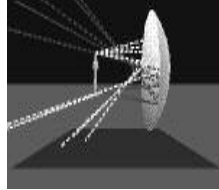


# Bab 1



# OPTIKA GEOMETRIK



## Standart Kompetensi

Menerapkan prinsip kerja alat-alat optik.



## Kompetensi Dasar

Menganalisis alat-alat optik secara kualitatif dan kuantitatif

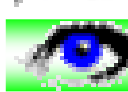


## Indikator

Menggunakan persamaan tentang optika geometrik untuk menyelesaikan masalah peralatan optika.



## Pendalaman Materi



### A. TEORI 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 Fresnell*  
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 :

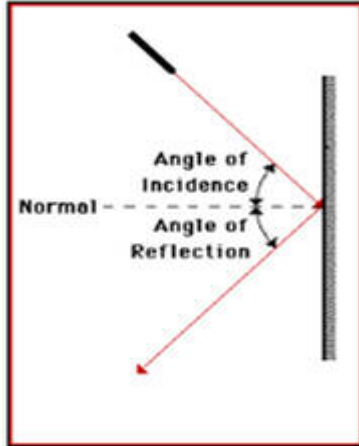
1. dapat mengalami pemantulan (refleksi)
2. dapat mengalami pembiasan (refraksi)
3. dapat mengalami perpaduan (interferensi)
4. dapat mengalami lenturan (difraksi)
5. dapat mengalami polarisasi



## A. 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)

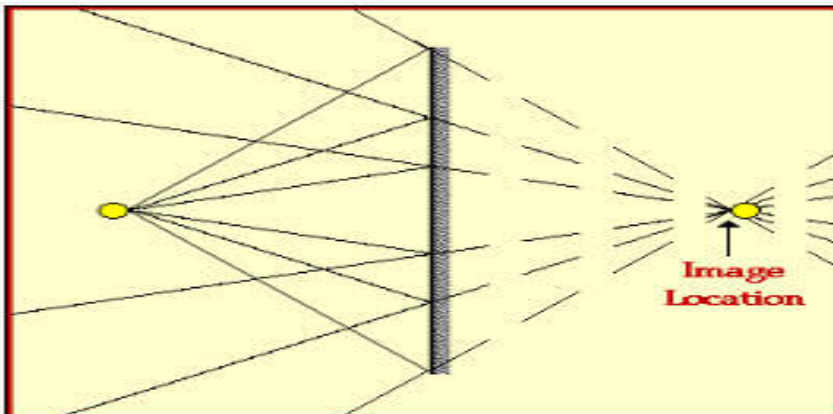


Cermin datar adalah sebuah cermin yang permukaannya berupa sebuah bidang datar. Sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah :

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 tinggi bendanya.

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

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  $\alpha$ , maka jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua cermin datar dari sebuah benda adalah :

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

n = jumlah bayangan  
 $\alpha$  = sudut apit kedua cermin datar



### Aktivitas 1

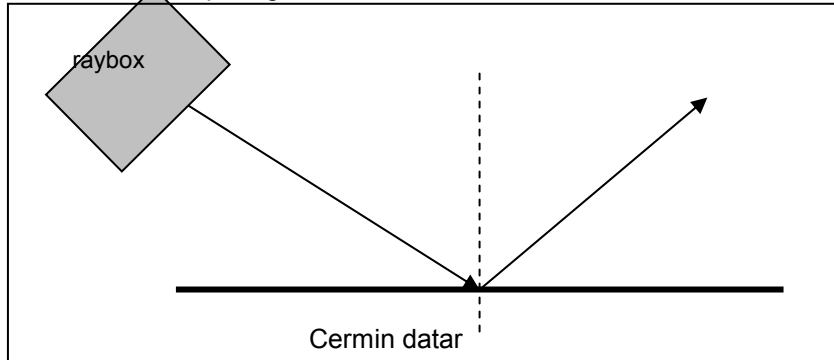
#### PEMANTULAN CAHAYA PADA CERMIN DATAR

**Alat-alat :**

1. Raybox
2. cermin datar
3. penggaris
4. busur derajat
3. kertas

**Langkah-langkah :**

1. Susunlah alat seperti gambar berikut :



3. Tentukan sinar datang, garis normal dan sinar pantul
4. Ukurlah sudut sinar datang dan sinar pantul.
5. Ulangi percobaan tersebut dengan sudut datang yang berbeda.

