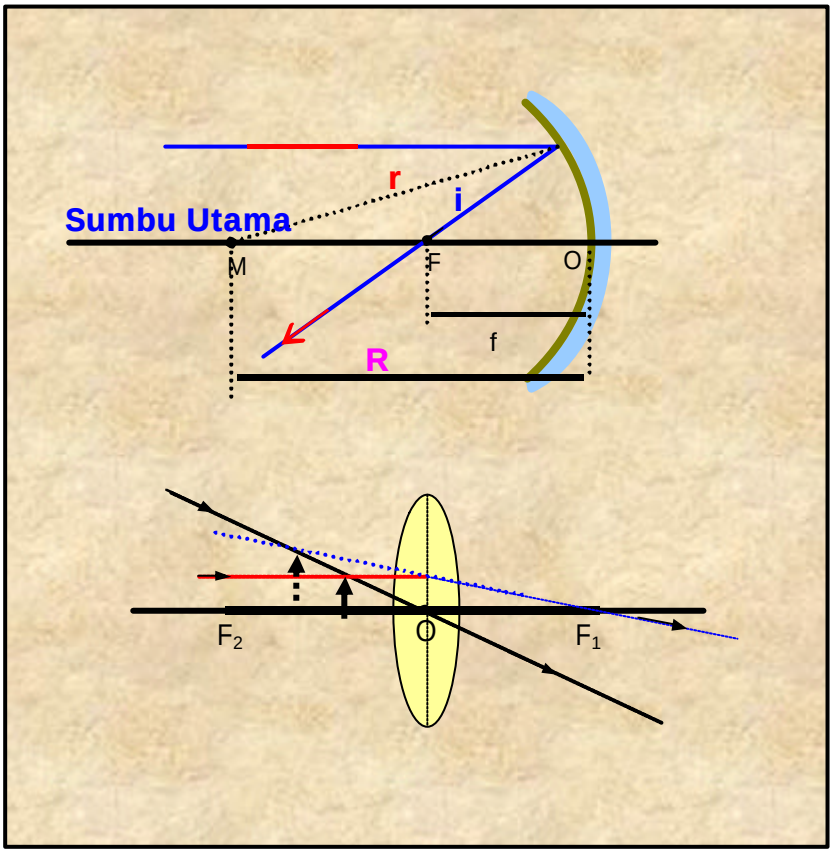
Kode FIS.18

Lensa dan Cermin



BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2004

Kode FIS.18

Lensa dan Cermin

Penyusun:

Drs. Supardiono, Msi.

Editor:

Dr. Budi Jatmiko, MPd.
Drs. Munasir, MS.

BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENEGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2004

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata-pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi *(CBT: Competency Based Training).*

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sain dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang

sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata-pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a.n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,

Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.
NIP 130 675 814

DAFTAR ISI

- Halaman Sampul i
- Halaman Francis ii
- Kata Pengantar iii
- Daftar Isi v
- Peta Kedudukan Modul vii
- Daftar Judul Modul viii
- Glosary ix

I. PENDAHULUAN

a. Deskripsi 1
b. Prasarat 1
c. Petunjuk Penggunaan Modul 1
d. Tujuan Akhir 2
e. Kompetensi 4
f. Cek Kemampuan 5

II. PEMELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat 8

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar *9*
a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran 9
b. Uraian Materi 10
c. Rangkuman 27
d. Tugas 28
e. Tes Formatif 30
f. Kunci Jawaban 31
g. Lembar Kerja 32

2 Kegiatan Belajar *34*
a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran 34
b. Uraian Materi 35
c. Rangkuman 51
d. Tugas 52
e. Tes Formatif 54
f. Kunci Jawaban 55
g. Lembar Kerja 55

III. EVALUASI

A. Tes Tertulis 57
B. Tes Praktik 58

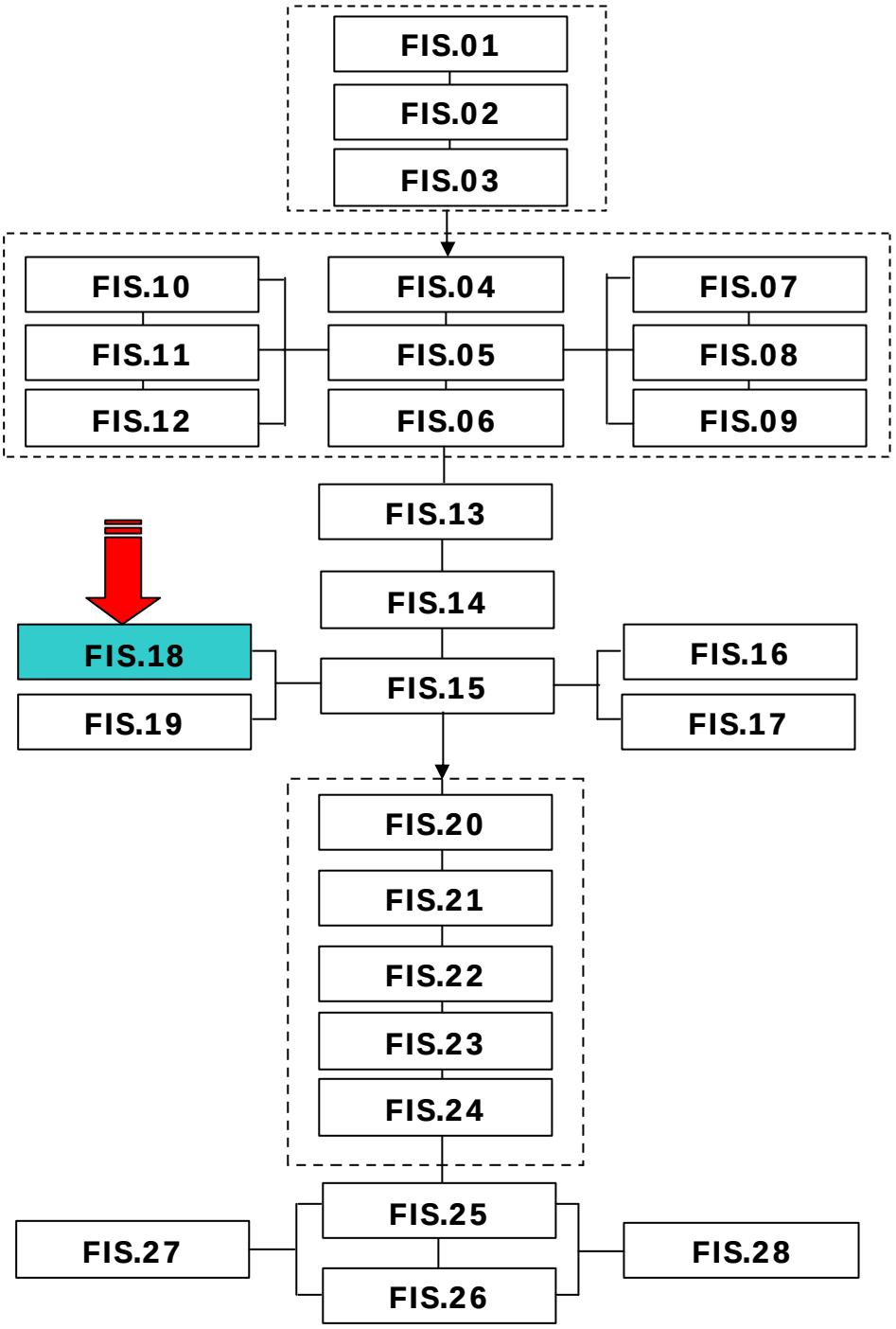
KUNCI JAWABAN

A. Tes Tertulis 58
B. Lembar Penilaian Tes Praktik 59

IV. PENUTUP 62

DAFTAR PUSTAKA 63

Peta Kedudukan Modul



Daftar Judul Modul

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	FIS.01	Sistem Satuan dan Pengukuran
2	FIS.02	Pembacaan Masalah Mekanik
3	FIS.03	Pembacaan Besaran Listrik
4	FIS.04	Pengukuran Gaya dan Tekanan
5	FIS.05	Gerak Lurus
6	FIS.06	Gerak Melingkar
7	FIS.07	Hukum Newton
8	FIS.08	Momentum dan Tumbukan
9	FIS.09	Usaha, Energi, dan Daya
10	FIS.10	Energi Kinetik dan Energi Potensial
11	FIS.11	Sifat Mekanik Zat
12	FIS.12	Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar
13	FIS.13	Fluida Statis
14	FIS.14	Fluida Dinamis
15	FIS.15	Getaran dan Gelombang
16	FIS.16	Suhu dan Kalor
17	FIS.17	Termodinamika
18	FIS.18	Lensa dan Cermin
19	FIS.19	Optik dan Aplikasinya
20	FIS.20	Listrik Statis
21	FIS.21	Listrik Dinamis
22	FIS.22	Arus Bolak-Balik
23	FIS.23	Transformator
24	FIS.24	Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik
25	FIS.25	Semikonduktor
26	FIS.26	Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor)
27	FIS.27	Radioaktif dan Sinar Katoda
28	FIS.28	Pengertian dan Cara Kerja Bahan

Glossary

ISTILAH	KETERANGAN
Bayangan nyata	Bayangan dari suatu benda oleh cermin atau lensa yang dapat ditangkap oleh layar, yang merupakan hasil dari pertemuan sinar-sinar cahaya.
Bayangan maya	Bayangan dari suatu benda oleh cermin atau lensa yang tak dapat ditangkap oleh layar, yang merupakan hasil dari pertemuan perpanjangan sinar-sinar cahaya.
Pemantulan teratur	Pemantulan oleh permukaan yang halus, sehingga sinar-sinar pantul sejajar.
Pemantulan baur	Pemantulan oleh permukaan yang kasar, sehingga sinar-sinar pantul tak sejajar.
Pembiasan cahaya	Pembelokkan arah perambatan sinar karena melewati dua medium yang berbeda kerapatannya.
Konvergen	Mengumpul, berkas cahaya pantul atau bias yang mengumpul menuju suatu titik tertentu.
Divergen	Memencar, berkas cahaya pantul atau bias yang memencar seolah-olah dari suatu titik tertentu.
Sumbu utama	Garis yang menghubungkan pusat lengkung cermin atau lensa ke pusatnya secara tegak lurus permukaan cermin atau lensa.
Sinar paraksial	Sinar-sinar yang dekat sumbu utama.
Titik fokus (titik api)	Titik perpotongan langsung atau perpan-jangan sinar-sinar pantul atau bias, jika sinar datang sejajar sumbu utama.
Jarak fokus	Jarak antara pusat lensa atau cermin terhadap titik fokus.
Indeks bias	Suatu ukuran kemampuan medium untuk membelokkan cahaya.
Kuat lensa	Besaran yang menyatakan ukuran lensa.
Dioptri	Satuan kuat lensa, jika jarak fokus lensa dalam satuan meter.

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini anda akan mempelajari tentang cermin dan lensa. Materi cermin berkaitan dengan hukum-hukum pemantulan, sedangkan lensa berkaitan dengan hukum-hukum pembiasan. Ada dua macam cermin, yaitu cermin datar dan cermin lengkung. Cermin lengkung meliputi cermin cekung dan cermin cembung. Lensa dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu lensa cembung (konvergen) dan lensa cekung (divergen). Ciri lensa cembung adalah bagian tengah lensa lebih tebal dari pada bagian tepinya. Sedangkan lensa cekung, bagian tengah lebih tipis dari pada bagian tepinya. Kemampuan lensa untuk mengumpulkan sinar-sinar bias dinyatakan dalam suatu besaran, yaitu kuat lensa yang bersatuan dioptri.

B. Prasyarat

Untuk dapat mempelajari modul cermin dan lensa ini anda harus menguasai lebih dahulu hukum-hukum pemantulan dan pembiasan, dan anda dituntut untuk dapat menggambar (melukis) perambatan sinar-sinar cahaya. Materi cermin dan lensa ini merupakan bagian dari optika geometri, yaitu bagian dari ilmu fisika yang mempelajari cahaya secara geometrik. Dalam hal ini mempelajari sifat-sifat pemantulan dan pembiasan.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti, karena dalam skema modul akan tampak kedudukan modul yang sedang anda pelajari ini diantara modul-modul yang lain.
2. Kerjakan pertanyaan dan soal dalam cek kemampuan sebelum mempelajari modul ini. Jika anda mengalami kesulitan, pelajari materi dan contoh soal.

3. Pahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti. Kerjakan evaluasi atau tugas di akhir materi sebagai sarana latihan, apabila perlu dapat Anda konsultasikan pada guru.
4. Kerjakan tes formatif dengan baik, benar dan jujur sesuai dengan kemampuan anda, setelah mempelajari modul ini.
5. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan kepada guru pada saat kegiatan tatap muka.
6. Bacalah referrensi lain yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan siswa dapat:

1. Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada cermin datar.
2. Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada cermin cekung dengan sinar-sinar istimewa.
3. Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada cermin cembung dengan sinar-sinar istimewa.
4. Menjelaskan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar.
5. Membedakan sifat-sifat bayangan nyata dengan bayangan maya berdasarkan sinar-sinar pantul yang membentuk bayangan.
6. Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung.
7. Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung.
8. Menentukan jarak bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung.
9. Menentukan jarak bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung.
10. Menghitung perbesaran bayangan oleh cermin cekung.
11. Menghitung perbesaran bayangan oleh cermin cembung.
12. Menentukan jarak fokus cermin cekung.
13. Menentukan jarak fokus cermin cembung.
14. Menjelaskan hukum-hukum pembiasan.

15. Menjelaskan pembentukan bayangan oleh pembiasan pada bidang datar.
16. Menjelaskan pembentukan bayangan oleh pembiasan pada bidang lengkung.
17. Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada lensa cembung dengan sinar-sinar istimewa.
18. Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada lensa cekung dengan sinar-sinar istimewa.
19. Menjelaskan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung.
20. Membedakan sifat-sifat bayangan nyata dengan bayangan maya berdasarkan sinar-sinar bias yang membentuk bayangan.
21. Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung.
22. Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh lensa cekung.
23. Menentukan jarak bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung.
24. Menentukan jarak bayangan yang dibentuk oleh lensa cekung.
25. Menghitung perbesaran bayangan oleh lensa cembung.
26. Menghitung perbesaran bayangan oleh lensa cekung.
27. Menentukan jarak fokus lensa cembung.
28. Menentukan jarak fokus lensa cekung.
29. Menentukan daya akomodasi (kekuatan lensa).

