

OPTIK GEOMETRIK

STANDAR KOMPETENSI
Menerapkan prinsip kerja alat-alat optik.

KOMPETENSI DASAR
Menganalisis alat-alat optik secara kualitatif dan kuantitatif

TEORI TENTANG CAHAYA

Ada beberapa teori atau pendapat tentang cahaya, sebagai berikut :

1. *Teori Emisi Oleh Sir Isaac Newton (1642-1722)*
Sumber cahaya dipancarkan partikel-partikel yang sangat kecil dan ringan ke segala arah dengan kecepatan yang sama besar. Bila mengenai mata, maka kita mendapat kesan melihat sumber cahaya tersebut.
2. *Teori Gelombang oleh Christian Huygens (1629-1695)*
Cahaya pada dasarnya sama dengan bunyi, berbeda hanya dalam hal frekuensi, panjang gelombang dan kecepatan rambat.
3. *Percobaan Thomas Young dan Augustin Fresnel*
Cahaya dapat melentur dan berinterferensi, dan teori ini tidak dapat diterangkan oleh teori Newton.
4. *Percobaan Jean Leon Foucault (1819-1868)*
Cepat rambat cahaya dalam zat cair lebih kecil dibandingkan dengan cepat rambat cahaya di udara. Hal ini bertentangan dengan teori Newton.
5. *Percobaan James Clerk Maxwell (1831-1879)*
Cepat rambat gelombang elektromagnetik sama dengan cepat rambat cahaya sebesar $3 \cdot 10^8$ m/s. Jadi cahaya merupakan gelombang elektromagnetik.
6. *Percobaan Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894)*
Gelombang elektromagnetik adalah gelombang transversal, sehingga cahaya dapat mengalami polarisasi.
7. *Percobaan Pieter Zeeman (1852-1943)*
Percobaannya tentang pengaruh medan magnet yang kuat terhadap berkas cahaya.
8. *Percobaan Johannes Stark (1874-1957)*
Medan listrik berpengaruh terhadap berkas cahaya.
9. *Percobaan Albert Abraham Michelson dan Edward Williams Morley*
Bahwa eter (medium tempat merambatnya cahaya) sebenarnya tidak ada. Cahaya dapat merambat dalam ruang hampa udara.
10. *Percobaan Planck (1858-1947)*
Dengan teori kuantum cahaya, Planck berpendapat bahwa cahaya adalah paket-paket kecil yang disebut kuantum.
11. *Teori Albert Einstein (1879-1955)*
Dengan teori gejala fotolistrik, cahaya memiliki sifat sebagai partikel dan bersifat sebagai gelombang elektromagnetik yang dikenal dengan sifat dualisme cahaya.

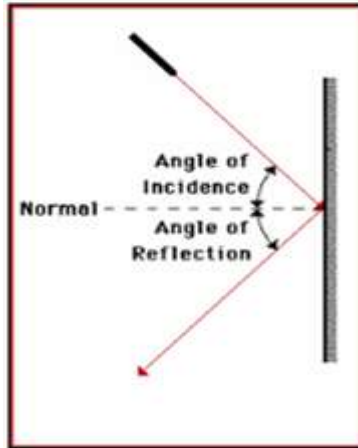
Sifat-sifat cahaya sebagai gelombang adalah sebagai berikut :

1. dapat mengalami pemantulan (refleksi)
2. dapat mengalami pembiasan (refraksi)
3. dapat mengalami perpaduan (interferensi)
4. dapat mengalami lenturan (difraksi)
5. dapat mengalami polarisasi

PEMANTULAN CAHAYA PADA CERMIN DATAR

Salah satu sifat cahaya adalah dapat dipantulkan. Hukum pemantulan cahaya menurut Snellius adalah sebagai berikut :

1. Sinar datang, garis normal dan sinar pantul terletak pada bidang datar
2. Sudut datang (i) sama dengan sudut pantul (r)

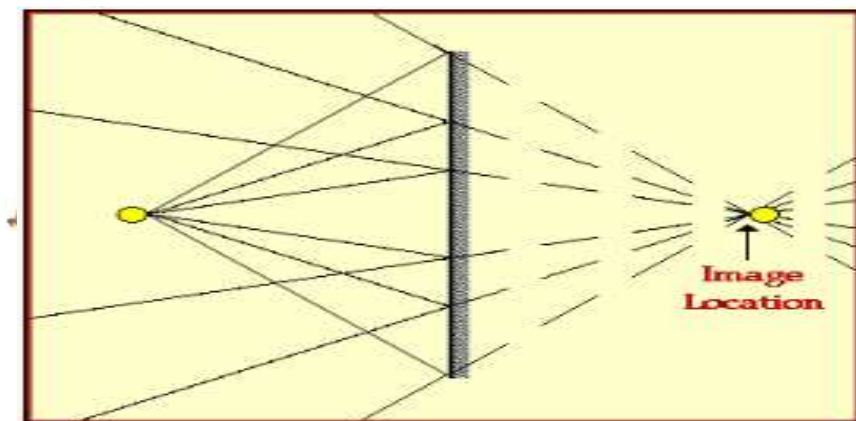


Cermin datar adalah sebuah cermin yang permukaannya berupa sebuah bidang datar. Sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah :

1. jarak bayangan = jarak benda
2. tinggi bayangan = tinggi benda
3. sama besar dan berlawanan arah (perbesarannya = 1 kali)
4. bayangan bersifat maya (dibelakang cermin)

Pembentukan bayangan oleh cermin datar adalah dibentuk oleh perpanjangan perpotongan dari sinar-sinar pantul.