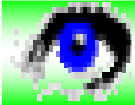
**Pertanyaan :**

Bagaimana besarnya sinar datang dan sinar pantul pada percobaan kalin ?



### Uji Kompetensi 1

1. Seberkas sinar datang pada permukaan cermin datar dengan sudut datang  $30^\circ$ . Tentukan besarnya sudut pantul !
2. Sudut yang dibentuk oleh sinar pantul terhadap bidang datar adalah  $30^\circ$ . Tentukan besarnya sudut datang sinar tersebut !
3. Seberkas sinar datang pada cermin AB dengan sudut datang  $60^\circ$ . Sinar pantulnya mengenai cermin BC yang bersudut  $100^\circ$  terhadap cermin AB. Tentukan besarnya sudut pantul sinar pada cermin BC !
4. Dua buah cermin datar disusun mengapit sudut  $\alpha$ . Jika sudut  $\alpha$  diperbesar dua kali maka jumlah bayangannya berkurang dua buah. Tentukan besarnya sudut  $\alpha$  !
5. Seberkas sinar datang pada cermin datar. Jika cermin diputar  $10^\circ$  searah putaran jarum jam, tentukan besarnya sudut antara sinar pantul mula-mula dengan sinar pantul setelah cermin diputar !
6. Dua cermin panjangnya sama 1,6 m berhadapan pada jarak 20 cm. Seberkas sinar jatuh pada salah satu ujung cermin dengan sudut datang  $30^\circ$ . Tentukan banyaknya pemantulan hingga sinar tersebut keluar dari pasangan cermin tersebut !
7. Seseorang yang tingginya 160 cm ingin melihat bayangan seluruh tubuhnya pada sebuah cermin datar. Jika jarak mata dengan ujung kepala 10 cm, tentukan :
  - a. panjang minimal cermin yang digunakan
  - b. tinggi cermin diletakkan dari tanah
8. Seseorang ingin melihat seluruh tubuhnya pada sebuah cermin datar. Jika jarak mata dengan ujung kaki 160 cm, berapa panjang minimal cermin yang harus dipakai ?
9. 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 ?
10. Dua buah cermin dipasang dengan membentuk sudut apit  $\alpha$ . Tentukan jumlah bayangan yang terjadi jika kedua cermin datar dipasang membentuk sudut apit :
  - a.  $30^\circ$
  - b.  $90^\circ$
  - c.  $180^\circ$
  - d.  $0^\circ$



## B. PEMANTULAN CAHAYA PADA CERMIN LINGKUNG

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

Cermin lengkung ada dua jenis, yaitu :

1. Cermin cembung / cermin negatif / cermin divergen
2. Cermin cekung / cermin positif / cermin konvergen

### CERMIN CEMBUNG

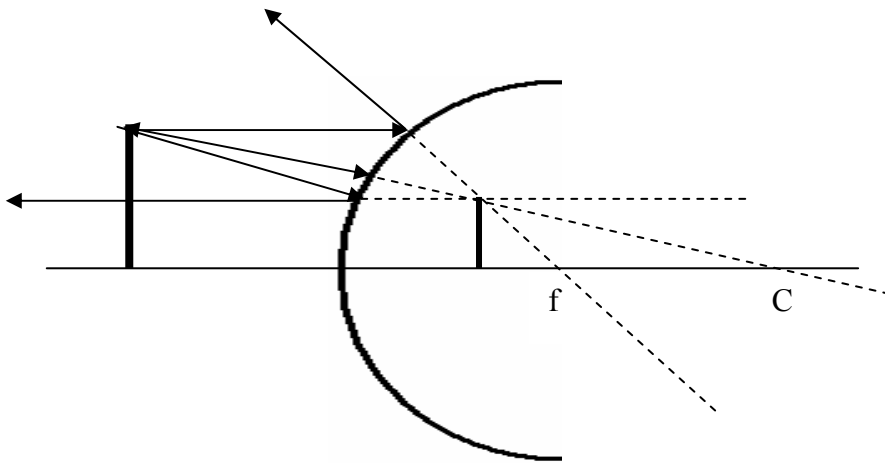
#### Sifat-sifat :