E. Kompetensi

Kompetensi : MENERAPKAN KONSEP LENSA DAN CERMIN
Program Keahlian : Program Adaptif
Matadiklat/Kode : FISIKA/FIS.18
Durasi Pembelajaran : 15 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Menerapkan konsep cermin	? Penjelasan prinsip kerja cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung ? Penghitungan sudut pantul dan bayangan benda ? Penghitungan pembesaran ? Penghitungan pembiasan ? Penentuan fokus ? Penghitungan daya akomodasi	Materi kompetensi ini membahas tentang: ? Cermin datar ? Cermin cembung ? Cermin cekung ? Sinar, sudut pantul dan bayangan benda ? Pembesaran ? Pembiasan ? Fokus ? Daya akomodasi	? Cermat dan teliti	? Prinsip kerja cermin datar, cermin cekung, cermin cembung ? Cara menghitung sudut pantul dan bayangan benda ? Cara menghitung pembesaran ? Cara menghitung pembiasan ? Cara menentukan fokus ? Cara menghitung daya akomodasi	? Menghitung sudut pantul dan bayangan benda ? Menghitung pembesaran ? Menghitung pembiasan ? Menghitung daya akomodasi
2. Menerapkan konsep lensa	? Konsep baku prinsip kerja lensa cekung, lensa cembung ? Perhitungan sinar dan bayangan benda ? Perhitungan pembesaran ? Penentuan fokus sesuai prinsip kerja lensa ? Perhitungan daya akomodasi	Materi kompetensi ini membahas tentang: ? Lensa cembung ? Lensa cekung ? Sinar dan bayangan benda ? Pembesaran ? Fokus ? Daya akomodasi	? Cermat dan teliti	? Prinsip kerja lensa cekung, lensa cembung ? Cara menghitung sinar dan bayangan benda ? Cara menghitung pembesaran ? Cara menentukan fokus ? Cara menghitung daya akomodasi	? Menghitung sinar dan bayangan benda ? Menghitung pembesaran ? Menentukan fokus ? Menghitung daya akomodasi

F. Cek Kemampuan

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Dapatkah bayangan nyata ditangkap oleh layar dan oleh film foto? Bagaimana dengan bayangan maya?
2. Apa perbedaan bayangan maya yang dibentuk oleh cermin cekung dengan yang dibentuk oleh cermin cembung?
3. Berapakah jarak fokus cermin datar? Apakah rumus cermin lengkung berlaku juga untuk cermin datar? Jelaskan jawaban anda.
4. Dapatkah benda yang diletakkan di depan cermin cembung menghasilkan bayangan yang diperbesar? Jelaskan dengan menggunakan diagram sinar.
5. Sebuah benda diletakkan di depan cermin cembung. Sebutkan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung tersebut, tanpa harus melukis pembentukan bayangan.
6. Dua buah cermin datar A dan B membentuk sudut 120°. Sebuah sinar datang pada cermin A dengan sudut datang 60°. Tentukan arah sinar setelah dipantulkan oleh cermin B.
7. Seorang anak laki-laki berdiri pada jarak 2m dari sebuah cermin datar dan seorang anak perempuan berdiri pada jarak 3m di depan cermin yang sama. Berapa jarak bayangan anak perempuan terhadap bayangan anak laki-laki?
8. Sebuah cermin cekung memiliki jarak fokus 12 cm. Tentukan letak, perbesaran, dan sifat bayangan dari benda yang diletakkan di depan cermin sejauh : (a) 8 cm (b) 16 cm (c) 24 cm (d) 36 cm.
9. Suatu benda diletakkan 5 cm di depan sebuah cermin cekung. Pada cermin tampak bayangan yang berjarak 10 cm dari cermin. Apa sifat

bayangan pada cermin tersebut? Tentukan jari-jari kelengkungan cermin.

10. Di manakah sebuah benda harus diletakkan di depan cermin cekung yang berjarak fokus 20 cm agar terbentuk bayangan *maya* 2 kali lebih besar dari benda?
11. Apakah jarak fokus dan kekuatan lensa selalu tetap apabila lensa berada dalam medium yang berbeda indeks biasnya? Berikan penjelasan anda.
12. Mengapa lensa memiliki dua titik fokus, sedangkan cermin lengkung (cekung dan cembung) hanya memiliki satu titik fokus?
13. Bagaimana anda dapat menggolongkan suatu lensa termasuk lensa cembung atau lensa cekung, jika anda diberikan beberapa lensa?
14. Sebuah lensa terbuat dari bahan yang indeks biasnya kurang dari indeks bias air (n_{air} = 1,33, sedang n_l = 1,3). Jika lensa tersebut di udara n_u=1 adalah suatu lensa konvergen, apakah lensa tersebut masih lensa konvergen, apabila berada dalam air? Jelaskan dengan menggunakan persamaan pembuat lensa dan buat diagram penjalaran sinar.
15. Sebuah lensa konvergen memiliki jarak fokus 15 cm. Tentukan letak dan sifat bayangan, serta lukisan pembentukan bayangan, jika suatu benda diletakkan di depan lensa pada jarak: (a) 60 cm (b) 30 cm (c) 20 cm (d) 10 cm.
16. Jika sebuah benda diletakkan 18 cm di depan lensa, ternyata terbentuk bayangan pada layar di belakang lensa sejauh 32 cm. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa tersebut.
17. Sebuah lensa berjarak fokus 24 cm membentuk bayangan maya yang tingginya sepertiga tinggi benda. Tentukan letak benda dan jenis lensa yang digunakan.
18. Sebuah lensa dibatasi oleh dua permukaan lengkung terbuat dari bahan yang indeks biasnya 1,5. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa di udara, jika: (a) permukaan pertama cekung dengan jari-jari 40 cm dan permukaan kedua cembung dengan jari-jari 20 cm, (b) permukaan

pertama cekung dengan jari-jari 20 cm dan permukaan kedua cembung dengan jari-jari 40 cm.

19. Suatu benda tingginya 2 cm diletakkan di depan lensa pada jarak 25 cm. Kekuatan lensa tersebut adalah 0,5 dioptri. Tentukan, (a) letak, tinggi, dan sifat bayangan, (b) jika benda digeser 5 cm mendekati lensa, tentukan jarak bayangan bergeser dari semula dan ke mana arahnya

BAB II. PEMBELAJARAN

A. RENCANA BELAJAR SISWA

Kompetensi : Menerapkan konsep lensa dan cermin
Sub Kompetensi : - Menerapkan konsep cermin
- Menerapkan konsep lensa

Tulislah semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar ini, diharapkan siswa dapat:

- ☞ Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada cermin datar.
- ☞ Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada cermin cekung dengan sinar-sinar istimewa.
- ☞ Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada cermin cembung dengan sinar-sinar istimewa.
- ☞ Menjelaskan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar.
- ☞ Membedakan sifat-sifat bayangan nyata dengan bayangan maya berdasarkan sinar-sinar pantul yang membentuk bayangan.
- ☞ Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung.
- ☞ Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung.
- ☞ Menghitung jarak bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung.
- ☞ Menentukan jarak bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung.
- ☞ Menghitung perbesaran bayangan oleh cermin cekung.
- ☞ Menghitung perbesaran bayangan oleh cermin cembung.
- ☞ Menentukan jarak fokus cermin cekung.
- ☞ Menentukan jarak fokus cermin cembung.

b. Uraian Materi

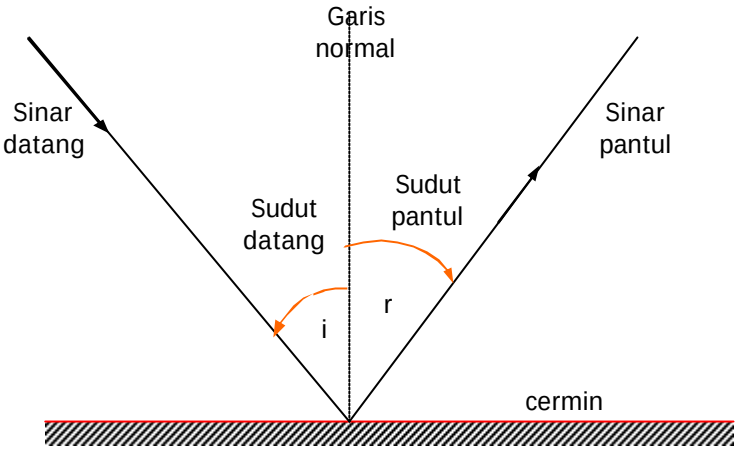
1. Cermin Datar

Sebelum membahas tentang cermin, baik cermin datar, cermin cekung, maupun cermin cembung, terlebih dahulu akan dijelaskan tentang hukum pemantulan. Konsep-konsep tentang pemantulan adalah sebagai berikut:

- Cahaya merambat menurut garis lurus dalam suatu medium.
- Ada dua jenis pemantulan cahaya, yaitu pemantulan teratur dan pemantulan baur.
- Pemantulan teratur, yaitu pemantulan cahaya oleh permukaan-permukaan yang halus, seperti pemantulan oleh cermin.
- Pemantulan baur (difusi), yaitu pemantulan cahaya oleh permukaan-permukaan kasar, seperti kertas.
- Sinar datang, yaitu sinar yang keluar dari sumber cahaya atau yang datang ke permukaan bidang pantul (cermin).
- Sinar pantul, yaitu sinar yang dipantulkan oleh permukaan bidang pantul (cermin).
- Garis normal, yaitu garis yang tegak lurus permukaan bidang pantul (cermin).
- Sudut datang adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal.
- Sudut pantul adalah sudut yang dibentuk oleh sinar pantul dengan garis normal.
- Hukum pemantulan:
  - *Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal berpotongan pada satu titik dan terletak pada satu bidang datar.*
  - *Sudut datang (i) sama dengan sudut pantul (r)*

  Secara matematis dapat dituliskan :

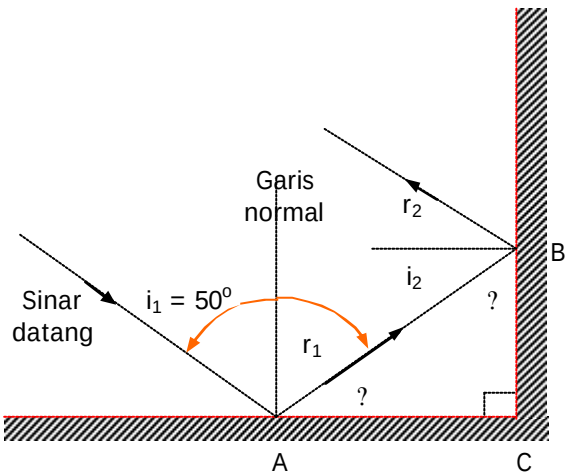
$$i \ ? \ r$$



Contoh 1:

Dua cermin datar A dan B membentuk sudut 90° dengan permukaan saling menghadap sudut dalam. Sinar datang ke permukaan cermin A dengan sudut datang 50°. Tentukan sudut pantul pada cermin B.

Jawab:



- Di titik A :
  - ? i_1 = sudut datang
  - ? r_1 = sudut pantul
  - ? Dari hukum pemantulan, maka:
  - ? i_1 ? r_1, sehingga $r_1 = 50^o$
  - ? Karena garis normal tegak lurus permukaan, maka berlaku hubungan :

    r_1+ ? = 90° atau 50° +? = 90°

    diperoleh : ? = 40°.
- Dalam segitiga ABC, jumlah ketiga sudutnya sama dengan 180°, sehingga:

  ? + ? + 90° = 180° atau 40° + ? + 90° = 180°,

  diperoleh ? = 50°.

- Di titik B :
  - ? i_2 + ? = 90° (*karena garis normal tegak lurus permukaan bidang*).
  - ? $i_2 + 50^o = 90^o$, sehingga $i_2 = 40^o$.
  - ? Hukum pemantulan di titik B, berlaku : $r_2 = i_2 = 40^o$.
- Jadi sudut pantul pada cermin B adalah 40°.

☞ Jika anda bercermin di depan cermin datar, apa yang dapat anda simpulkan dengan bayangan anda? Berikut ini sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar:

? Maya, tegak sama besar dengan bendanya.

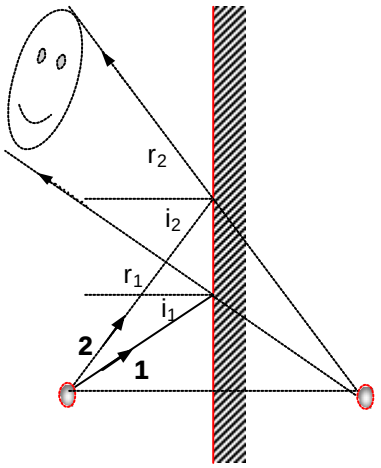
? Jarak benda ke cermin sama dengan jarak bayangan ke cermin.

? Tertukar sisinya, artinya bagian kiri benda menjadi bagian kanan bayangan.

☞ Bayangan maya (semu) adalah bayangan yang dibentuk oleh *perpanjangan* sinar-sinar pantul (biasanya digambarkan dengan garis-garis putus).

☞ Bayangan nyata (sejati) adalah bayangan yang dibentuk oleh *perpotongan (pertemuan)* langsung sinar-sinar pantul (bukan perpanjangannya).

☞ Melukis pembentukan bayangan pada cermin datar.



? Ambil satu titik benda, kemudian lukis sinar datang pertama dengan sudut datang i_1 dipantulkan dengan sudut pantul r_1, dimana $r_1 = i_1$.

? Lukis sinar datang kedua dengan sudut datang i_2 dipantulkan dengan sudut pantul r_2, dimana $r_2 = i_2$.

? Perpanjangkan sinar pantul pertama dan sinar pantul kedua, sehingga berpo-tongan di belakang cermin (lukis dengan

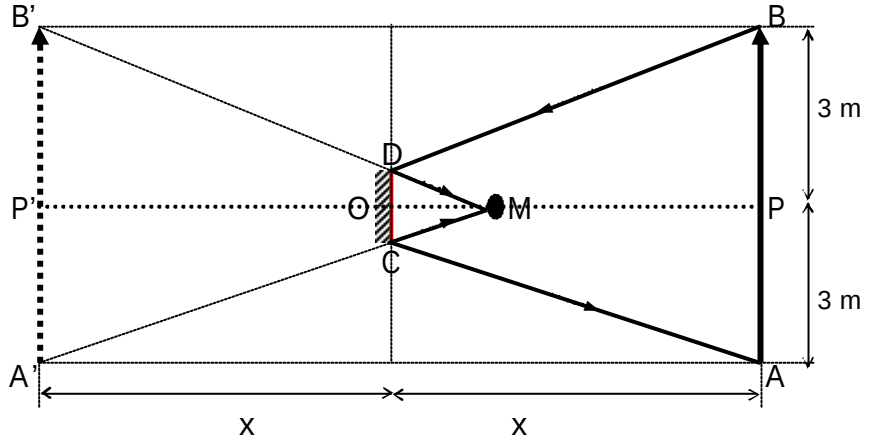
garis putus-putus), perpotongan inilah yang merupakan letak bayangan.

? Untuk benda berbentuk garis tegak, ambil dua titik pada kedua ujung garis tersebut dan lukis masing-masing titik seperti langkah di atas. Bayangan ada diantara dua titik perpotongan perpanjangan sinar-sinar pantul.