Perhatikan pembentukan bayangan oleh cermin datar berikut :



PANJANG DAN LETAK CERMIN DATAR

Untuk mendapatkan seluruh bayangan benda pada cermin datar, kita harus menggunakan cermin yang panjangnya minimal $\frac{1}{2}$ dari tingginya.

$$L = \frac{1}{2} \cdot h$$

2

L = panjang minimal cermin (m)

h = tinggi benda (m)

Agar bayangan dapat terlihat keseluruhan, maka cermin harus diletakkan dari lantai setinggi;

$$H = \frac{1}{2} \cdot (h - x)$$

H = tinggi cermin dari ujung bawah cermin
h = tinggi orang / benda (m)
x = jarak mata ke ujung kepala

BAYANGAN OLEH DUA CERMIN DATAR

Jika dua buah cermin datar diletakkan membentuk sudut α , maka jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua cermin datar dari sebuah benda adalah :

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

n = jumlah bayangan
 α = sudut apit kedua cermin datar



Uji Kompetensi 1

- Seberkas sinar datang pada permukaan cermin datar dengan sudut datang 30° . Tentukan besarnya sudut pantul !
- Sudut yang dibentuk oleh sinar pantul terhadap bidang datar adalah 30° . Tentukan besarnya sudut datang sinar tersebut !
- Seberkas sinar datang pada cermin AB dengan sudut datang 60° . Sinar pantulnya mengenai cermin BC yang bersudut 100° terhadap cermin AB. Tentukan besarnya sudut pantul sinar pada cermin BC !
- Dua buah cermin datar disusun mengapit sudut α . Jika sudut α diperbesar dua kali maka jumlah bayangannya berkurang dua buah. Tentukan besarnya sudut α !
- Seberkas sinar datang pada cermin datar. Jika cermin diputar 10° searah putaran jarum jam, tentukan besarnya sudut antara sinar pantul mula-mula dengan sinar pantul setelah cermin diputar !
- Dua cermin panjangnya sama 1,6 m berhadapan pada jarak 20 cm. Seberkas sinar jatuh pada salah satu ujung cermin dengan sudut datang 30° . Tentukan banyaknya pemantulan hingga sinar tersebut keluar dari pasangan cermin tersebut !
- Seseorang yang tingginya 160 cm ingin melihat bayangan seluruh tubuhnya pada sebuah cermin datar. Jika jarak mata dengan ujung kepala 10 cm, tentukan :
 - panjang minimal cermin yang digunakan
 - tinggi cermin diletakkan dari tanah
- Seseorang ingin melihat seluruh tubuhnya pada sebuah cermin datar. Jika jarak mata dengan ujung kaki 160 cm, berapa panjang minimal cermin yang harus dipakai ?
- Sebuah kamar berukuran panjang, lebar dan tinggi masing-masing 10 m, 10 m dan tingginya 4 m. Pada tengah-tengah salah satu dinding terdapat cermin datar yang panjangnya 1 m. Tentukan dimana posisi orang dalam kamar tersebut, agar dia dapat melihat bayangan dinding dibelakangnya ?
- Dua buah cermin dipasang dengan membentuk sudut apit α . Tentukan jumlah bayangan yang terjadi jika kedua cermin datar dipasang membentuk sudut apit :
 - 30°
 - 90°
 - 180°
 - 0°

3

PEMANTULAN CAHAYA PADA CERMIN LENGKUNG

Cermin lengkung adalah cermin yang permukaan pantulnya merupakan sebuah kelengkungan yang sferis, dapat berupa permukaan cekung atau cembung.

Cermin lengkung ada dua jenis, yaitu :

- Cermin cembung / cermin negatif / cermin divergen
- Cermin cekung / cermin positif / cermin konvergen

CERMIN CEMBUNG

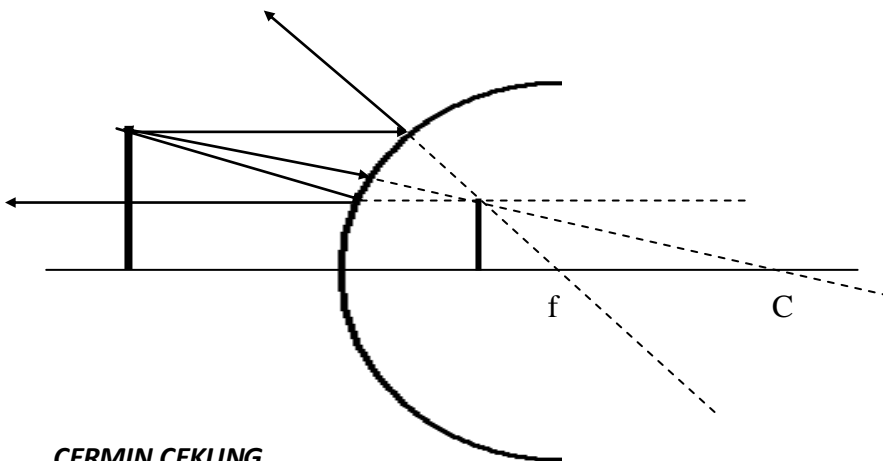
Sifat-sifat :

1. menyebarkan sinar (divergen)
2. memiliki jari-jari kelengkungan (R) dan titik api/jarak fokus (f) yang bernilai negatif, karena letak R dan f terletak di belakang cermin.
3. Untuk melukis bayangan pada cermin cembung digunakan tiga buah sinar istimewa, yaitu :
 - a. Sinar yang datang sejajar sumbu utama, akan dipantulkan seolah-olah dari titik fokus cermin.
 - b. Sinar yang datang menuju titik fokus cermin, akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
 - c. Sinar yang datang menuju titik pusat kelengkungan cermin (C), akan dipantulkan seolah-olah dari titik pusat kelengkungan cermin juga.
4. Selalu membentuk bayangan yang bersifat *maya/semu* (dibelakang cermin), *tegak* dan *diperkecil*.

Pada cermin benda atau bayangan dikatakan maya jika terletak di belakang cermin, sebaliknya bersifat nyata jika benda atau bayangan tersebut terletak di depan cermin.

Melukis bayangan pada cermin cembung

Berikut ini adalah cara melukis bayangan pada cermin cembung dengan menggunakan sinar-sinar istimewa :