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 :

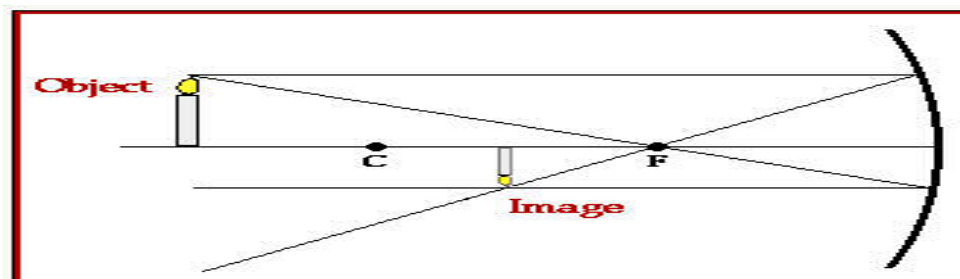


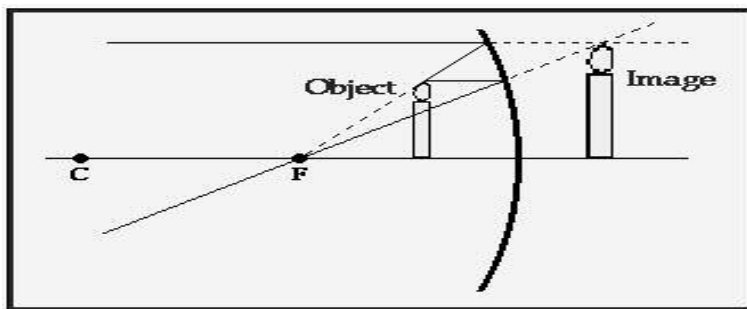
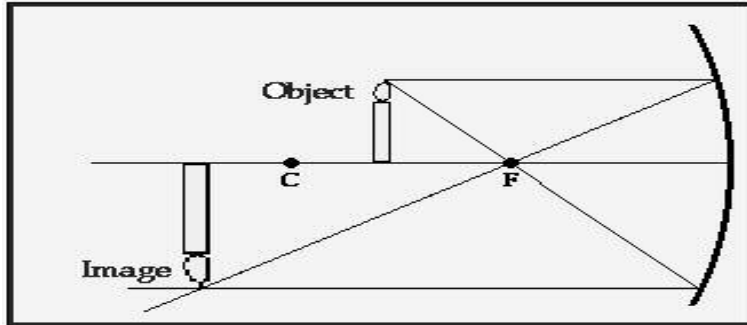
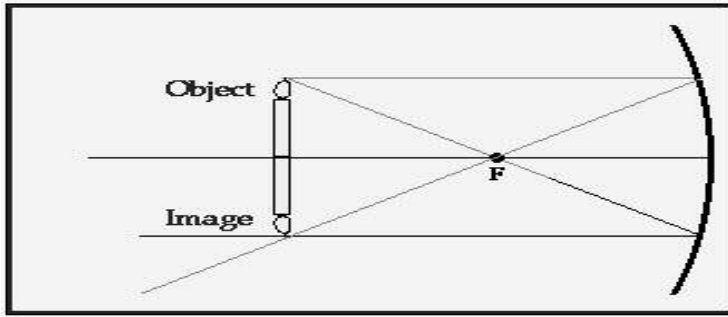
### CERMIN CEKUNG

#### 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 melalui titik fokus cermin.
  - b. Sinar yang datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
  - c. Sinar yang datang melalui titik pusat kelengkungan cermin, akan dipantulkan melalui titik pusat kelengkungan juga.