Contoh 2:

Seseorang ingin mengamati tiang bendera yang tingginya 6 m dengan menggunakan sebuah cermin datar yang tingginya 1 m. Letak mata orang tersebut 2 m di depan cermin dan tepat pada pertengahan cermin. Tentukan jarak tiang bendera dari cermin paling dekat agar semua bayangannya dapat terlihat.

Jawab:



- Tinggi tiang bendera AB = 6 m, sehingga AP = PB = AB/2 = 3 m.
- Tinggi cermin CD = 1 m, sehingga CO = OD = CD/2 = 0,5 m.
- Letak mata dari cermin OM = 2 m.
- Segitiga MOD sebangun dengan segitiga MP'B', sehingga

$$\frac{OD}{OM} ? \frac{P'B'}{P'O ? OM} ? \frac{0,5}{2} ? \frac{3}{x ? 2} ? x ? 10 \text{ m}$$

- Jadi jarak cermin dari lensa paling dekat adalah 10 m.

✍ Jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua buah cermin datar.

- Jika sudut apit dua buah cermin datar adalah ? besarnya diubah-ubah, maka secara empiris jumlah bayangan yang dihasilkan memenuhi hubungan :

$$n \;?\; \frac{360^o}{ß} ?\, m$$

dengan :

n = jumlah bayangan yang dihasilkan.

? = sudut apit kedua cermin datar.

m = 1, jika (360°/?) adalah bernilai genap.

m = 0, jika (360°/?) adalah bernilai ganjil.

- Untuk membuktikan hubungan tersebut, coba anda lakukan lembar kerja di bagian belakang.

☞ Jika sebuah cermin digerakkan dengan kecepatan v terhadap benda yang diam, maka kecepatan bayangannya adalah v' di mana:

$$v' \;?\; 2v$$

Contoh 3 :

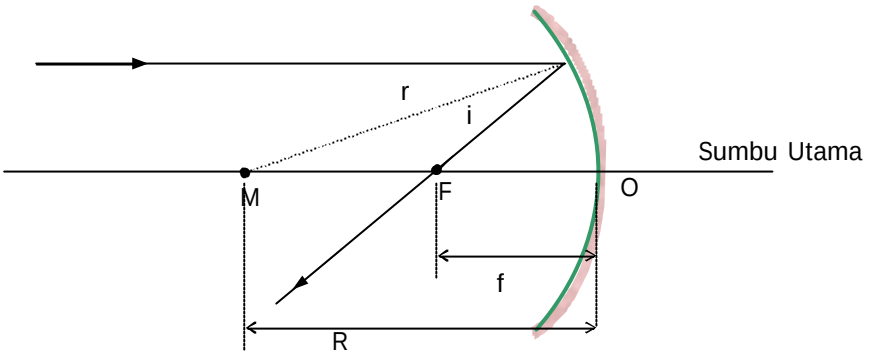
Seorang anak diam di depan cermin datar berjarak 2m. Jika cermin digerakkan menjauhi anak tersebut dengan kecepatan 50 cm/s, maka tentukan jarak anak tersebut dengan bayangannya setelah 4 detik.

Jawab:

- Kecepatan bayangan anak menjauhi anak (benda) adalah:
  v' = 2 v = 2 (50 cm/s) = 100 cm/s = 1 m/s.
- Dalam waktu t = 4 s, jarak yang ditempuh bayangan dari tempat semula adalah: x' = v' t = 1 (4) = 4 m.
- Jarak anak dengan cermin mula-mula adalah 2m, sehingga jarak anak dengan bayangannya adalah x_o= 2m + 2m= 4 m.
- Jarak anak dengan bayangannya sekarang adalah:
  $x = x_o + x' = 4$ m + 4 m = 8 m.

2. Cermin Cekung

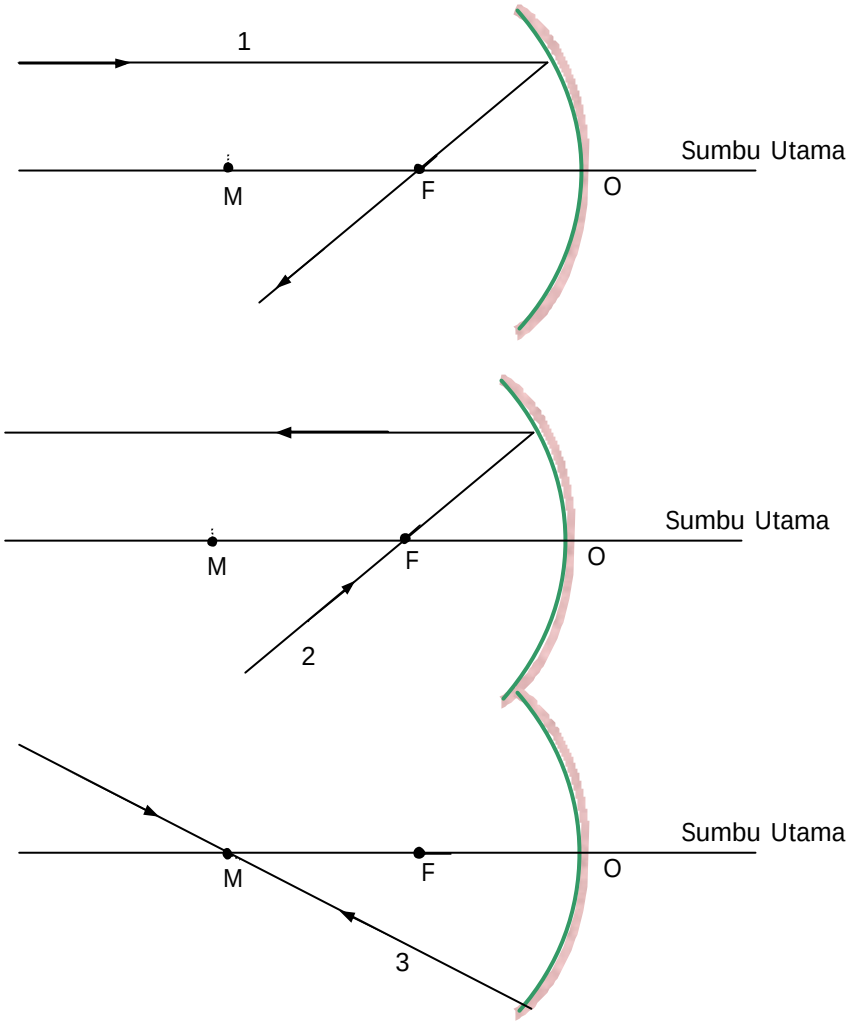
- Cermin cekung bersifat konvergen, yaitu bersifat mengumpulkan sinar.
- Berkas sinar sejajar sumbu utama dipantulkan mengumpul pada suatu titik yang dinamakan titik fokus (F) cermin.
- Pada cermin cekung berlaku hukum pemantulan.



- Titik M merupakan titik pusat lengkung cermin, titik O adalah titik tengah cermin, jarak OM disebut jari-jari lengkung cermin (R). Titik M terletak di depan cermin.
- Titik fokus F terletak di depan cermin pada sumbu utama, serta di tengah-tengah antara titik pusat lengkung M dan titik tengah cermin O. Jarak OF disebut jarak fokus cermin (f).
- Jarak fokus sama dengan setengah dari jari-jari lengkung cermin, dituliskan sebagai: $f \ ? \ \frac{1}{2}R$
- Sinar-sinar yang melalui titik pusat kelengkungan cermin M akan dipantulkan kembali melalui M.
- Untuk melukiskan sinar yang berasal dari suatu benda menuju cermin dapat digunakan *hukum pemantulan* di atas, dengan garis normal selalu melalui titik M.
- Terdapat *tiga* sinar istimewa untuk melukiskan pembentukan bayangan pada cermin cekung, yaitu :
  a. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin akan dipantulkan melalui titik fokus F.

b. Sinar datang yang melalui titik fokus F dipantulkan sejajar sumbu utama cermin.

c. Sinar datang yang melalui titik pusat kelengkungan cermin M dipantulkan melalui titik itu juga.



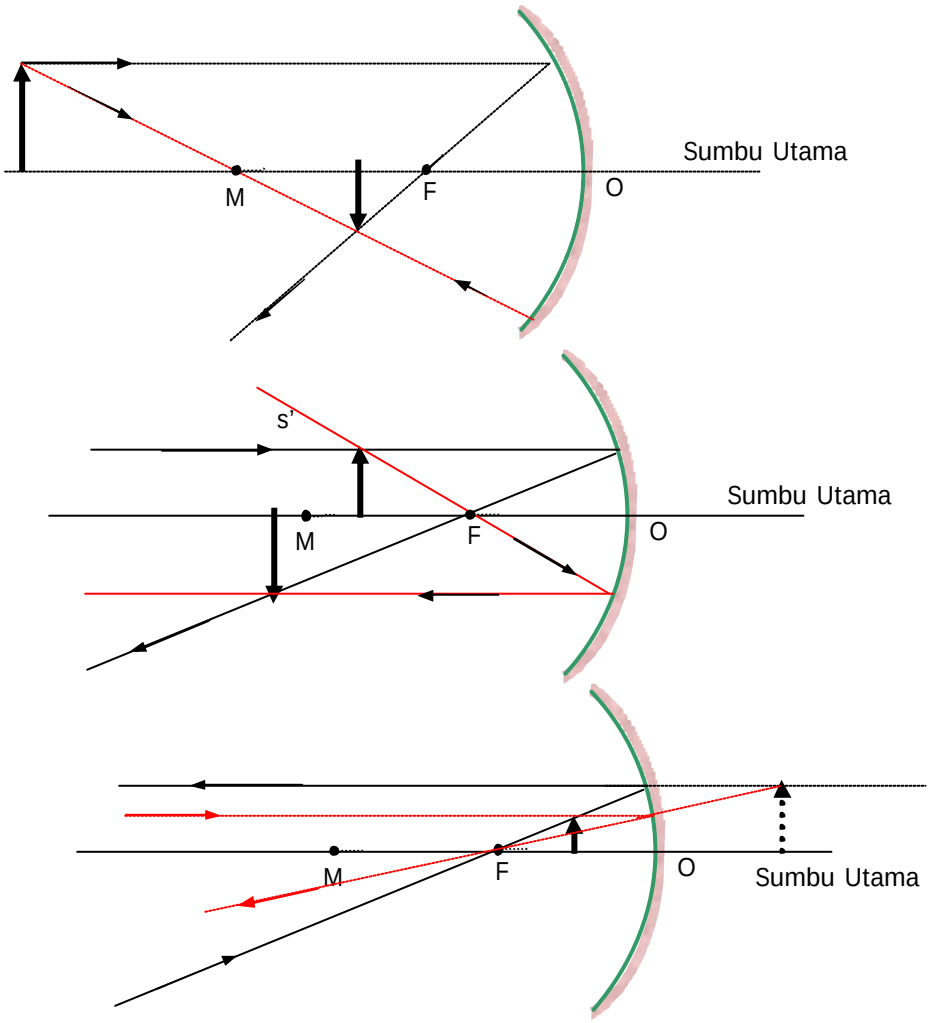
✍ Untuk melukiskan pembentukan bayangan pada cermin cekung, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

a. Lukis dua buah sinar istimewa (*lebih sederhana gunakan sinar 1 dan 3*).

b. Sinar selalu datang dari bagian depan cermin dan dipantulkan kembali ke bagian depan cermin. Perpanjangan sinar-sinar di belakang cermin dilukiskan sebagai garis putus-putus.

c. Perpotongan kedua buah sinar pantul yang dilukis pada langkah (1) merupakan letak bayangan. Jika perpotongan didapat dari *sinar pantul*, maka terjadi *bayangan nyata* (*sejati*), akan tetapi jika perpotongan didapat dari *perpanjangan sinar pantul*, maka bayangan yang dihasilkan adalah *maya* (*semu*).

✍ Berikut ini beberapa hasil dari lukisan pembentukan bayangan untuk letak benda yang berbeda-beda:



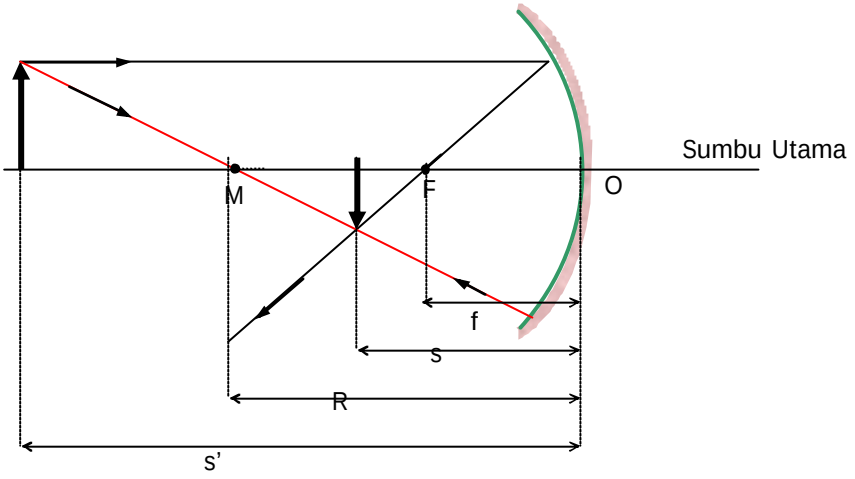
Dari hasil formasi bayangan di atas dapat disimpulkan:

a. Bayangan nyata selalu terletak di depan cermin dan terbalik, sedangkan bayangan maya selalu terletak di belakang cermin, tegak dan diperbesar.

b. Jika benda terletak pada jarak yang lebih besar dari pada jarak fokus cermin cekung, maka bayangan yang terbentuk bersifat nyata, terbalik dan di depan cermin.

c. Jika benda terletak pada jarak yang lebih kecil dari pada jarak fokus cermin cekung, maka bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak dan di belakang cermin.

a) Rumus cermin cekung:



- Persamaan yang memberikan hubungan antara jarak fokus (f), jarak benda (s) dan jarak bayangan (s') adalah:

$$\frac{1}{f} ? \frac{1}{s} ? \frac{1}{s'}$$

  Persamaan ini berlaku baik untuk cermin cekung maupun cermin cembung.
- Persamaan tersebut hanya berlaku untuk sinar-sinar *paraksial*, yaitu sinar-sinar yang dekat ddengan sumbu utama.
- Untuk menghitung langsung s, s', atau f dapat diturunkan suatu persamaan dari persamaan di atas, yaitu :

$$s = \frac{s'f}{s' - f} \quad ; \quad s' = \frac{sf}{s - f} \quad ; \quad f = \frac{ss'}{s + s'}$$

- Perjanjian tanda untuk menggunakan rumus cermin di atas adalah :

  - S bertanda +, jika benda terletak di depan cermin (benda nyata).
  - S bertanda -, jika benda terletak di belakang cermin (benda maya).
  - S' bertanda +, jika bayangan terletak di depan cermin (bayangan nyata).
  - S' bertanda -, jika bayangan terletak di belakang cermin (bayangan maya).
  - R dan f bertanda +, untuk cermin cekung.
  - R dan f bertanda -, untuk cermin cembung.