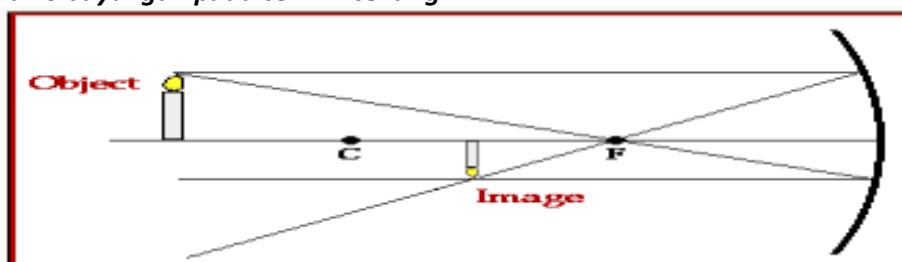


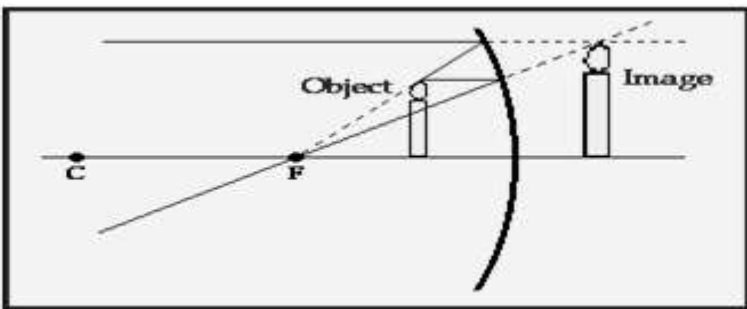
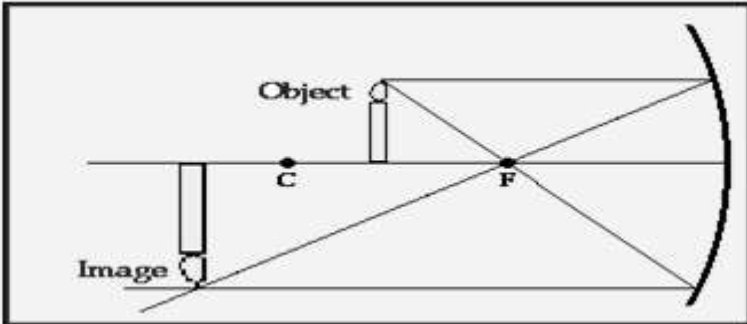
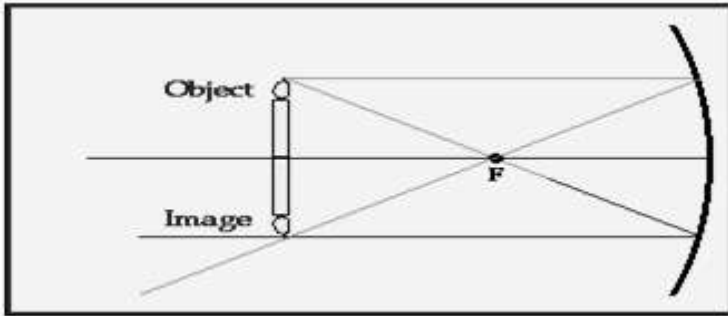
CERMIN CEKUNG

Sifat-sifat :

1. mengumpulkan sinar (konvergen)
2. memiliki jari-jari kelengkungan (R) dan titik api/jarak fokus (f) yang bernilai *positif*, karena letak R dan f terletak di depan cermin.
3. Pembagian ruang pada cermin cekung :
 - a. Ruang I : ruang antara cermin dengan F
 - b. Ruang II : ruang antara F dengan R
 - c. Ruang III : ruang antara F dan C
 - d. Ruang IV : ruang di belakang cermin
4. Untuk melukis bayangan pada cermin cekung digunakan tiga buah sinar istimewa.
 - a. Sinar yang datang sejajar sumbu utama, akan dipantulkan menuju/melalui titik fokus cermin.
 - b. Sinar yang datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
 - c. Sinar yang datang menuju/melalui titik pusat kelengkungan cermin, akan dipantulkan seolah sinar pantul berasal dari titik pusat kelengkungan itu.

Melukis bayangan pada cermin cekung





Keterangan :

C = titik pusat kelengkungan cermin (berjarah r = jari-jari kelengkungan cermin)

F = titik fokus cermin/titik api cermin

Object = benda / obyek

Image = bayangan benda

Sifat bayangan pada cermin cekung

Dari hasil lukisan bayangan di atas, dapat disimpulkan sifat bayangan pada cermin cekung sebagai berikut :

Ruang benda	Ruang bayangan	Sifat bayangan
I	IV	Maya, tegak, diperbesar
II	III	Nyata, terbalik, diperbesar
III	II	Nyata, terbalik, diperkecil
Di C	di C	Nyata, terbalik sama besar

Persamaan cermin cembung dan cekung

Hubungan antara jarak benda, jarak bayangan, jarak fokus cermin dan jari-jari kelengkungan cermin lengkung adalah sebagai berikut :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} \quad \text{dengan } f = \frac{1}{2}R.$$

$$M = \frac{S_i}{S_o} = \frac{h_i}{h_o}$$

Keterangan :

f = jarak fokus (titik api) cermin (cm)

S_o = jarak benda dari cermin (cm)

S_i = jarak bayangan dari cermin (cm)

R = jari-jari kelengkungan cermin (cm)

M = perbesaran bayangan (kali)

h_o = tinggi benda (cm)

h_i = tinggi bayangan (cm)



Penting diingat !

1. benda nyata jika terletak di *depan* cermin (S_o bernilai positif)
2. benda *maya* jika terletak di *belakang* cermin (S_o bernilai negatif)
3. bayangan *nyata* jika terletak di *depan* cermin (S_i bernilai positif)
4. bayangan *maya* terletak di *belakang* cermin (S_i bernilai negatif)
5. pada cermin *cembung* f dan R bernilai *negatif*
6. pada cermin *cekung* f dan R bernilai *positif*.
7. pada cermin cekung nomor ruang benda + nomor ruang bayangan = 5.
8. jika nomor ruang benda > nomor ruang bayangan, maka bayangan *diperkecil*
9. jika nomor ruang benda < nomor ruang bayangan, maka bayangan *diperbesar*
10. jika benda terletak di ruang 1 atau 4, maka bayangannya pasti *maya dan tegak*
11. jika benda terletak di ruang 2 atau 3, maka bayangannya pasti *nyata dan terbalik*



Contoh Soal

Sebuah benda tingginya 6 cm terletak 20 cm di depan cermin cembung yang jari-jari kelengkungannya 40 cm. Tentukan :

- a. jarak bayangan
- b. perbesaran bayangan
- c. tinggi bayangan
- d. sifat bayangan