#### Melukis bayangan pada cermin cekung





*Keterangan :*

C = titik pusat kelengkungan cermin/jari-jari

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 :

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

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

*Keterangan :*

- f = jarak fokus (titik api) cermin (cm)
- S<sub>o</sub> = jarak benda dari cermin (cm)
- S<sub>i</sub> = jarak bayangan dari cermin (cm)
- R = jari-jari kelengkungan cermin (cm)
- M = perbesaran bayangan (kali)
- h<sub>o</sub> = tinggi benda (cm)
- h<sub>i</sub> = tinggi bayangan (cm)



**Penting diingat !**

1. benda nyata jika terletak di *depan* cermin (S<sub>o</sub> bernilai positif)
2. benda *maya* jika terletak di *belakang* cermin (S<sub>o</sub> bernilai negatif)
3. bayangan *nyata* jika terletak di *depan* cermin (S<sub>i</sub> bernilai positif)
4. bayangan *maya* terletak di *belakang* cermin (S<sub>i</sub> 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*



**Aktivitas 2**

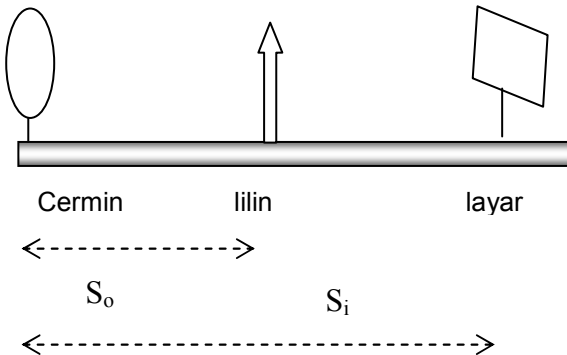
**MENYELIDIKI HUBUNGAN JARAK BENDA DAN JARAK BAYANGAN PADA CERMIN CEKUNG**

**Alat-alat :**

1. cermin cekung yang diketahui jarak fokusnya
2. pegangan cermin
3. lilin
4. bangku optik
5. layar putih

**Langkah-langkah :**

1. Susunlah alat-alat seperti berikut :



2. Aturlah lilin dan layar agar terlihat bayangan paling jelas pada layar.
3. Ulangi langkah tersebut dengan jarak benda yang berubah-ubah, dan catat hasil pengamatan kalian pada tabel berikut :

NO	S <sub>o</sub>	S <sub>i</sub>	$\frac{1}{S_o}$	$\frac{1}{S_i}$	$\frac{1}{f}$	h <sub>o</sub>	h <sub>i</sub>	$\frac{S_i}{S_o}$	$\frac{h_i}{h_o}$
1									
2									
3									
4									
5									

**Pertanyaan :**

1. Bagaimana kecenderungan nilai  $\frac{1}{f}$  pada semua percobaan ?

2. Berapa besarnya  $f$  rata-rata percobaan kalian ? Bandingkan dengan nilai  $f$  cermin yang telah anda ketahui !
3. Bagaimana kecenderungan nilai  $\frac{S_i}{S_o}$  dan  $\frac{h_i}{h_o}$  ?



### 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 :

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

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

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

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

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

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

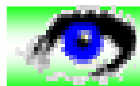
- d. Sifat bayangan : maya, tegak, diperkecil



### 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 !
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

F



### C. PEMBIASAN CAHAYA

#### HUKUM SNELLIUS

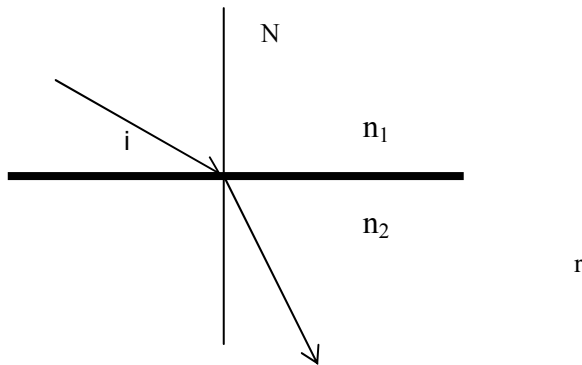
Pembiasan cahaya adalah perubahan arah rambat cahaya apabila melewati medium yang berbeda kerapatannya (indeks biasnya).