☞ Perbesaran bayangan.

- Bayangan benda yang dibentuk oleh cermin cekung dapat lebih besar atau lebih kecil dari pada ukuran bendanya. Jika ukuran bayangan lebih besar dari pada ukuran benda, maka dikatakan bayangan *diperbesar*. Jika ukuran bayangan lebih kecil dari pada ukuran benda, maka dikatakan bayangan *diperkecil*.
- Untuk menyatakan perbandingan ukuran bayangan terhadap bendanya digunakan konsep perbesaran. Ada dua konsep perbesaran, yaitu *perbesaran linier* dan *perbesaran anguler* (*sudut*). Pada materi ini hanya dibahas perbesaran linier saja.
- Perbesaran linier (M) didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi bayangan (h') dengan tinggi benda (h), secara matematis dituliskan:

$$M = \frac{h'}{h}$$

- Karena perbandingan tinggi bayangan dengan tinggi benda sama dengan perbandingan antara jarak bayangan dengan jarak benda, maka perbesaran linier dapat dituliskan sebagai :

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

- Dituliskan dalam harga mutlak, karena s' dapat bertanda positif (nyata) dan negatif (maya).

Contoh 4:

Suatu benda tingginya 8 cm berdiri tegak di depan cermin cekung yang berjari0jari 30 cm sejauh 10 cm. Tentukan :

a. Jarak fokus cermin cekung
b. Letak bayangan
c. Perbesaran bayangan
d. Tinggi bayangan
e. Sifat bayangan.

Jawab:

- Tinggi benda h = 8 cm.
- Jari-jari R = +30 cm (*positif karena cermin cekung*).
- Jarak benda dari cermin s = +10 cm (*positif, karena letak benda di depan cermin*) .

a. Jarak fokus cermin dihitung dengan persamaan:

$$f = \tfrac{1}{2}R = \tfrac{1}{2}(30) = 15\,\text{cm}$$

b. Letak bayangan dihitung dengan persamaan:

$$s' = \frac{s\,f}{s - f} = \frac{10\,(15)}{10 - 15} = \frac{150}{-5} = -30\,\text{cm}$$ (tanda *negatif* menunjuk-kan bahwa bayangan ada *di belakang* cermin sejauh 30 cm).

c. Perbesaran bayangan:

$$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \left|\frac{-30}{10}\right| = 3$$

d. Tinggi bayangan digunakan persamaan:

$$M = \frac{h'}{h}$$, atau h' = M . h = 3 (8) = 24 cm.

e. Sifat bayangan:

- Maya (*karena s' negatif*).
- Tegak (*pasangan maya pasti tegak*).
- Diperbesar (*karena M = 3*).
- Terletak di belakang cermin.

Contoh 5:

Anton berdiri tegak di depan cermin cekung yang memiliki jarak fokus 40 cm. Tentukan letak Anton berdiri di depan cermin cekung agar diperoleh bayangan dirinya 2 kali tinggi semula dan bersifat:

a. Nyata

b. Maya.

Jawab :

- Jarak fokus f = +40 cm (+, *karena cermin cekung*).
- Perbesaran bayangan M = 2, sehingga $\left|\frac{s'}{s}\right| = 2$.
- Anton di depan cermin, berarti jarak benda s bertanda positif.

a. Bayangan bersifat nyata, berarti s' bertanda positif, sehingga $s' = -2s$. Gunakan rumus cermin cekung untuk menghitung jarak benda.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{40} = \frac{1}{s} + \frac{1}{2s} = \frac{1}{40} = \frac{(2-1)}{2s} = s$$

= 60 cm.

Jadi Anton harus berdiri 60 cm di depan cermin cekung.

b. Bayangan bersifat maya, berarti s' bertanda negatif, sehingga $s' = -2s$. Gunakan rumus cermin cekung untuk menghitung jarak benda.

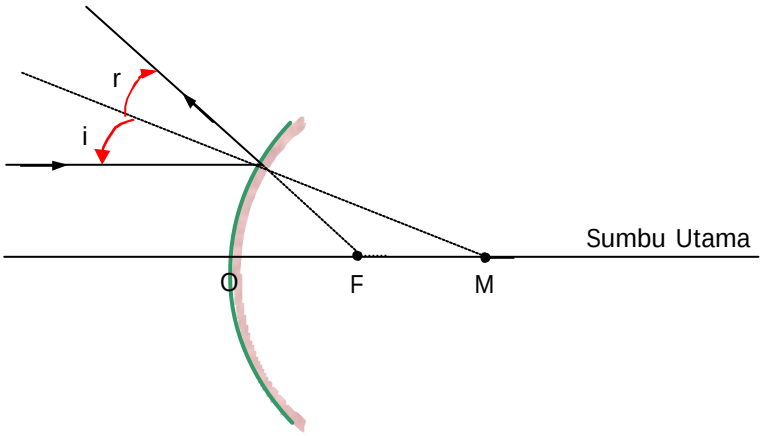
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad = \quad \frac{1}{40} = \frac{1}{s} + \frac{1}{-2s} \quad = \quad \frac{1}{40} = \frac{(2-1)}{2s} =$$

s = 20 cm.

Jadi Anton harus berdiri 20 cm di depan cermin cekung.

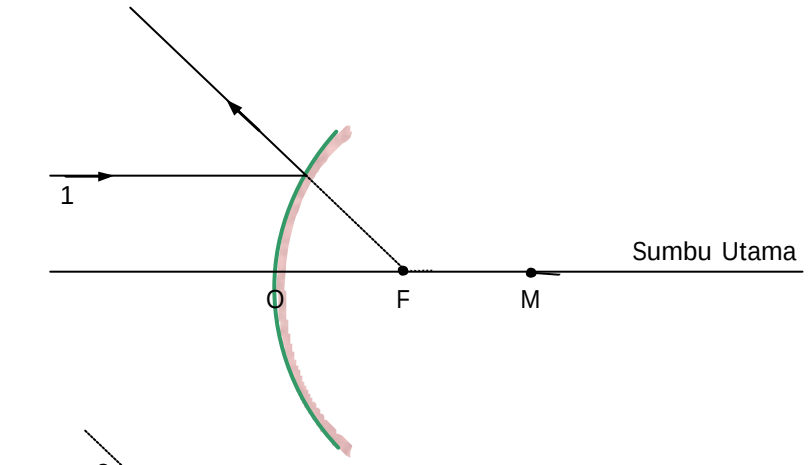
3. Cermin Cembung

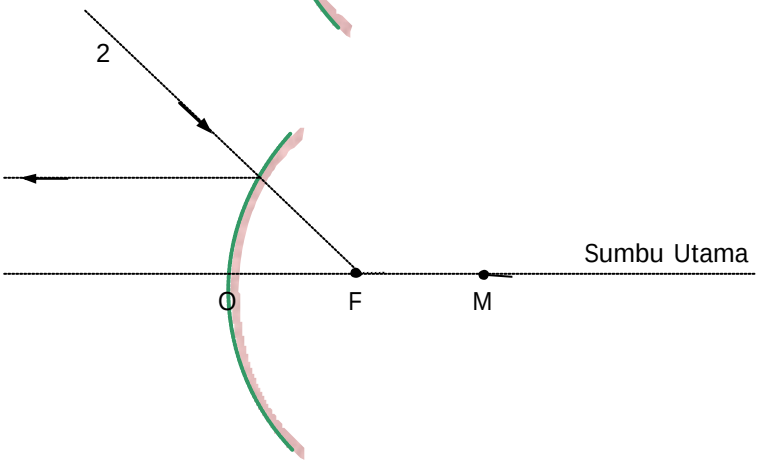
- Cermin cembung bersifat *divergen*, yaitu bersifat memencarkan sinar-sinar pantul.
- Sinar-sinar sejajar sumbu utama dipantulkan seakan-akan berasal dari suatu titik di belakang cermin yang dinamakan titik fokus (F). Karena titik fokus F di belakang cermin, maka disebut titik fokus maya (semu).
- Titik pusat kelengkungan (M) juga berada di belakang cermin cembung.

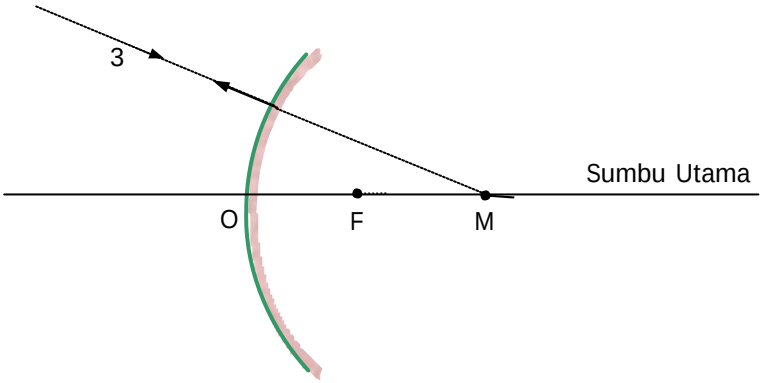


- Pada cermin cembung juga berlaku hukum pemantulan.

- Untuk melukiskan sinar yang berasal dari suatu benda menuju cermin digunakan hukum pemantulan dengan garis normal selalu melalui titik pusat kelengkungan M.
- Terdapat 3 sinar istimewa untuk melukiskan pembentukan bayangan pada cermin cembung, yaitu:
  a) Sinar datang sejajar dengan sumbu utama dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus F.
  b) Sinar datang yang menuju titik fokus F dipantulkan sejajar dengan sumbu utama.
  c) Sinar datang yang menuju titik pusat kelengkungan M dipantulkan kembali seolah-olah datang dari titik pusat kelengkungan tersebut.

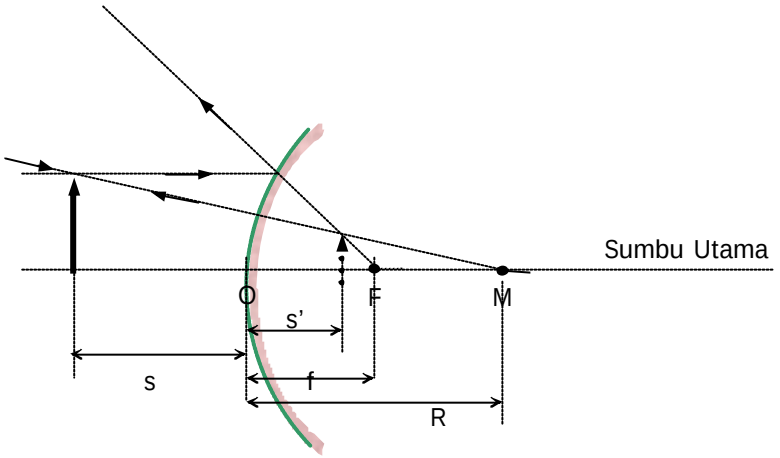






✍ Melukis pembentukan bayangan pada cermin cembung.

Untuk melukis pembentukan bayangan pada cermin cembung cukup diperlukan 2 buah sinar istimewa seperti berikut:



✍ Untuk benda nyata yang terletak di depan cermin cembung *selalu* akan dihasilkan bayangan yang bersifat: *maya, tegak, dan diperkesil*.

✍ Rumus cermin cembung.

✍ Rumus-rumus yang berlaku pada cermin cekung serta perjanjian tandanya berlaku juga untuk cermin cembung, yaitu:

- $f = \frac{R}{2}$
- $M = \frac{h'}{h} = \left|\frac{s'}{s}\right|$
- $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$; sehingga $s = \frac{s'f}{s'+f}$; $s' = \frac{sf}{s+f}$; $f = \frac{ss'}{s+s'}$

Hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Jarak fokus (f) dan jari-jari kelengkungan (R) pada cermin cembung selalu bertanda negatif,
- Untuk benda nyata di depan cermin cembung, selalu terbentuk bayangan maya, jadi nilai s' pada cermin cembung bertanda negatif,
- Bayangan yang terbentuk selalu lebih kecil dari bendanya, jadi perbesarannya lebih kecil dari 1.

Contoh 6:

Sebuah benda tingginya 12 cm berdiri tegak di depan cermin cembung yang berjari-jari kelengkungan 36 cm. Jika jarak benda dari cermin 6 cm, tentukan:

a. Jarak fokus
b. Letak bayangan
c. Perbesaran bayangan
d. Tinggi bayangan

Jawab :

- Tinggi benda, h = 12 cm.
- Jari-jari kelengkungan cermin cembung, R = - 36 cm.
- Jarak benda, s = + 6 cm (*karena di depan cermi*).

a. Jarak fokus, f = R/2 = (-36)/2 = - 18 cm.

b. Letak bayangan,

$$s' = \frac{s\,f}{s - f} = s' = \frac{6(-18)}{6 - (-18)} = s' = \frac{6(-18)}{24} = -4{,}5\ \text{cm}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa bayangan berada di belakang cermin, maya, dan tegak.

c. Perbesaran bayangan,

$$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \left|\frac{-4{,}5}{6}\right| = \frac{3}{4}$$

d. Tinggi bayangan,

$$M = \frac{h'}{h} \quad \Rightarrow \quad h' = M \cdot h = (3/4)\,(12) = 9 \text{ cm}.$$

Contoh 7:

Sebuah benda tingginya 12 cm berada 30 cm di depan cermin lengkung berjarak fokus 10 cm. Tentukan letak dan tinggi bayangan yang terbentuk, jika cerminnya adalah:

a. Cermin cekung

b. Cermin cembung.

Jawab :

- Tinggi benda, h = 12 cm.
- Jarak benda, s = +30 cm (*benda di depan cermin*).

a. Untuk cermin cekung (*cermin positif*).