Penyelesaian :

$$a. \frac{1}{-20} = \frac{1}{20} + \frac{1}{S_i} \quad \text{dengan } f = \frac{1}{2} \cdot (-40) = -20 \text{ cm}$$

$$S_i = -10 \text{ cm (tanda negatif MAYA)}$$

$$b. M = \frac{S_i}{S_o} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ kali}$$

$$c. M = \frac{h_i}{h_o}$$

$$0,5 = \frac{h_i}{6}$$

$$h_i = 3 \text{ cm}$$

- d. Sifat bayangan : maya, tegak, diperkecil



Uji Kompetensi 2

1. Sebuah benda tingginya 10 cm terletak pada jarak 15 cm dari cermin cekung yang jari-jari kelengkungannya 20 cm. Tentukan :
 - a. jarak bayangan
 - b. perbesaran bayangan
 - c. tinggi bayangan
 - d. sifat bayangan
2. Sebuah benda berada 100 cm di depan cermin cekung. Jika bayangannya bersifat nyata dengan tinggi 4 kali tinggi benda, tentukan jarak fokus cermin !
3. Sebuah benda berada di depan cermin cekung yang jarak titik apinya 15 cm. Bayangan yang dibentuk bersifat nyata dan tingginya 3 kali tinggi benda. Tentukan letak benda dari cermin !
4. Sebuah benda berada di depan cermin cekung yang jarak titik apinya 15 cm. Bayangan yang dibentuk bersifat maya dan tingginya 3 kali tinggi benda. Tentukan letak benda dari cermin!
5. Sebuah benda tingginya 2 cm terletak 30 cm di depan cermin spion sebuah sepeda motor yang berjari-jari 30 cm. Tentukan tinggi bayangannya !

Soal nomor 6 dan 7 adalah soal pengayaan :

6. Perbesaran dari sebuah cermin cembung adalah $\frac{1}{2}$. Jika jari-jari kelengkungan cermin 40 cm, tentukan jarak benda dari cermin !
7. Sebuah benda tingginya 10 cm berada di depan cermin lengkung sejauh 50 cm. Jika bayangannya nyata 50 cm dari cermin, tentukan :
 - a. jenis cermin
 - b. jari-jari kelengkungan cermin
 - c. tinggi bayangan

PEMBIASAN CAHAYA

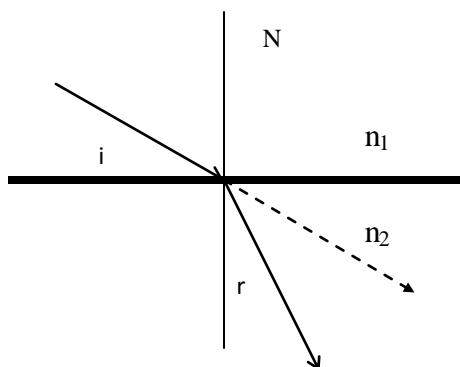
HUKUM SNELLIUS

Pembiasan cahaya adalah perubahan arah rambat cahaya apabila melewati batas dua medium yang berbeda kerapatannya (berbeda indeks biasnya).

Hukum Snellius tentang pembiasan berbunyi (sambil memperhatikan gambar di bawah ini) :

1. Sinar datang, sinar bias dan garis normal terletak pada sebuah bidang datar
2. Sinar yang datang dari medium yang kurang rapat (n_1) menuju medium yang lebih rapat (n_2) akan dibiaskan mendekati garis normal.
3. Sinar yang datang dari medium yang rapat menuju medium yang kurang rapat akan dibiaskan menjauhi garis normal.
4. Sinar yang datang tegak lurus bidang batas, tidak dibiaskan melainkan diteruskan.

Perhatikan peristiwa pembiasan berikut :



Keterangan :

N = garis normal

n_1 = indeks bias medium I

n_2 = indeks bias medium II

i = sudut datang

r = sudut bias

Jika $n_1 < n_2$, maka $i > r$ dan sebaliknya jika $n_1 > n_2$, maka $i < r$.

Berdasarkan hukum Snellius, maka hubungan n_1 , n_2 , i dan r adalah :

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

n_{21} = indeks bias relatif medium 2 terhadap medium 1

n_2 = indeks bias medium 2

n_1 = indeks bias medium 1

i = sudut datang

r = sudut bias

v_1 = cepat rambat sinar pada medium 1

v_2 = cepat rambat sinar pada medium 2

λ_1 = panjang gelombang sinar pada medium 1

λ_2 = panjang gelombang sinar pada medium 2

PEMANTULAN TOTAL (SEMPURNA)

Pemantulan sempurna hanya terjadi jika :

1. cahaya merambat dari medium rapat menuju medium kurang rapat ($n_2 > n_1$)
2. sudut datang (i) lebih besar dari sudut batas/sudut kritis (i_k).

Sudut kritis adalah sudut datang ketika sudut biasnya = 90° . Contoh pemantulan sempurna adalah saat terjadi fatamorgana.

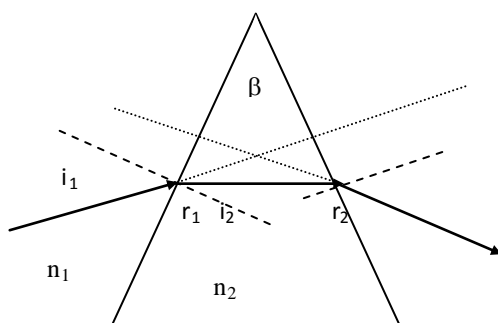
Besarnya sudut kritis dicari dengan hukum Snellius (untuk gambar seperti gambar di atas) :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin i_k}{\sin 90^\circ}$$

$$i_k = \text{arc. sin } \frac{n_2}{n_1}$$

i_k = sudut kritis / sudut batas

PEMBIASAN PADA PRISMA



Keterangan :

- β = sudut pembias prisma (sudut puncak)
- i_1 = sudut datang cahaya pada sisi I prisma
- i_2 = sudut datang cahaya pada sisi II prisma
- r_1 = sudut bias cahaya pada sisi I prisma
- r_2 = sudut bias cahaya pada sisi II prisma
- n_2 = indeks bias prisma
- n_1 = indeks bias sekeliling prisma.

Cahaya yang menuju sebuah prisma akan mengalami pembiasan. Dengan menggunakan hukum Snellius dan matematika geometri akan diperoleh beberapa persamaan pada prisma, yaitu :

- a. Sudut pembias prisma (β)

$$\beta = r_1 + i_2$$

- b. Sudut deviasi prisma (δ), yaitu sudut yang dibentuk antara perpanjangan sinar datang dengan sinar yang keluar dari prisma

$$\delta = i_1 + r_2 - \beta$$

- c. Sudut deviasi minimum (δ_{\min}), terjadi jika $i_1 = r_2$ atau $r_1 = i_2$.