Hukum Snellius tentang pembiasan berbunyi :

1. Sinar datang, sinar bias dan garis normal terletak pada sebuah bidang datar

2. Sinar yang datang dari medium yang kurang rapat menuju medium yang lebih rapat 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 :

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$n_{12}$  = 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

$\lambda_1$  = panjang gelombang sinar pada medium 1

$\lambda_2$  = panjang gelombang sinar pada medium 2

### PEMANTULAN TOTAL (SEMPURNA)

Pemantulan sempurna terjadi jika :

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

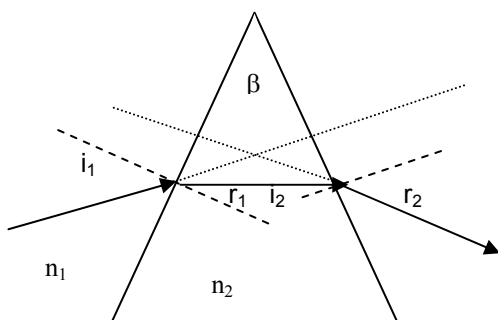
Sudut kritis adalah sudut datang cahaya jika sudut bias cahaya =  $90^\circ$ . Contoh pemantulan sempurna adalah saat terjadi fatamorgana.

Besarnya sudut kritis dicari dengan hukum Snellius :

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

$i_k$  = sudut kritis / sudut batas

### PEMBIASAN PADA PRISMA



**Keterangan :**

- $\beta$  = 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 ( $\beta$ )

$$\beta = r_1 + i_2$$

b. Sudut deviasi prisma ( $\delta$ ), yaitu sudut yang dibentuk antara perpanjangan sinar datang dengan sinar yang keluar dari prisma

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

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

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

d. dengan menggunakan hukum Snellius, maka:

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

$\delta_{\min}$  = sudut deviasi minimum.

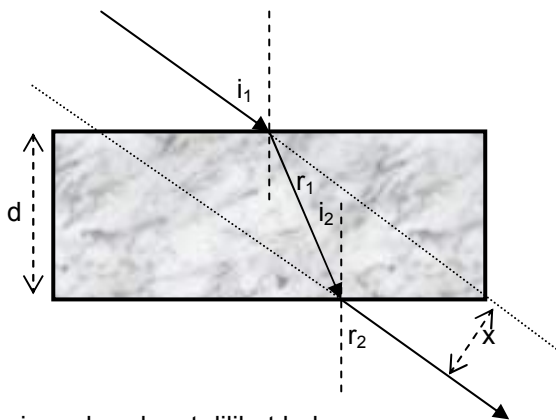
$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \text{indeks bias relatif prisma}$$

e. untuk  $\beta$  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 :  
 $i_1 = r_2$  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  $60^\circ$ . Ternyata cahaya keluar dari kaca dengan sudut  $30^\circ$ . Tentukan indeks bias kaca !