- Jarak fokus, f = +10 cm.
- Jarak bayangan, $s' = \frac{s\,f}{s - f} \quad \Rightarrow \quad s' = \frac{30\,(10)}{30 - 10} = 15 \text{ cm}.$

  Jadi bayangan terletak 15 cm di depan cermin.
- Tinggi bayangan, $\frac{h'}{h} = \left|\frac{s'}{s}\right| \quad \Rightarrow \quad \frac{h'}{12} = \frac{15}{30} \quad \Rightarrow \quad h' = 6 \text{ cm}.$

b. Untuk cermin cembung (*cermin negatif*)

- Jarak fokus, f = -10 cm.
- Jarak bayangan, $s' = \frac{s\,f}{s - f} =$

  $s' = \frac{30\,(-10)}{30 - (-10)} = -7{,}5 \text{ cm}.$

  Jadi bayangan terletak 7,5 cm di belakang cermin.
- Tinggi bayangan, $\frac{h'}{h} = \left|\frac{s'}{s}\right| \quad \Rightarrow \quad \frac{h'}{12} = \frac{7{,}5}{30} \quad \Rightarrow \quad h' = 3 \text{ cm}.$

c. Rangkuman

1. ***Hukum pemantulan*** menyatakan bahwa sinar datang, sinar pantul dan garis normal berpotongan pada satu titik dan terletak pada satu bidang datar, dan sudut pantul (r) sama dengan sudut datang (i).
2. ***Sifat bayangan*** yang dibentuk oleh cermin datar adalah: maya; tegak dan berlawanan arah dengan bendanya; jarak benda = jarak bayangan; dan perbesaran bayangan = 1.
3. ***Jumlah bayangan*** (n) yang dibentuk oleh dua buah cermin datar yang membentuk sudut ? adalah:

   $n \; ? \; \frac{360^o}{ß} \; ? \; m$, m =1 untuk $\frac{360^o}{ß}$ genap, dan m = 0 untuk $\frac{360^o}{ß}$ ganjil.
4. ***Cermin lengkung*** terdiri atas cermin cekung dan cermin cembung. Jarak fokus cermin cekung bernilai positif, sedangkan cermin cembung adalah negatif. Cermin cekung bersifat mengumpulkan sinar (konvergen), sedangkan cermin cembung bersifat memencarkan sinar (divergen).
5. ***Tiga sinar istimewa***, pada cermin cekung, yaitu : sinar yang sejajar sumbu utama, sinar yang *melewati* titik fokus, dan sinar yang *melewati* titik pusat kelengkungan. Sedangkan pada cermin cembung, yaitu: sinar yang sejajar sumbu utama, sinar yang *menuju* titik fokus, dan sinar yang *menuju* titik pusat kelengkungan.
6. ***Rumus-rumus*** yang berlaku untuk cermin lengkung (cekung dan cembung) adalah:

   Jarak fokus: $f \; ? \; \frac{R}{2}$; perbesaran: $M \; ? \; \frac{h'}{h} \; ? \; \left|\frac{s'}{s}\right|$; jarak bayangan: $\frac{1}{f} \; ? \; \frac{1}{s} \; ? \; \frac{1}{s'}$.

✍ *Untuk menggunakan rumus-rumus tersebut anda harus memperhatikan perjanjian tanda untuk setiap besaran dengan sungguh-sungguh*!

d. Tugas

Pertanyaan Konsep :

1. Jelaskan yang anda ketahui tentang:
   a) Hukum pemantulan.
   b) Bayangan nyata.
   c) Bayangan maya.
   d) Cermin cekung.
   e) Cermin cembung.
   f) Titik fokus.
   g) Sinar paraksial.
2. Dapatkah bayangan nyata ditangkap oleh layar dan oleh film foto? Bagaimana dengan bayangan maya?
3. Apa perbedaan bayangan maya yang dibentuk oleh cermin cekung dengan yang dibentuk oleh cermin cembung?
4. Berapakah jarak fokus cermin datar? Apakah rumus cermin lengkung berlaku juga untuk cermin datar? Jelaskan jawaban anda.
5. Dokter gigi menggunakan cermin kecil untuk memeriksa lubang pada gigi pasien. Apakah cermin itu cekung, cembung atau datar? Berikan penjelasan anda.
6. Dapatkah benda yang diletakkan di depan cermin cembung menghasilkan bayangan yang diperbesar? Jelaskan dengan menggunakan diagram sinar.
7. Sebuah benda diletakkan di depan cermin cembung. Sebutkan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung tersebut, tanpa harus melukis pembentukan bayangan.

Pertanyaan Soal :

1. Dua buah cermin datar A dan B membentuk sudut 120°. Sebuah sinar datang pada cermin A dengan sudut datang 60°. Tentukan arah sinar setelah dipantulkan oleh cermin B.
2. Seorang anak laki-laki berdiri pada jarak 2m dari sebuah cermin datar dan seorang anak perempuan berdiri pada jarak 3m di depan cermin yang sama. Berapa jarak bayangan anak perempuan terhadap bayangan anak laki-laki?
3. Jika suatu benda diletakkan di depan dua cermin datar yang membentuk sudut tertentu, maka pada cermin terlihat 5 bayangan. Tentukan sudut yang dibentuk oleh kedua cermin tersebut. Lukis diagram pembentukan bayangannya.
4. Sebuah cermin cekung memiliki jarak fokus 12 cm. Tentukan letak, perbesaran, dan sifat bayangan dari benda yang diletakkan di depan cermin sejauh : (a) 8 cm (b) 16 cm (c) 24 cm (d) 36 cm.
5. Suatu benda diletakkan 5 cm di depan sebuah cermin cekung. Pada cermin tampak bayangan yang berjarak 10 cm dari cermin. Apa sifat bayangan pada cermin tersebut? Tentukan jari-jari kelengkungan cermin.
6. Bayangan suatu benda terlihat pada cermin cekung sejauh 12 cm dari cermin. Jika jarak fokus cermin 18 cm, tentukan letak benda.
7. Di manakah sebuah benda harus diletakkan di depan cermin cekung yang berjarak fokus 20 cm agar terbentuk bayangan *maya* 2 kali lebih besar dari benda.

e. Tes Formatif

1. Seberkas sinar datang ke permukaan cermin datar dengan sudut datang 35°. Jika cermin diputar dengan sudut 15° sehingga membuat sudut datang menjadi 50°, berapakah sudut putar dari sinar pantulnya?
2. Seorang anak berdiri di depan cermin datar yang membuat bayangannya berjarak 4m dari anak tersebut. Jika cermin datar digerakkan dengan kecepatan 2 m/s menjauhi anak tersebut, tentukan jarak anak itu dengan bayangannya setelah 3 detik.
3. Dua buah cermin datar membentuk sudut ?. Sebuah benda terletak di antara kedua cermin itu. Jika sudut cermin diperbesar 30° ternyata jumlah bayangannya berkurang 16 buah. Tentukan besar sudut ?.
4. Tentukan sifat bayangan dari sebuah benda yang terletak 5 cm di depan sebuah cermin cekung berjarak fokus 10 cm.
5. Sebuah benda diletakkan 30 cm di depan sebuah cermin cekung. Tentukan jari-jari kelengkungan cermin, jika bayangan yang terbentuk 2 kali dan bersifat nyata.
6. Jarak antara benda dan bayangan nyata diperbesar dalam suatu cermin cekung adalah 20 cm. Jika jari-jari kelengkungan cermin adalah 15 cm, maka tentukan letak benda dari cermin.
7. Sebuah cermin cembung mempunyai jarak fokus 8 cm. Jika jarak bayangan ke cermin 6 cm, maka tentukan jarak benda ke cermin.
8. Sebuah benda tingginya 8 cm diletakkan pada jarak 50 cm di depan sebuah cermin cembung yang jari-jari kelengkungannya 25 cm. Tentukan tinggi bayangan yang terjadi.
9. Bayangan yang terbentuk dari sebuah benda yang terletak 2m dari cermin cembung adalah $\frac{1}{16}$ kali tinggi benda. Tentukan jarak fokus cermin cembung tersebut.

10. Sebuah benda terletak 37,5 cm di depan cermin cekung yang berjarak fokus 25 cm. Jika benda digerakkan 2,5 cm menjauhi cermin, maka tentukan pergeseran bayangannya.

f. Kunci Jawaban Formatif

1. Sudut putar sinar pantul = 30°
2. Jarak anak dengan bayangan = 16 m.
3. ? = 15°.
4. Sifat bayangan : maya, tegak, diperbesar, dan di belakang cermin.
5. Jari-jari kelengkungan R = 40 cm.
6. Letak benda dari cermin s = 10 cm.
7. Jarak benda dari cermin s = 24 cm.
8. Tinggi bayangan h' = 1,6 cm.
9. Jarak fokus f = 13,33 cm.
10. Pergeseran bayangan ?s' = 8,33 cm.

g. Lembar Kerja

CERMIN DATAR

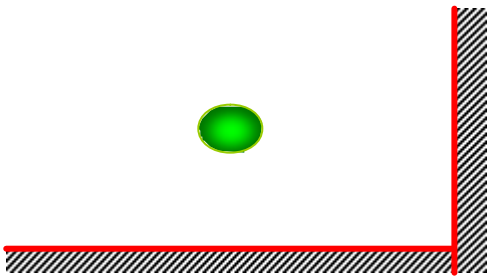
Tujuan:

Menyelidiki jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua buah cermin datar.

Alat-alat:

- 2 buah cermin datar dan penumpunya.
- 1 buah jarum pentul atau uang logam.
- 1 buah busur derajat.

Langkah-langkah Kerja :



1. Letakkan dua buah cermin datar yang berpenumpu di atas meja. Bagian depan cermin menghadap ke ruang yang sama.
2. Atur sudut antara kedua cermin sama dengan 90°.
3. Letakkan sekeping uang logam atau jarum pentul di depan cermin.
4. Hitung jumlah bayangan yang terbentuk.
5. Ulangi langkah 1 sampai dengan langkah 4 untuk sudut antara kedua cermin : 60°, 45°, dan 30°.

6. Tulis hasil pengamatan anda pada tabel berikut :

Sudut antara kedua cermin	Jumlah bayangan
90°	
60°	
45°	
30°	

7. Dari hasil yang anda peroleh, apakah ada hubungan antara sudut kedua cermin dengan jumlah bayangan yang terbentuk?, jika ada, nyatakan hubungan tersebut dengan sebuah persamaan.
8. Coba anda lakukan kegiatan di atas dengan sudut-sudut yang lain.

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

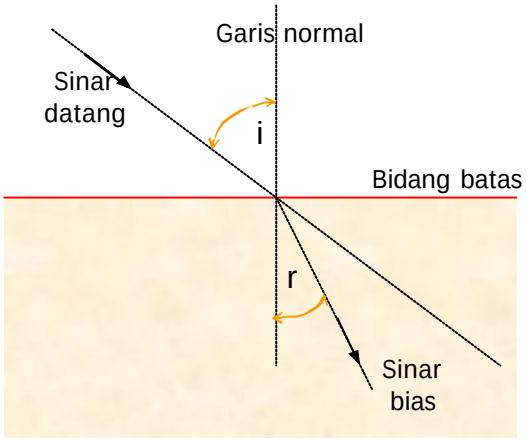
Setelah mempelajari kegiatan belajar ini, diharapkan siswa dapat:

- Menjelaskan hukum-hukum pembiasan.
- Menjelaskan pembentukan bayangan oleh pembiasan pada bidang datar.
- Menjelaskan pembentukan bayangan oleh pembiasan pada bidang lengkung.
- Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada lensa cembung dengan sinar-sinar istimewa.
- Menggambarkan (melukiskan) pembentukan bayangan pada lensa cekung dengan sinar-sinar istimewa.
- Menjelaskan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung.
- Membedakan sifat-sifat bayangan nyata dengan bayangan maya berdasarkan sinar-sinar bias yang membentuk bayangan.
- Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung.
- Menentukan letak bayangan yang dibentuk oleh lensa cekung.
- Menentukan jarak bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung.
- Menentukan jarak bayangan yang dibentuk oleh lensa cekung.
- Menghitung perbesaran bayangan oleh lensa cembung.
- Menghitung perbesaran bayangan oleh lensa cekung.
- Menentukan jarak fokus lensa cembung.
- Menentukan jarak fokus lensa cekung.
- Menentukan daya akomodasi (kekuatan lensa).

b. Uraian Materi

1. Pembiasan

Pembiasan adalah pembelokkan arah penjalaran gelombang (sinar) karena melewati dua medium yang memiliki kerapatan berbeda.



- *Sudut datang* (i) adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal.
- *Sudut bias* (r) adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal.
- *Sudut deviasi* (?) adalah sudut yang dibentuk oleh perpan-jangan sinar datang dengan sinar bias.

Hukum pembiasan

Karena pertama kali dikemukakan oleh *Willebrord Snellius*, maka terkenal dengan hukum Snellius.

? Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.

? Sinar datang dari medium (zat optik) yang kurang rapat ke medium lebih rapat akan dibiaskan mendekati garis normal. Sinar datang dari medium (zat optik) yang lebih rapat ke medium kurang rapat akan dibiaskan menjauhi garis normal. Sinar datang yang tegak lurus bidang batas tidak dibiaskan melainkan diteruskan.

Persamaan Snellius

Persamaan Snellius berkaitan dengan *indeks bias* suatu medium. Ada dua konsep indeks bias, yaitu indeks bias mutlak (n), dan indeks bias relatif (n_{21}), yaitu indeks bias medium 2 relatif terhadap medium 1. Persamaan indeks bias dituliskan:

- *Indeks bias mutlak*, yaitu perbandingan sinus sudut datang (i) dengan sinus sudut bias (r), yaitu sinar datang dari vakum atau udara menuju ke suatu medium tertentu: $n = \frac{\sin i}{\sin r}$.
- Jika sinar datang dari medium 1 dengan sudut datang (θ_1) dan dibiaskan dengan sudut bias (θ_2) dalam medium 2, maka perbandingan sinus θ_1 dengan sinus θ_2 disebut indeks bias relatif medium 2 terhadap medium 1, ditulis: $n_{21} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$.

Hubungan cepat rambat, frekuensi, dan panjang gelombang cahaya dengan indeks bias dapat dituliskan sebagai berikut:

- $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ atau $v_1 n_1 = v_2 n_2$.
- $n = \frac{\text{cepat rambat cahaya dalam udara}}{\text{cepat rambat dalam medium}} = \frac{c}{v}$.
- Karena $v = f \lambda$ dengan frekuensi cahaya dalam medium adalah tetap, maka v sebanding dengan panjang gelombang λ, sehingga: $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ atau $\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$ dan indeks bias mutlak ditulis: $n = \frac{\text{panjang gelombang cahaya dalam udara}}{\text{panjang gelombang cahaya dalam medium}} = \frac{\lambda_{udara}}{\lambda_{medium}}$

Pemantulan sempurna

Syarat terjadinya pemantulan sempurna pada bidang batas antara dua medium adalah:

- Sinar harus datang dari medium yang lebih rapat ke medium yang kurang rapat.
- Sudut datang lebih besar dari pada sudut kritis atau sudut batas. Sudut kritis (i_k) adalah sudut datang dari suatu medium yang menghasilkan sudut bias sebesar 90°. Dari persamaan Snellius dapat dituliskan persamaan sudut kritis : $\sin i_k = \frac{n_2}{n_1}$.

Contoh 1 :

Seberkas cahaya merambat dari udara menuju kaca dengan sudut datang 37°. Jika cepat rambat cahaya di udara 3×10^8 m/s, frekuensi cahaya 6×10^{14} Hz, indeks bias udara = 1, dan indeks bias kaca = 1,5.

Tentukan:

a. Sudut bias.
b. Cepat rambat cahaya dalam kaca.
c. Panjang gelombang cahaya di udara.
d. Panjang gelombang cahaya dalam kaca.