Jadi : $\delta_{\min} = 2.i_1 - \beta = 2.r_2 - \beta$

- d. dengan menggunakan hukum Snellius, maka:

$$\sin \frac{1}{2}(\delta_{\min} + \beta) = n_{12} \cdot \sin \frac{1}{2} \beta$$

δ_{\min} = sudut deviasi minimum.

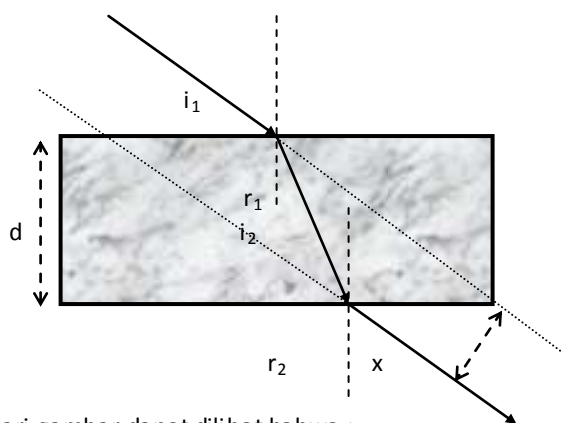
$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \text{indeks bias relatif prisma}$$

- e. untuk β sangat kecil ($\beta < 15^\circ$), maka :

$$\delta_{\min} = (n_{12} - 1) \cdot \beta$$

PEMBIASAN PADA KACA PLANPARALEL

Cahaya yang menuju kaca planparalel, juga akan mengalami pembiasan seperti prisma, sehingga antara cahaya masuk dengan cahaya yang keluar dari kaca terjadi pergeseran (tidak lurus).



Dari gambar dapat dilihat bahwa :

$$i_1 = r_2 \text{ dan } r_1 = i_2$$

Besarnya pergeseran cahaya (x) antara cahaya masuk dengan cahaya keluar kaca adalah :

$$x = \frac{d \cdot \sin(i_1 - r_1)}{\cos r_1}$$

Keterangan :

x = jarak pergeseran sinar masuk & keluar (m)

d = tebal kaca planparalel (m)

i_1 = sudut datang cahaya pada sisi I

r_1 = sudut bias cahaya pada sisi I

i_2 = sudut datang cahaya pada sisi II

r_2 = sudut bias cahaya pada sisi II



Contoh Soal

Seberkas cahaya datang dari udara ($n = 1$) menuju kaca dengan sudut datang 60° . Ternyata cahaya keluar dari kaca dengan sudut 30° . Tentukan indeks bias kaca !

Penyelesaian :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\frac{n_2}{1} = \frac{\sin 60}{\sin 30} = \frac{\frac{1}{2}\sqrt{3}}{\frac{1}{2}}$$

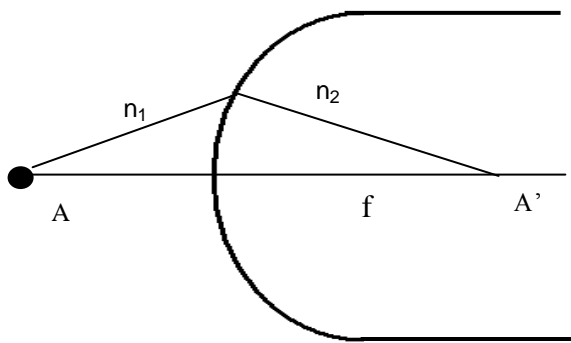
$$n_2 = \sqrt{3}.$$



Uji Kompetensi 3

- Seberkas cahaya datang dari udara ($n = 1$) dengan kecepatan $3 \cdot 10^8$ m/s menuju kaca dengan sudut datang 45° . Ternyata cahaya keluar dari kaca dengan sudut 30° . Tentukan :
 - indeks bias kaca
 - kecepatan cahaya dalam kaca
- Sinar merambat dari air ($n = 4/3$) menuju gelas ($n = 3/2$). Hitung besarnya indeks bias relatif gelas terhadap air !
- Cahaya memiliki kecepatan cahaya dalam vakum $3 \cdot 10^8$ m/s. Jika di dalam air kecepatannya menjadi $3/4$ kali kecepatan di vakum, tentukan indeks bias air tersebut !
- Sudut batas suatu sinar yang merambat dari kaca ke udara adalah 45° . Hitunglah indeks bias kaca tersebut !
- Seberkas cahaya datang dari medium A ke B dengan sudut datang 30° dan dibiaskan dengan sudut 45° . Tentukan indeks bias relatif A terhadap B !
- Seberkas cahaya monokromatik dibiaskan oleh prisma yang sudut puncaknya 40° . Cahaya datang pada sisi prisma dengan sudut 60° . Hitunglah sudut bias cahaya keluar dari prisma !
- Cahaya datang pada sisi sebuah kaca planparalel tebalnya 10 cm dengan sudut datang 60° dan dibiaskan sudut 30° . Berapa pergeseran sinar masuk dan keluarnya !
- Cahaya datang pada sisi sebuah kaca planparalel tebalnya 3 cm dengan sudut datang 60° . Jika indeks bias kaca $\sqrt{3}$. Berapa pergeseran sinar masuk dan keluarnya !
- Sebuah prisma menghasilkan sudut deviasi minimum 60° . Jika sudut pembias prisma 60° , berapa indeks bias prisma ?
- Sebuah prisma mempunyai sudut pembias 60° . Jika indeks bias prisma $\sqrt{2}$, berapa deviasi minimumnya ?

PEMBIASAN PADA PERMUKAAN SFERIS (LENGKUNG)



Benda A berada pada medium yang indeks biasnya n_1 terletak di depan bidang lengkung (sferis) yang indeks biasnya n_2 dan jari-jarinya R . Jika jarak benda A dari bidang lengkung = S_o maka oleh permukaan bidang lengkung akan di bentuk bayangan A' pada jarak S_i . Dengan menggunakan hukum Snellius dan matematika geometri akan diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$\frac{n_1}{S_o} + \frac{n_2}{S_i} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Keterangan :

n_1 = indeks bias medium letak benda (sekeliling-bidang lengkung)

n_2 = indeks bias bidang lengkung

S_o = jarak benda

S_i = jarak bayangan

R = jari-jari bidang lengkung

Jika permukaan cembung, maka R positif

Jika permukaan cekung, maka R negatif

Jika permukaan datar $R = \infty$

PEMBIASAN PADA LENSA TIPIS

Lensa mempunyai dua bidang batas, sehingga mempunyai dua permukaan (dua jari-jari)

Dilihat dari bentuk kelengkungannya, lensa ada dua jenis, yaitu :

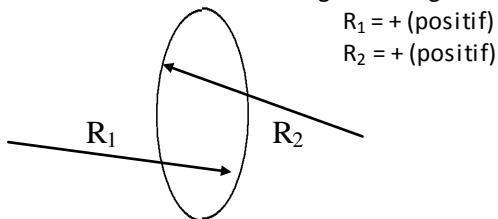
1. Lensa Cembung (konveks = lensa positif)

Sifat lensa cembung :

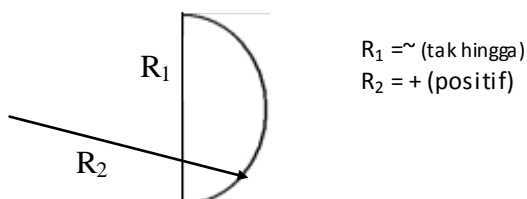
- a. mengumpulkan sinar (konvergen)
- b. nilai jari-jari (R) dan jarak fokus (f) positif

Lensa cembung ada 3 jenis :

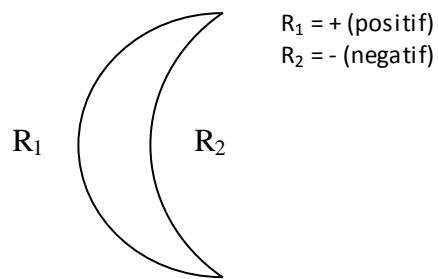
a. Bi-konveks = cembung-cembung



b. Plan-konveks (datar-cembung)



c. Konveks-konkaf (cembung-cekung)



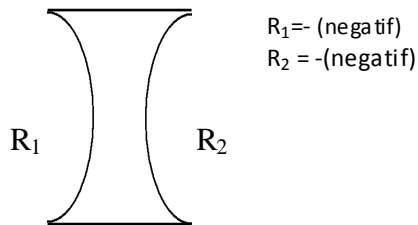
2. Lensa Cekung (konkaf = lensa negatif)

Sifat lensa cekung :

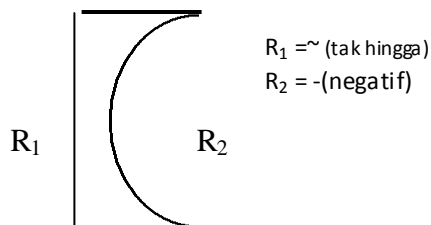
- menyebarkan sinar (divergen)
- nilai jari-jari (R) dan jarak fokus (f) negatif

Lensa cekung ada 3 jenis :

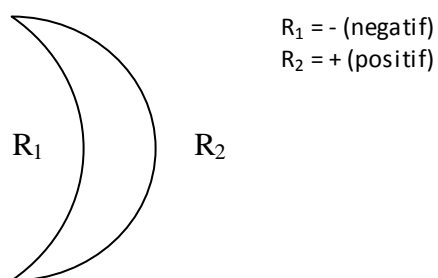
a. Bi-konkaf = cekung-cekung



b. Plan-konkaf (datar-cekung)



c. Konkaf-konveks (cekung-cembung)

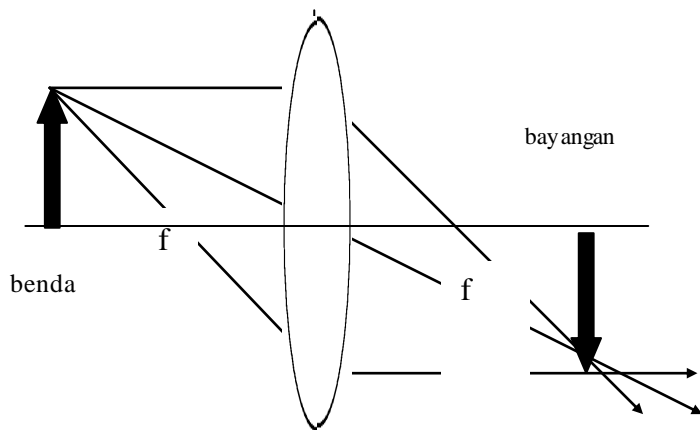


Melukis bayangan pada lensa cembung

Untuk melukis bayangan pada lensa, digunakan sinar-sinar istimewa seperti hal pada cermin.

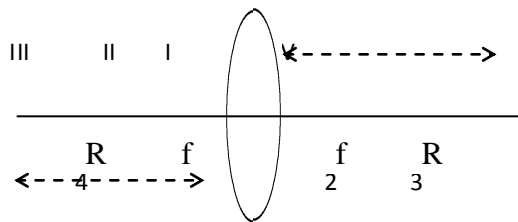
Sinar istimewa pada lensa cembung adalah :

- Sinar yang datang sejajar sumbu utama lensa akan dibiaskan melalui titik fokus
- Sinar yang datang melalui titik fokus akan dibiaskan sejajar sumbu utama lensa
- Sinar yang datang melalui titik pusat lensa akan diteruskan tanpa pembiasan



Sifat bayangan pada lensa cembung

Untuk menentukan sifat bayangan pada lensa cembung digunakan metode penomoran ruang (dalil Esbach), yaitu sebagai berikut :



Keterangan :

f = jarak fokus lensa

R = jari-jari kelengkungan lensa

Nomor I, II, III, IV = ruang benda

Nomor 1, 2, 3, 4 = ruang bayangan

Dalil Esbach menyatakan bahwa :