Jawab :

- Untuk udara diberi indeks 1, sedangkan kaca berindeks 2.
- Sudut datang $\theta_1 = 37^o$.
- Cepat rambat cahaya di udara $v_1 = 3 \times 10^8$ m/s.
- indeks bias udara $n_1 = 1$.
- indeks bias kaca $n_2 = 1,5$.
- frekuensi $f_1 = f_2 = f = 6 \times 10^{14}$ Hz.

a. Untuk menghitung sudut bias digunakan persamaan:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad = \quad \frac{\sin 37^o}{\sin\theta_2} = \frac{1,5}{1} \quad = \quad \frac{0,6}{\sin\theta_2} = \frac{1,5}{1} \quad =$$

$$\sin\theta_2 = 0,4$$

$$\theta_2 = 57,29°$$

b. Cepat rambat cahaya dalam kaca dihitung dengan persamaan:

$v_1 n_1 ? v_2 n_2 ?$ $3 ? 10^8 (1) ? v_2 (1,5) ?$ $v_2 = 2 ? 10^8$ m/s.

c. Panjang gelombang cahaya di udara dihitung dengan persamaan:

$v_1 ? f ?_1 ?$ $3 ? 10^8 = (6 ? 10^{14}) ?_1 ? ?_1 = 5 ? 10^{-7}$ m.

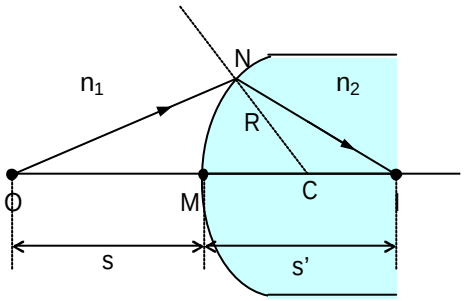
Jadi panjang gelombang cahaya di udara sebesar $5 ? 10^{-7}$ m.

d. Panjang gelombang cahaya dalam kaca dihitung dengan persamaan:

$v_2 ? f ?_2 ?$ $2 ? 10^8 = (6 ? 10^{14}) ?_2 ? ?_2 = 3,3 ? 10^{-7}$ m.

Jadi panjang gelombang cahaya dalam kaca sebesar $3,3 ? 10^{-7}$ m.

Pembiasan pada Bidang Lengkung



? Cahaya datang dari benda di titik O yang berjarak s dari permukaan lengkung dan mengenai permukaan di titik N kemudian dibiaskan ke titik I yang berjarak s' dari permukaan. Indeks bias medium benda n_1 dan indeks bias mediun bayangan n_2. Jika jari-jari kelengkungan permukaan lengkung adalah R, maka berlaku:

$$\frac{n_1}{s} ? \frac{n_2}{s'} ? \frac{n_2 ? n_1}{R}.$$

? Persamaan tersebut juga berlaku untuk pembiasan pada bidang datar, dengan jari-jari kelengkungannya R mendekati tak hingga (R = ?):

$$? \quad \frac{n_1}{s} ? \frac{n_2}{s'} ? 0 \quad ? \quad \frac{n_1}{s} ? \frac{? n_2}{s'} \quad ? \quad s' ? \frac{? n_2}{n_1} ? s.$$

? Jika tinggi benda adalah h dan tinggi bayangan h', maka perbesaran pada permukaan lengkung adalah:

$$M = \frac{h'}{h} = \left| \frac{s'}{s} - \frac{n_1}{n_2} \right|$$

? Perjanjian penggunaan tanda:

- R bernilai +, jika sinar datang mengenai permukaan yang cembung.
- R bernilai -, jika sinar datang mengenai permukaan yang cekung.
- S bernilai +, jika benda nyata, dan -, jika benda maya.
- S' bernilai +, jika bayangan nyata, dan -, jika bayangan maya.

? *Panjang fokus*. Panjang fokus ada dua jenis, yaitu panjang fokus benda (f_1) dan panjang fokus bayangan (f_2).

- Panjang fokus pertama (fokus benda) dihasilkan jika bayangan terletak di tak hingga. Jarak benda merupakan panjang fokus pertama. Berlaku persamaan:

$$f_1 = \frac{n_1}{n_2 - n_1} - R$$

- Panjang fokus kedua (fokus bayangan) dihasilkan jika benda terletak di tak hingga. Jarak bayangan merupakan panjang fokus kedua. Berlaku persamaan:

$$f_2 = \frac{n_2}{n_2 - n_1} - R \,.$$

<u>Contoh 2:</u>

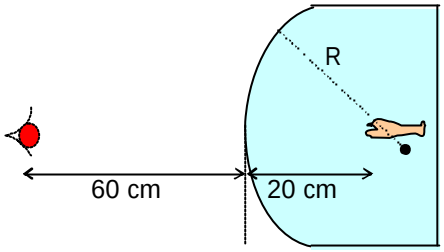
Seekor ikan berada dalam akuarium berbentuk bola dengan jari-jari 40 cm yang berisi air. Ikan berada pada jarak 20 cm terhadap dinding akuarium yang diamati Rusli pada jarak 60 cm dari dinding akuarium tersebut. Jika indek bias air 4/3, maka tentukan:

a. jarak bayangan ikan menurut Rusli.

b. jarak bayangan Rusli menurut ikan.

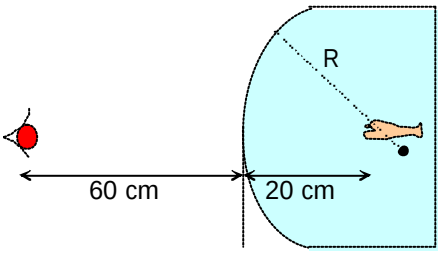
Jawab:

a. *Rusli melihat ikan*.



- Ikan sebagai benda, berarti sinar datang dari ikan. Dari data berarti:
  - ? $n_1 = n_{air} = 4/3$.
  - ? $n_2 = n_{udara} = 1$.
  - ? R = - 40 cm (*karena sinar menge-nai permukaan cekung*).
  - ? S = 20 cm (*jarak ikan ke dinding akuarium*).
- Gunakan persamaan pembiasan pada bidang lengkung:
- $\frac{\frac{4}{3}}{20}$? $\frac{1}{s'}$? $\frac{1 ? \frac{4}{3}}{? 40}$? $\frac{4}{60}$? $\frac{1}{s'}$? $\frac{1}{120}$? $\frac{1}{s'}$? $\frac{? 7}{120}$? s' = - 17,1 cm.
- Bayangan ikan bersifat maya (*satu medium dengan bendanya*) berjarak 17,1 cm dari permukaan akuarium.

b. *Ikan melihat Rusli*.



- Rusli sebagai benda, berarti sinar datang dari Rusli. Dari data berarti:
  - ? $n_1 = n_{udara} = 1$.
  - ? $n_2 = n_{air} = 4/3$.
  - ? R = +40 cm (*karena sinar mengenai permukaan cembung*).
  - ? S = 60 cm (*jarak Rusli ke dinding akuarium*).
- Gunakan persamaan pembiasan pada bidang lengkung:

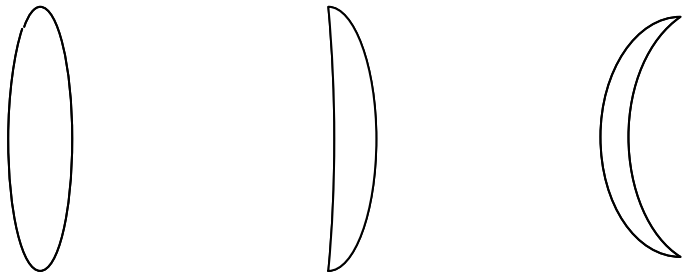
- $\frac{1}{60} ? \frac{\frac{4}{3}}{s'} ? \frac{\frac{4}{3} ? 1}{40} ? \frac{1}{60} ? \frac{4}{3s'} ? \frac{1}{120} ? \frac{4}{3s'} ? \frac{? 1}{120} ?$

  $s' ? ? 160$ cm .

- Bayangan Rusli bersifat maya (*satu medium dengan bendanya*) berjarak 160 cm dari permukaan akuarium.

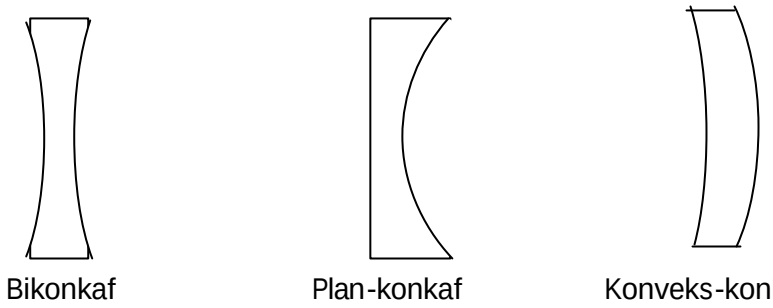
2. Lensa Tipis

- Lensa tipis adalah lensa yang ketebalannya dapat diabaikan.
- Ada dua jenis lensa, yaitu lensa cembung dan lensa cekung.
- Lensa cembung (konveks) memiliki bagian tengah yang lebih tebal dari pada bagian tepinya, sehingga sinar-sinar biasnya bersifat mengumpul. Lensa ini disebut juga lensa *konvergen*.
- Lensa cekung (konkaf) memiliki bagian tengah yang lebih tipis dari pada bagian tepinya, sehingga sinar-sinar biasnya bersifat memencar. Lensa ini disebut juga lensa *divergen*.
- Untuk memberi nama pada lensa, maka permukaan yang mempunyai jari-jari yang lebih besar disebut lebih dahulu jika penamaannya menggunakan serapan bahasa asing (Inggris). Semua kelompok lensa cembung (konveks) memiliki nama yang diakhiri dengan konveks dan semua kelompok lensa cekung (konkaf) memiliki nama yang diakhiri dengan konkaf.
- Penamaan lensa:
  - Untuk lensa cembung (konveks).

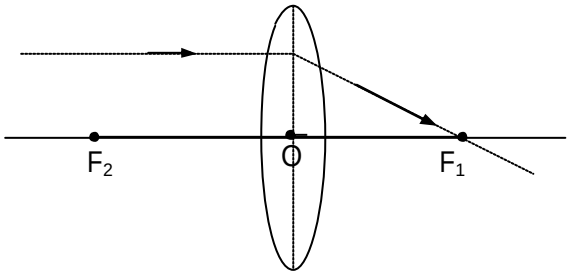


Bikonveks Plan-konveks Konkaf-konveks

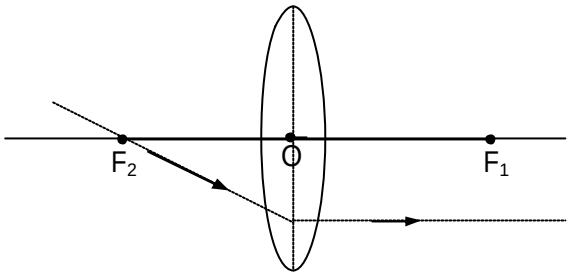
- Untuk lensa cekung (konkaf).



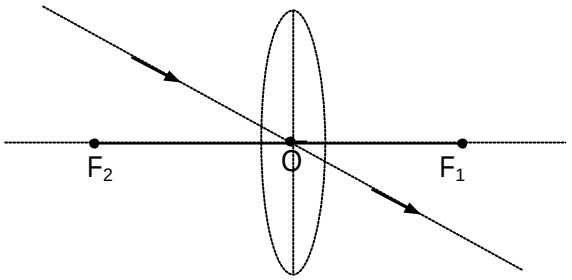
- Sinar menuju lensa dapat dilakukan dari dua arah, sehingga pada lensa terdapat dua titik fokus (dilambangkan F_1 dan F_2). Titik fokus F_1 disebut titik *fokus aktif*, karena sinar sejajar sumbu utama dibiaskan melalui atau seolah-olah dari titik tersebut. Sedangkan titik fokus F_2 disebut titik *fokus pasif*.
- Titik fokus F_1 untuk lensa cembung diperoleh dari perpotongan langsung sinar-sinar bias, sehingga fokus F_1 adalah fokus *nyata* dan lensa cembung disebut lensa *positif*.
- Titik fokus F_1 untuk lensa cekung diperoleh dari perpotongan perpanjangan sinar-sinar bias, sehingga fokus F_1 adalah fokus *maya* dan lensa cekung disebut lensa *negatif*.
- Untuk lensa cembung titik fokus F_1 berada di daerah sinar bias, sedangkan untuk lensa cekung berada di daerah sinar datang.
- Sinar-sinar istimewa pada lensa tipis.
  - Untuk lensa cembung.



a. Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan melalui titik fokus F_1.

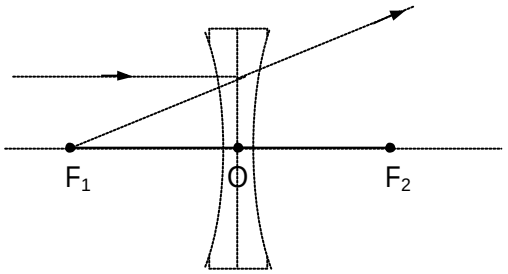


b. Sinar datang melalui titik fokus pasif F_2 akan dibiaskan sejajar sumbu utama.

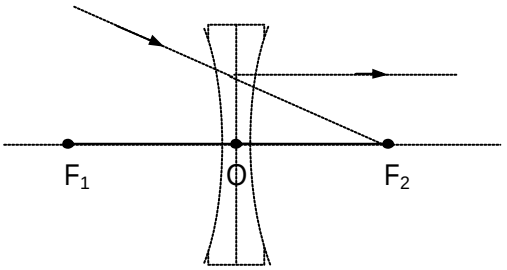


c. Sinar datang melalui titik pusat optik O akan diteruskan tanpa dibiaskan.

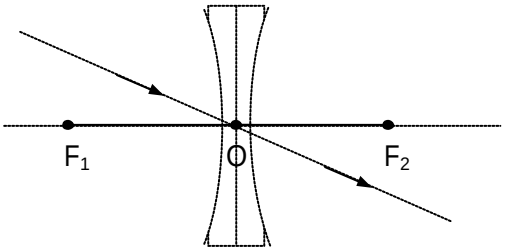
- **Untuk lensa cekung**.



a) Sinar datang sejajar sumbu utama dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus aktif F_1.



b) Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus pasif F_2 dibiaskan sejajar sumbu utama.

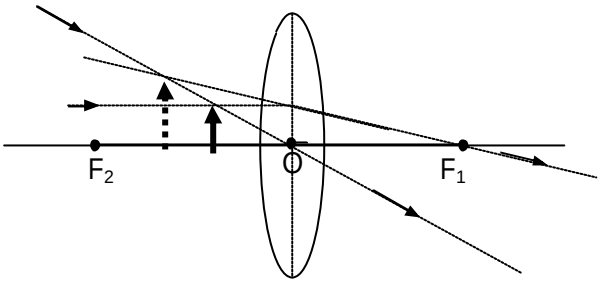


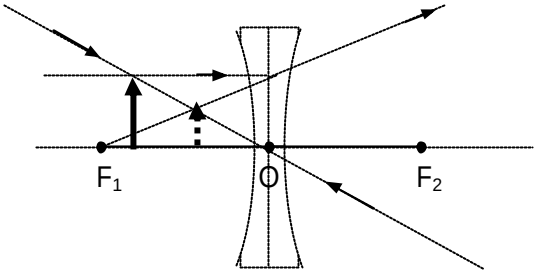
c) Sinar datang melalui pusat optik O diteruskan tanpa dibiaskan.