Nomor Ruang Benda + Nomor Ruang Bayangan = 5

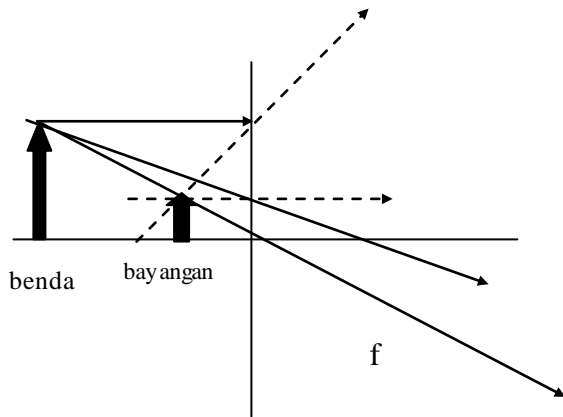
Ruang benda	Ruang bayanga	Sifat bayangan
I	4	Maya, tegak, diperbesar
II	3	Nyata, terbalik, diperbesar
III	2	Nyata, terbalik, diperkecil
Di f	Di tak hingga	Nyata, terbalik, sangat besar
Di R_1	Di R_2	Nyata, terbalik, sama besar
Di tak hingga	Di f	Nyata, terbalik, sangat kecil

13

Melukis bayangan pada lensa cekung

Pada lensa cekung juga terdapat 3 sinar istimewa, yaitu :

1. Sinar yang datang sejajar sumbu utama lensa akan dibiaskan seolah-olah dari titik fokus
2. Sinar yang datang melalui titik fokus pasif (f_2) akan dibiaskan sejajar sumbu utama lensa
3. Sinar yang datang melalui titik pusat lensa akan diteruskan tanpa pembiasan



Pada lensa cekung, selalu membentuk bayangan *maya, tegak, diperkecil*

Persamaan pada lensa tipis

Hubungan antara jarak fokus, jari-jari kelengkungan, jarak benda, jarak bayangan pada lensa adalah :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

$$\frac{1}{f} = (n_2 - n_1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$M = \frac{S_i}{S_o} = \frac{h_i}{h_o}$$

$$P = \frac{1}{f(\text{meter})} = \frac{100}{f(\text{centimeter})}$$

- f = jarak fokus lensa (cm)
- S_o = jarak benda (cm)
- S_i = jarak bayangan (cm)
- n_2 = indeks bias lensa
- n_1 = indeks bias medium sekitar lensa
- R_1 = jari-jari kelengkungan permukaan I
- R_2 = jari-jari kelengkungan permukaan II
- h_o = tinggi benda
- h_i = tinggi bayangan
- P = kuat lensa (dioptri)



Penting diingat (Untuk lensa)!

1. bayangan *nyata* jika terletak di *belakang* lensa (S_i bernilai positif)
2. bayangan *maya* terletak di *depan* lensa (S_i bernilai negatif)
3. pada lensa *cekung* f dan R bernilai *negatif*, dan selalu membentuk bayangan bersifat *maya, tegak diperkecil*
4. pada lensa *cembung* f dan R bernilai *positif*, dan sifat bayangan tergantung letak benda.
 5. pada lensa cembung nomor ruang benda + nomor ruang bayangan = 5.
 6. jika nomor ruang benda > nomor ruang bayangan, maka bayangan *diperkecil*
 7. jika nomor ruang benda < nomor ruang bayangan, maka bayangan *diperbesar*

LENSA GABUNGAN

Dua lensa yang jarak fokusnya f_1 dan f_2 dapat digabungkan membentuk lensa gabungan dengan jarak fokus dan kuat lensa gabungannya adalah :

$$\frac{1}{f_{gab}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$



Contoh Soal

1. Sebuah benda berada pada dasar bejana yang berisi air sedalam 40 cm. Indeks bias air $4/3$, hitunglah jarak bayangan benda dari permukaan air !

Penyelesaian :

$$\frac{n_1}{S_o} + \frac{n_2}{S_i} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

$$\frac{4/3}{40} + \frac{1}{S_i} = \frac{n_2 - n_1}{\sim}$$

$$\frac{4}{120} = -\frac{1}{S_i}$$

$$S_i = -30 \text{ cm}$$

2. Sebuah lensa bi-konveks simetri berjari-jari 20 cm dan indeks biasnya 1,5. Lensa berada di udara ($n = 1$). Tentukan kuat lensa !

Penyelesaian :

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1,5}{1} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right)$$

$$f = 20 \text{ cm}$$

$$P = \frac{100}{20} = 5 \text{ dioptri}$$



Uji Kompetensi 4

1. Seorang pemancing berada 3 meter di atas permukaan air melihat ikan yang berada pada kedalaman 1 meter dari permukaan air. Berapa jarak orang terhadap permukaan air menurut ikan ?
2. Seorang perenang melihat vertikal ke bawah, ke dasar kolam renang yang kedalaman sesungguhnya 4 m. Bagi orang tersebut, tampak berapa meter kedalaman kolam tersebut ?
3. Sebuah akuarium berbentuk bola berjari-jari 30 cm berisi air yang indeks biasnya $4/3$. Seekor ikan yang berada pada jarak 20 cm terhadap dinding akuarium sedang diamati oleh seseorang yang berjarak 45 cm dari dinding akuarium. Tentukan :
 - a. jarak orang menurut ikan
 - b. jarak ikan menurut orang
4. Sebuah lensa bi-konveks simetri berjari-jari 20 cm dan indeks biasnya 1,5. Lensa berada di udara ($n = 1$). Sebuah benda yang tingginya 2 cm diletakkan sejauh 30 cm dari lensa. Tentukan :
 - a. jarak bayangan
 - b. perbesaran bayangan

- c. tinggi bayangan
 - d. sifat bayangan
5. Sebuah benda berada di depan lensa cembung yang jarak fokusnya 10 cm. Ternyata bayangannya bersifat nyata dan tingginya 2 kali tinggi benda. Tentukan letak benda dari lensa !

Soal nomor 6 sampai 10 adalah soal pengayaan :

6. Sebuah benda berada di depan lensa cembung yang jarak fokusnya 10 cm. Ternyata bayangannya bersifat maya dan tingginya 2 kali tinggi benda. Tentukan letak benda dari lensa !
7. Sebuah lensa cembung indeks biasnya 1,5 saat di udara jarak fokusnya 6 cm. Berapa jarak fokus saat lensa dimasukkan air yang indeks airnya $4/3$?
8. Sebuah lensa yang indeks biasnya 1,6 kuat lensa di udara 3 Dioptri. Berapa kuat lensa tersebut saat dimasukkan air yang berindeks bias 1,2 ?
9. Sebuah benda tingginya 12 cm terletak 30 cm dari lensa bi-konkaf simetri yang jarak fokusnya 15 cm. Tentukan :
- a. jarak bayangan
 - b. tinggi bayangan
10. Sebuah lensa plan-konveks yang indeks biasnya 1,5 kuat lensa 2 D saat berada di udara. Tentukan :
- a. Jari-jari kelengkungan lensa
 - b. Kuat lensa saat dimasukkan air ($n_{\text{air}} = 4/3$)



SOAL PILIHAN GANDA

1. Seberkas sinar datang pada cermin datar, kemudian cermin diputar dengan sudut β . Selisih sudut pantul sebelum dan sesudah cermin diputar adalah ...
- a. $\frac{1}{4}\beta$
 - b. $\frac{1}{2}\beta$
 - c. β
 - d. 2β
 - e. 4β
2. Seseorang mengamati bayangannya pada cermin datar. Jarak orang dengan cermin 0,6 m. Jika cermin digeser sejauh 0,8 m menjauhi orang, maka jarak antara orang dengan bayangannya menjadi ...m
- a. 1,6
 - b. 2
 - c. 2,2
 - d. 2,4
 - e. 2,8
3. Seorang wanita tingginya 160 cm berdiri di depan cermin datar. Tinggi minimal cermin agar ia dapat melihat bayangan seluruh tubuhnya bila posisi mata 10 cm dari ujung kepala adalah ...
- a. 160 cm
 - b. 150 cm
 - c. 80 cm
 - d. 75 cm
 - e. 6 cm
4. Cermin yang selalu menghasilkan bayangan maya, tegak, diperkecil adalah cermin ...
- a. cekung
 - b. cembung
 - c. datar
 - d. datar cembung
 - e. cekung-cembung

5. Benda terletak sejauh didepan cermin cekung yang berjari-jari 120 cm, membentuk bayangan tegak 5 kali lebih besar dari bendanya. Jarak benda dengan cermin adalah ... cm
 - a. 36
 - b. 45
 - c. 48
 - d. 55
 - e. 64

6. Sebuah cermin cembung jarak fokusnya 8 cm menghasilkan bayangan pada jarak 6 cm, maka jarak benda ke cermin adalah ... cm
 - a. 48
 - b. 24
 - c. 14
 - d. 2
 - e. 6

7. Benda berada 5 m di atas permukaan air (indeks bias air = 1,4) dapat dilihat dengan jelas oleh orang yang menyelam di bawah permukaan air sedalam X. Jarak X adalah ... m
 - a. 2,4
 - b. 3,6
 - c. 5
 - d. 6
 - e. 7

8. Cahaya mengenai kaca tebal dengan sudut datang 60° . Jika indeks bias kaca 1,5 ; maka sinar akan keluar dari permukaan kaca lain dengan sudut ... $^\circ$
 - a. 30
 - b. 45
 - c. 60
 - d. 90
 - e. 120

9. Sebuah benda diletakkan 0,3 m dari lensa cekung dengan jarak fokus 0,15 m. Bayangan terjadi pada jarak ...
 - a. 0,1 m di belakang lensa
 - b. 0,1 m di depan lensa
 - c. 0,3 m di belakang lensa
 - d. 0,3 m di depan lensa
 - e. 0,25 m di belakang lensa

10. Sebuah prisma dengan indeks bias 1,6 mempunyai sudut pembias 10° . Besarnya sudut deviasi minimumnya adalah ... $^\circ$
 - a. 1
 - b. 6
 - c. 12
 - d. 16
 - e. 20

11. Sebuah prisma deviasi minimumnya 30° mempunyai sudut pembias 60° . Besarnya indeks bias lensa adalah ...
 - a. 1
 - b. 0,7
 - c. 1,4
 - d. 1,7
 - e. 2,2

12. Sebuah lensa plankonveks kuat lensanya 2 D, jari-jarinya 30 cm. Indeks bias lensa adalah ...
 - a. 1,2
 - b. 1,4
 - c. 1,5
 - d. 1,6
 - e. 1,7

13. Sebuah lensa cembung kuat lensanya 1,5 D membentuk bayangan maya pada jarak 100 cm. Jarak benda adalah ...m
- 0,4
 - 1
 - 1,5
 - 2
 - 2,5
14. Sebuah benda tingginya 0,12 m berada di depan lensa cembung pada jarak 60 cm. Jika jarak fokus lensa 40 cm, tinggi bayangan benda adalah ...cm
- 2
 - 6
 - 12
 - 24
 - 36
15. Letak bayangan yang dibentuk lensa bikonveks 20 cm di belakang lensa. Jika kuat lensa 10 D, maka jarak benda adalah ... cm
- 5
 - 10
 - 15
 - 20
 - 40
16. Sebuah lensa cembung indeks biasnya 1,6 di udara jarak titik apinya 15 cm. Jarak titik api lensa saat berada di zat cair yang indeks biasnya 1,3 adalah ... cm
- 20
 - 25
 - 26
 - 30
 - 39
17. Pada suatu percobaan diperoleh untuk jarak benda 50 cm diperoleh bayangan pada jarak 50 cm juga. Pada saat jarak benda 75 cm, perbesaran bayangannya adalah kali
- 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
18. Sebuah benda ditempatkan pada jarak 36 cm dari sebuah layar. Kemudian antara benda dengan layar diletakkan lensa cembung yang jarak fokusnya 8 cm. Agar bayangan yang dihasilkan bersifat nyata, maka jarak lensa tersebut dengan benda adalah ...cm
- 9 atau 27
 - 10 atau 26
 - 12 atau 24
 - 16 atau 20
 - 18
19. Sebuah lensa kuat lensanya 2 D ditempatkan di depan sebuah lensa lain yang kuat lensanya 20 D. Agar sinar cahaya sejajar yang datang pada lensa I dibiaskan oleh lensa II sejajar lagi, maka jarak kedua lensa harus cm
- 0,05
 - 0,1
 - 0,45
 - 0,55
 - 0,5



20. Dua lensa tipis ditempatkan membentuk lensa gabungan. Jika panjang fokus lensa A 9 cm dan lensa B 6 cm, maka panjang fokus lensa gabungannya adalah ... cm

- a. 4,2
- b. 3,6
- c. 18,0
- d. 14,7
- e. 10,5