- *Melukis Pembentukan Bayangan Pada Lensa*. Cara Melukis bayangan pada lensa mirip dengan cara melukis bayangan pada cermin lengkung. Dari tiga jenis sinar istimewa, kita dapat menggunakannya hanya 2 sinar saja. Langkah-langkah yang diperlukan adalah sebagai berikut:
  - Lukis dua buah sinar istimewa.
  - Sinar selalu datang dari depan lensa dan dibiaskan ke belakang lensa. Perpanjangan sinar-sinar bias ke depan lensa dilukis sebagai garis putus-putus.
  - Perpotongan kedua buah sinar bias yang dilukis pada langkah pertama merupakan letak bayangan. Jika perpotongan diperoleh dari *sinar-sinar bias*, maka bayangannya adalah *nyata*, tetapi jika perpotongan diperoleh dari *perpanjangan sinar-sinar bias*, maka bayangan yang dihasilkan adalah *maya*.

  Gambar di bawah ini merupakan salah satu contoh pembentukan bayangan oleh lensa cembung dan lensa cekung. Sifat-sifat bayangan yang dihasilkan adalah:

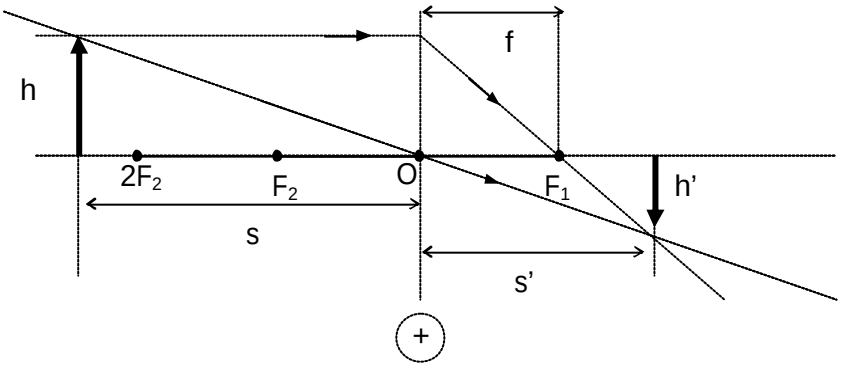
- Untuk lensa cembung.
  - Jika benda terletak antara fokus dan pusat optik, maka bayangan bersifat : maya, tegak, dan diperbesar.
  - Benda di titik fokus, maka bayangan berada di jauh tak hingga.
  - Jika benda terletak antara fokus dan dua kali fokus, maka bayangan bersifat : nyata, terbalik, dan diperbesar.
  - Benda di titik dua kali fokus, maka bayangan bersifat : nyata, terbalik, dan sama besar.
  - Jika benda terletak lebih jauh dari dua kali fokus, maka bayangan bersifat : sejati, terbalik, dan diperkecil.
- Untuk lensa cekung.
  - Benda di depan lensa cekung, bayangan yang dihasilkan selalu bersifat : maya, tegak, dan diperkecil, serta terletak di depan lensa antara pusat optik sampai titik fokus.





✍ Rumus lensa tipis adalah persis sama dengan rumus umum cermin lengkung, yaitu: $\frac{1}{s} ? \frac{1}{s'} ? \frac{1}{f}$.

Perhatikan gambar di bawah ini, untuk memahami besaran-besaran pada lensa tipis. Lensa tipis cukup kita gambar garis saja.



✍ Perjanjian tanda untuk menggunakan rumus lensa tipis:

- ? S bertanda +, jika benda terletak di depan lensa (nyata).
- ? S bertanda -, jika benda terletak di belakang lensa (maya).
- ? S' bertanda +, jika bayangan terletak di belakang lensa (nyata).
- ? S' bertanda -, jika bayangan terletak di depan lensa (maya).
- ? S bertanda +, jika benda terletak di depan lensa.
- ? f bertanda +, jika lensa cembung.
- ? f bertanda -, jika lensa cekung.

✍ Bagian depan lensa adalah sisi lensa yang menerima sinar datang, sedangkan bagian belakang lensa adalah sisi di mana sinar dibiaskan.

✍ Dari rumus lensa tipis di atas dapat dituliskan persamaan untuk menghitung langsung s, s', dan f adalah:

$$s = \frac{s'f}{s' - f} \quad ; \quad s' = \frac{sf}{s - f} \quad ; \quad f = \frac{ss'}{s + s'}$$

- Perbesaran linier didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi bayangan dengan tinggi benda, yang memenuhi hubungan dengan jarak bayangan dan jarak benda, yaitu:

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

- *Persamaan pembuat lensa*. Jarak fokus dari sebuah lensa dapat ditentukan dari jari-jari kelengkungan kedua permukaan lensa dengan persamaan:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_l}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

dengan : n_l = indeks bias lensa.

n_m = indeks bias medium di sekitar lensa.

R_1 = jari-jari kelengkungan bagian depan lensa.

R_2 = jari-jari kelengkungan bagian belakang lensa.

Perjanjian tanda untuk R (baik R_1 maupun R_2):

- R bertanda +, jika permukaan cembung.
- R bertanda -, jika permukaan cekung.
- R bertanda ∞ , jika permukaan datar.

<u>Contoh 3:</u>

Sebuah lensa memiliki jarak fokus 20 cm. Tentukan letak bayangan, perbesaran bayangan, dan sifat bayangan dari sebuah benda yang diletakkan 30 cm di depan lensa, jika lensa tersebut adalah : (a) lensa cembung, (b) lensa cekung.

Jawab:

a) Untuk lensa cembung

o Jarak fokus f = + 20 cm.

o Jarak benda s = + 30 cm (+, *karena benda di depan lensa*).

o Letak bayangan:

$$s' = \frac{s\,f}{s - f} = \frac{30\,(20)}{30 - 20} = 60\,\text{cm}.$$

Karena s' bertanda positif, maka bayangan terletak 60 cm di belakang lensa (*bayangan nyata dan terbalik*).

o Perbesaran bayangan:

$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \frac{60}{30} = 2$, Jadi bayangan diperbesar 2 kali dari benda.

o Sifat-sifat bayangan: nyata, terbalik, di belakang lensa, dan diperbesar.

b) Untuk lensa cekung.

o Jarak fokus f = - 20 cm (-, *karena lensa cekung*).

o Jarak benda s = + 30 cm (+, *karena benda di depan lensa*).

o Letak bayangan:

$$s' = \frac{s\,f}{s - f} = \frac{30\,(-20)}{30 - 20} = -12\,\text{cm}.$$

Karena s' bertanda negatif, maka bayangan terletak 12 cm di depan lensa (*bayangan maya dan tegak*).

o Perbesaran bayangan:

$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = \left|\frac{-12}{30}\right| = 0{,}4$, Jadi bayangan diperkecil 0,4 kali dari benda.

o Sifat-sifat bayangan : maya, tegak, di depan lensa, dan diperkecil.

Contoh 4:

Tentukan letak suatu benda di depan lensa cembung yang berjarak fokus 12 cm agar diperoleh bayangan 4 kali besar benda dan bersifat: (a) nyata, (b) maya.

Jawab:

- Jarak fokus f = + 12 cm (+, *karena lesa cembung*)
- Perbesaran M = 4

a) Bayangan bersifat nyata, berarti s' bertanda +, ditulis:

s' = + M s = + 4s

Jarak benda:

$$\frac{1}{s} ? \frac{1}{s'} ? \frac{1}{f} ? \frac{1}{s} ? \frac{1}{4s} ? \frac{1}{12} ? \frac{5}{4s} ? \frac{1}{12} ? \quad s = 15 \text{ cm}$$

b) Bayangan bersifat maya, berarti s' bertanda -, ditulis:

s' = - M s = - 4s

Jarak benda:

$$\frac{1}{s} ? \frac{1}{s'} ? \frac{1}{f} ? \frac{1}{s} ? \frac{1}{? 4s} ? \frac{1}{12} ? \frac{3}{4s} ? \frac{1}{12} ? \quad s =$$

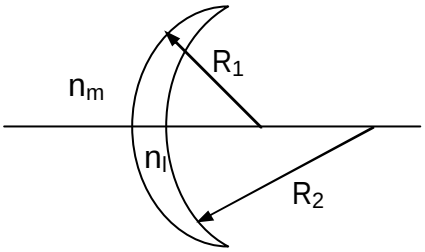
9cm.

Contoh 5 :

Sebuah lensa berindeks bias 1,5 dibatasi oleh dua permukaan lengkung. Permukaan pertama cembung berjari-jari 15 cm dan permukaan kedua cekung berjari-jari 30 cm. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa, jika:

a) Lensa berada di udara (n_u = 1).
b) Lensa berada di air (n_{air} = 4/3).
c) Lensa berada dalam medium dengan indeks bias 1,55.

Jawab :



- R_1 = + 15 cm (*permukaan cembung*).
- R_2 = - 30 cm (*permukaan cekung*).
- Indeks bias lensa n_l = 1,5.

a) Lensa berada di udara, berarti n_m = 1.

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_l}{n_m} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \left(\frac{1,5}{1} - 1\right)\left(\frac{1}{15} - \frac{1}{-30}\right) = \frac{1}{60}.$$

Jadi f = 60 cm, karena f positif, maka lensanya adalah cembung.

b) Lensa berada di air, berarti n_m = 4/3.

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_l}{n_m} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \left(\frac{1,5}{\frac{4}{3}} - 1\right)\left(\frac{1}{15} - \frac{1}{-30}\right) = \frac{1}{8}\left(\frac{1}{30}\right) = \frac{1}{240}$$

Jadi f = 240 cm, karena *f* positif, maka lensanya adalah cembung.

c) Lensa berada di medium dengan indeks bias n_m = 1,55.

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_l}{n_m} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \left(\frac{1,5}{1,55} - 1\right)\left(\frac{1}{15} - \frac{1}{-30}\right) = -\frac{1}{31}\left(\frac{1}{60}\right)$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{1860}$$

Jadi f = - 1860 cm, karena f negatif, maka lensanya adalah cekung.

✍ Kuat lensa, yaitu besaran yang menyatakan ukuran lensa. Kuat lensa (*dilambangkan* p) didefinisikan sebagai kebalikan jarak fokus (f), dituliskan dalam persamaan:

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

Satuan kuat lensa (P) dalam dioptri dan jarak fokus (f) dalam meter. Kuat lensa menggambarkan kemampuan lensa untuk mengumpulkan sinar. Lensa cembung memiliki kuat lensa yang positif (+), sedang lensa cekung memiliki kuat lensa negatif (-).

Contoh 6 :

Sebuah lensa mempunyai indeks bias 1,5 dan kekuatannya 8 dioptri bila berada di udara (n_u = 1). Tentukan kuat lensa dalam air (n_a = 4/3).

Jawab :

- Lensa berada di udara, n_m = 1, dan P = 8 dioptri.
- Lensa berada di air, n_m' = 4/3, dan P = ?.
- Kita gunakan persamaan pembuat lensa:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_l}{n_m} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \quad ...*) \quad \text{bila berada di udara.}$$

$$\frac{1}{f'} = \left(\frac{n_l}{n_m'} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \quad ...**) \quad \text{bila berada di air.}$$

- Perhatikan R_1 dan R_2 tidak berubah baik dalam udara maupun dalam air (*mengapa ?, coba anda jelaskan*)
- Jika persamaan *) dibagi dengan persamaan **), diperoleh :

- $$\frac{P}{P'} = \frac{(n_l - n_m)\,n_m'}{(n_l - n_m')\,n_m} = \frac{8}{P'} = \frac{(1{,}5 - 1)\,\frac{4}{3}}{(1{,}5 - \frac{4}{3})\,1} = \frac{8}{P'} = \frac{4}{1} = \text{P = 2 dioptri.}$$

c. Rangkuman

1. Hukum utama pembiasan:
   - Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
   - Sinar datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat, dibelokkan mendekati garis normal, sebaliknya akan dibiaskan menjauhi garis normal.

     Ketika cahaya merambat dari satu medium ke medium lain, cepat rambat dan panjang gelombang berubah, tetapi frekuensi cahaya tetap.

     Persamaan-persamaan untuk pembiasan :

     $n_1 \sin ?_1 \; ? \; n_2 \sin ?_2$; $n_1 v_1 \; ? \; n_2 v_2$; $n_1 ?_1 \; ? \; n_2 ?_2$

2. Jika sinar datang dari medium yang indeks biasnya n_1 menuju medium dengan indeks bias n_2 pada suatu permukaan lengkung dengan jari-jari R, berlaku: $\frac{n_1}{s} \; ? \; \frac{n_2}{s'} \; ? \; \frac{n_2 \; ? \; n_1}{R}$. Untuk menggunakan persamaan ini anda harus sangat memperhatikan perjanjian tandanya.

3. Lensa cembung adalah lensa yang bagian tengahnya lebih tebal dari bagian tepinya, titik fokus aktifnya terletak di belakang lensa (f positif) dan bersifat konvergen (mengumpulkan cahaya). Lensa cekung adalah lensa yang bagian tengahnya lebih tipis dari pada bagian tepinya, titik fokus aktifnya terletak di depan lensa (f negatif) dan bersifat divergen (memencarkan cahaya).

4. Jarak fokus sebuah lensa yang terdiri dari bidang depan dan bidang belakang dengan jari-jari kelengkungan R_1 dan R_2 adalah:

$$\frac{1}{f} \; ? \; \left(\frac{n_l}{n_m} \; ? \; 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} \; ? \; \frac{1}{R_2} \right)$$

5. Ukuran lensa dinyatakan dengan kuat lensa (P) dalam satuan dioptri, ditulis dalam persamaan : $P \ ? \ \frac{1}{f}$; di mana f dalam meter.

d. Tugas

Pertanyaan Konsep :

1. Jelaskan yang anda ketahui tentang:
   1. Pembiasan cahaya.
   2. Hukum Snellius.
   3. Indeks bias mutlak.
   4. Indeks bias relatif.
   5. Sudut kritis.
   6. Pemantulan sempurna.
   7. Lensa cembung.
   8. Lensa cekung.
   9. Kuat lensa.
2. Apakah jarak fokus dan kekuatan lensa selalu tetap apabila lensa berada dalam medium yang berbeda indeks biasnya?, Berikan penjelasan anda.
3. Mengapa lensa memiliki dua titik fokus, sedangkan cermin lengkung (cekung dan cembung) hanya memiliki satu titik fokus?
4. Bagaimana anda dapat menggolongkan suatu lensa termasuk lensa cembung atau lensa cekung, jika anda diberikan beberapa lensa?
5. Sebuah lensa terbuat dari bahan yang indeks biasnya kurang dari indeks bias air (n_{air} = 1,33, sedang n_l = 1,3). Jika lensa tersebut di udara n_u=1 adalah suatu lensa konvergen, apakah lensa tersebut masih lensa konvergen, apabila berada dalam air? Jelaskan dengan menggunakan persamaan pembuat lensa dan buat diagram penjalaran sinar.

Pertanyaan Soal :

1. Sebuah lensa konvergen memiliki jarak fokus 15 cm. Tentukan letak dan sifat bayangan, serta lukisan pembentukan bayangan, jika suatu benda diletakkan di depan lensa pada jarak: (a) 60 cm (b) 30 cm (c) 20 cm (d) 10 cm.

2. Jika sebuah benda diletakkan 18 cm di depan lensa, ternyata terbentuk bayangan pada layar di belakang lensa sejauh 32 cm. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa tersebut.

3. Sebuah lensa berjarak fokus 24 cm membentuk bayangan maya yang tingginya sepertiga tinggi benda. Tentukan letak benda dan jenis lensa yang digunakan.

4. Sebuah lensa plan-konveks memiliki jari-jari lengkung 30 cm terbuat dari bahan yang indeks biasnya 1,5. Tentukan jarak fokus lensa di udara (n_u=1) dan di dalam cairan (n_c = 1,2).

5. Sebuah lensa dibatasi oleh dua permukaan lengkung terbuat dari bahan yang indeks biasnya 1,5. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa di udara, jika : (a) permukaan pertama cekung dengan jari-jari 40 cm dan permukaan kedua cembung dengan jari-jari 20 cm, (b) permukaan pertama cekung dengan jari-jari 20 cm dan permukaan kedua cembung dengan jari-jari 40 cm.

6. Suatu benda tingginya 2 cm diletakkan di depan lensa pada jarak 25 cm. Kekuatan lensa tersebut adalah 0,5 dioptri. Tentukan : (a) letak, tinggi, dan sifat bayangan, (b) jika benda digeser 5 cm mendekati lensa, tentukan jarak bayangan bergeser dari semula dan ke mana arahnya.

e. Tes Formatif

1. Berkas cahaya dengan panjang gelombang 600 nm dari udara masuk ke dalam air. Jika indeks bias air= 4/3, tentukan cepat rambat cahaya, panjang gelombang dan frekuensi cahaya dalam air.

2. Benda tinggi 1,5 cm berada 16 cm di depan lensa cembung dengan jarak fokus 12 cm.
   a) Lukis diagram sinar untuk menentukan letak bayangan.
   b) Dengan persamaan lensa, tentukan letak bayangan.
   c) Tentukan sifat bayangan.

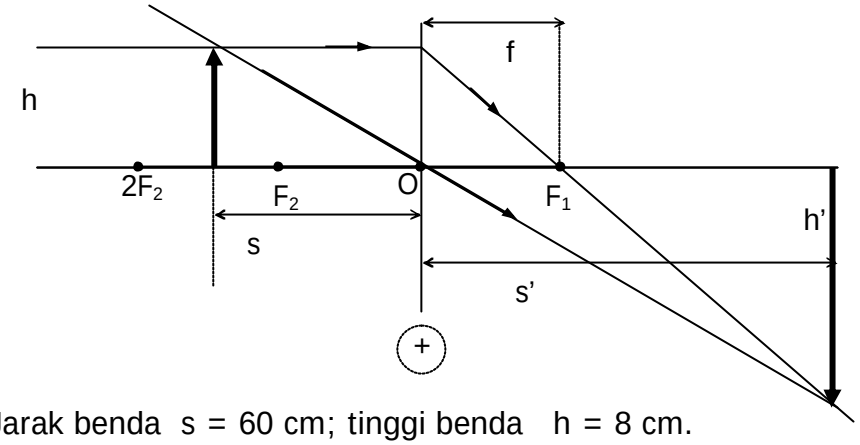
3. Sebuah lensa cekung memiliki jarak fokus 20 cm. Sebuah benda berada di depan lensa, terbentuk bayangan berjarak 15 cm dari lensa dan tingginya 2 cm. Tentukan jarak benda dari lensa dan tinggi benda.

4. Sebuah pensil yang panjangnya 20 cm diletakkan membujur sepanjang sumbu utama sebuah lensa cembung yang berjarak fokus 10 cm. Ujung pensil yang terdekat dengan lensa berjarak 30 cm. Tentukan panjang bayangan pensil tersebut.

5. Sebuah lensa bikonveks berindeks bias 1,5 dan berjari-jari 9 cm dan 18 cm berada di udara. Jika benda diletakkan 21 cm di depan lensa, tentukan : (a) jarak fokus lensa, (b) jarak bayangan, (c) kekuatan lensa.

f. Kunci Jawaban

1. v_a = 2,25 ? 10^8 m/s, ?$_a$ = 450 nm , dan frekuensi f = 5 ? 10^{14} Hz.
2. (b) s' = 48 cm, (c) sifat bayangan : nyata, terbalik, dan diperbesar.



3. Jarak benda s = 60 cm; tinggi benda h = 8 cm.
4. Panjang bayangan ?s' = 2,5 cm.
5. (a) f = 12 cm; (b) s' = 30 cm; (c) kuat lensa, P = 8,33 dioptri.

g. Lembar Kerja

LENSA CEMBUNG

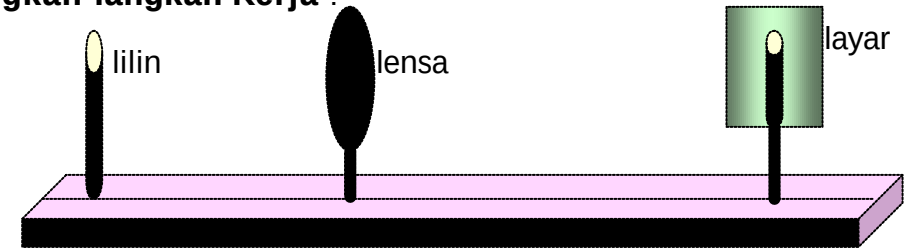
Tujuan:

Menentukan hubungan antara jarak benda dan jarak bayangan pada lensa cembung.

Alat-alat:

- 2 buah lensa cembung
- 1 buah bukti
- 1 buah lilin
- 1 buah Lampu optik
- 1 buah layar

Langkah-langkah Kerja :



1. Letakkan lilin yang dinyalakan di depan lensa cembung dan layar di belakang lensa, usahakan letak lilin dari layar lebih besar dari pada panjang fokus lensa cembung.
2. Geser-geserlah letak layar sepanjang mistar bangku optik sehingga bayangan lilin (benda) terlihat paling jelas pada layar.
3. Ukur jarak lilin ke lensa disebut jarak benda (s), dan jarak layar ke lensa disebut jarak bayangan (s').
4. Ulangi langkah 1 sampai 3 untuk jarak benda (s) yang berbeda-beda.
5. Catat hasil pengukuran pada tabel berikut.

s	s'	1/s	1/s'	(1/s) + (1/s')

6. Bagaimana kesimpulan anda ?

BAB III. EVALUASI

A. Tes Tertulis

Kerjakan semua soal di bawah ini !

1. Dua buah cermin datar diletakkan dengan sudut 40° satu sama lainnya. Berapa jumlah bayangan dari sebuah lilin yang diletakkan diantara kedua cermin tersebut?
2. Sebuah benda diletakkan di depan cermin cekung yang mempunyai jarak fokus 30 cm. Tentukan letak suatu benda di depan cermin agar terbentuk bayangan maya yang 2 kali lebih besar.
3. Tentukan jarak fokus cermin cembung, jika cermin tersebut dapat membentuk bayangan yang tingginya $\frac{1}{8}$ kali tinggi benda, bila benda berada pada jarak 160 cm di depan cermin.
4. Suatu benda berada 30 cm di depan lensa. Bayangan benda dapat ditangkap layar di belakang lensa pada jarak 20 cm. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa.
5. Sebuah lensa bikonkaf yang simetri berjari-jari 32 cm dan berindeks bias 1,5 berada dalam medium yang berindeks bias 1,6. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa.
6. Sebuah lensa konvergen berkekuatan 2,5 dioptri digunakan untuk membentuk bayangan dari suatu benda yang membujur sepanjang sumbu utama. Jika panjang benda 20 cm dan ujung benda terdekat pada jarak 80 cm dari lensa, tentukan panjang bayangan.

B. Tes Praktik

- Bahan : tiga macam lensa cembung.
- Alat : bangku optik, layar, sumber sinar laser.
- Langkah Kerja:
  1. Letakkan layar di belakang lensa.
  2. Sorot lensa dengan sinar laser dari jarak yang cukup jauh.
  3. Dengan menggeser-geser layar, tentukan letak bayangan sinar laser yang paling jelas dari lensa.
  4. Karena sinar laser cukup jauh dari lensa dan berkas sinar laser adalah sejajar, maka jarak bayangan sebagai jarak fokus lensa.
  5. Ganti lensa dengan lensa cembung yang lain. Ulangi langkah 1 sampai 3.
  6. Apa yang dapat anda simpulkan dari percobaan di atas.

A. Kunci Jawaban Tes Tertulis

1. n = 9
2. s = 15 cm
3. f = - 22,9 cm
4. f = 12 cm , lensa cembung.
5. f = 256 cm, lensa positif.
6. ?s = 13,33 cm

LEMBAR PENILAIAN TES PESERTA

Nama Peserta :
No. Induk :
Program Keahlian :
Nama Jenis Pekerjaan :

PEDOMAN PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
1	2	3	4	5
I	**Persiapan** 1.1. Membaca Modul 1.2. Persiapan Alat dan Bahan	 3 2		
	Sub total	5		
II	**Pelaksanaan Pembelajaran** 2.1. Cek Kemampuan Siswa 2.2. Melaksanakan Kegiatan	 10 10		
	Sub total	20		
III	**Kinerja Siswa** 3.1. Cara merangkai alat 3.2. Membaca hasil ukur 3.3. Menulis satuan pengukuran 3.4. Banyak bertanya 3.5. Cara menyampaikan pendapat.	 5 5 5 5 5		
	Sub total	25		
IV	**Produk Kerja** 4.1. Penyelesaian Tugas 4.2. Penyelesaian Kegiatan Lab. 4.3. Penyelesaian Tes Formatif 4.4. Penyelesaian Evaluasi	 5 6 9 15		
	Sub total	35		
V	**Sikap/Etos Kerja** 5.1. Tanggung Jawab 5.2. Ketelitian 5.3. Inisiatif 5.4. Kemandirian	 3 2 2 3		
	Sub total	10		
VI	**Laporan** 6.1. Sistematika Peyusunan Laporan 6.2. Penyajian Pustaka 6.3. Penyajian Data 6.4. Analisis Data 6.5. Penarikan Simpulan	 3 3 3 2 2		
	Sub total	10		
	Total	100		

KRITERIA PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Kriterian penilaian	Skor
1	2	3	4
I	**Persiapan**		
	1.1. Membaca Modul	? Membaca Modul	2
		? Tidak membaca Modul	1
	1.2. Persiapan Alat dan Bahan	? Alat dan bahan sesuai dengan kebutuhan.	3
		? Alat dan bahan disiapkan tidak sesuai kebutuhan	1
II	**Pelaksananan Proses Pembelajaran**		
	2.1. Cek Kemampuan Siswa	? Siswa mempunyai kemapuan baik.	9
		? Siswa tidak bisa menyelesaikan	1
	2.2. Melaksanakan Kegiatan	? Melaksanakan kegiatan dengan baik.	10
		? Melaksanakan tidak sesuai ketentuan	1
III	**Kinerja Siswa**		
	3.1. Cara merangkai alat	? Merangkai alat dengan benar	5
		? Merangkai alat kurang benar.	1
	3.2. Membaca hasil ukur	? Cara membaca skala pada bangku optik.	5
		? Cara membaca tidak benar	1
	3.3. Menulis satuan pengukuran	? Menulis satuan dengan benar	5
		? Tidak benar menulis satuan	1
	3.4. Banyak bertanya	? Banyak bertanya	5
		? tidak bertanya	1
	3.5. Cara menyampaikan pendapat	? Cara menyampaikan pendapatnya baik	5
		? Kurang baik dalam menyampaikan pendapatnya	1

IV	**Kualitas Produk Kerja**		
	4.1. Penyelesaian Tugas	? Kualitas Tugasnya baik ? Kualitasnya rendah	7 1
	4.2. Penyelesaian Kegiatan Lab.	? Kualitas kegiatan lab.nya baik ? Kualitas rendah	5 1
	4.3. Penyelesaian Tes Formatif	? Skor Tes Formatifnya baik ? Skor Tes Formatif Rendah	8 1
	4.4. Penyelesaian Evaluasi	? Memahami Konsep dengan baik. ? Kurang memahami konsep	10 5
V	**Sikap / Etos Kerja**		
	5.1. Tanggung Jawab	? Membereskan kembali alat dan bahan yang telah dipergunakan ? Tidak membereskan alat dan bahan	2 1
	5.2. Ketelitian	? Tidak melakukan kesalahan kerja ? Banyak melakukan kesalahan kerja	3 1
	5.3. Inisiatif	? Memiliki inisiatif kerja ? Kurang memliki inisiatif	3 1
	5.4. Kemandirian	? Bekerja tanpa banyak perintah. ? Bekerja dengan banyak perintah	2 1
VI	**Laporan**		
	6.1. Sistematika Peyusunan Laporan	? Laporan sesuai dengan sistematika yang telah ditentukan. ? Laporan tidak sesuai sistematika.	2 1
	6.2. Penyajian Pustaka	? Terdapat penyajian pustaka. ? Tidak terdapat penyajian pustaka	2 1
	6.3. Penyajian Data	? Data disajikan dengan rapi. ? Data tidak disajikan.	2 1
	6.4. Analisis Data	? Analisisnya benar. ? Analisisnya salah.	2 1
	6.5. Penarikan Simpulan.	? Tepat dan benar ? Simpulan kurang tepat.	2 1

BAB IV. PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke modul berikutnya, dengan topik sesuai dengan peta kedudukan modul.

Jika anda sudah merasa menguasai modul, mintalah guru/instruktur anda untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang kompeten apabila anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi yang disediakan dalam modul ini, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Dan selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan apabila memenuhi syarat anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Foster, Bob, 2000. *Fisika SMU Kelas 2*. Jakarta : Penerbit Erlangga

Halliday dan Resnick, 1991. *Fisika Jilid I (Terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Halpern, A., 1988. *Schaum's 3000 Solved Problems in Physics*. Singapore: Mc Graw Hill,

Hewitt, P.G., 1987. *Conceptual Physics*, California: Addison Wesley Publishing Company, Inc.

Kanginan, M., 2001. *Fisika 2000 SMU Kelas 2*. Jakarta : Penerbit Erlangga