Penyelesaian :

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

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

$$n_2 = \sqrt{3}$$



### Aktivitas 3

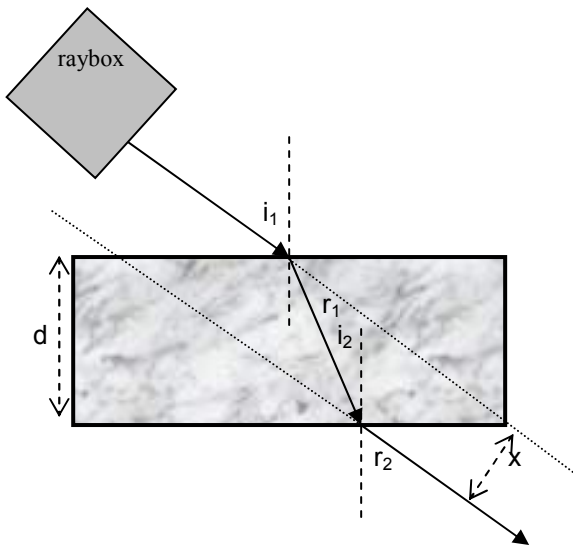
#### HUKUM SNELLIUS

Alat-alat :

1. kaca planparalel
2. pencil
3. kertas
4. penggaris
5. busur derajat
6. raybox

Langkah-langkah :

1. Susunlah alat-alat seperti berikut :



2. Buat bidang batas, sinar datang dengan sudut datang ( $i_1$ ) dan garis normal
3. Buat sinar bias dan ukur sinar bias tersebut ( $r_1$ )
4. Ulangi dengan sudut datang yang berbeda-beda dan catat hasilnya dalam tabel berikut :

No	$i_1$	$r_1$	Sin i	Sin r	$\frac{\sin i}{\sin r}$
1					
2					
3					
4					
5					

Pertanyaan :

1. Bagaimana nilai perbandingan antara Sin i dan Sin r ?
2. Buat kesimpulan hasil percobaan kalian



### Aktivitas 4

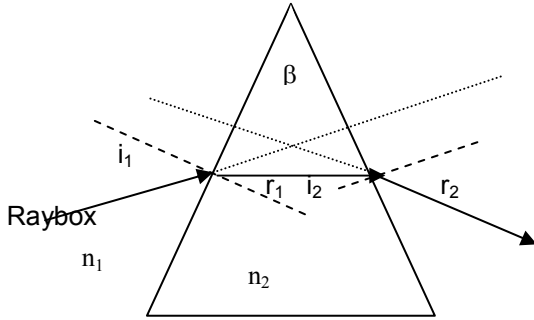
#### SUDUT DEVIASI MINIMUM PRISMA

**Alat-alat :**

1. Prisma siku-siku
2. kertas
3. Pencil
4. penggaris
5. Busur derajat
6. Raybox

**Langkah-langkah :**

1. Susun alat seperti pada gambar berikut :



2. Buat sinar datang ( $i_1$ ), sudut bias ( $r_2$ ) dan sudut deviasi ( $\delta$ ) dan ukurlah sudut masing-masing
3. Ulangi dengan sudut datang yang berbeda beda
4. Tuliskan hasil pengamatanmu pada tabel berikut :

No	$i_1$	$r_2$	$\delta$	$i+r-\beta$
1				
2				
3				
4				
5				

**Pertanyaan**

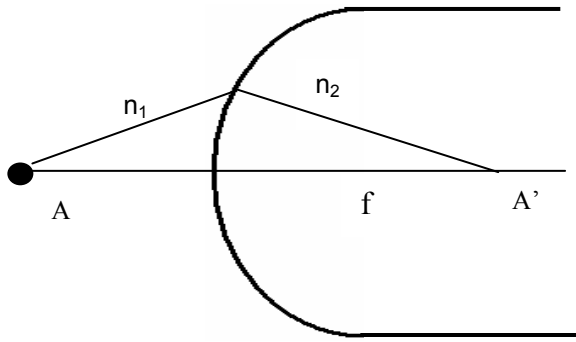
1. Apakah harga  $\delta = i_1+r_2-\beta$  ?
2. Bagaimana nilai  $\delta$  pada saat  $i_1 = r_2$  ?
3. Buat kesimpulan hasil percobaan kalian



**Uji Kompetensi 3**

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

**PEMBIASAN PADA PERMUKAAN SFERIS**



Benda A berada pada medium yang indeks biasnya  $n_1$  terletak didepan bidang lengkung sferik 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 :

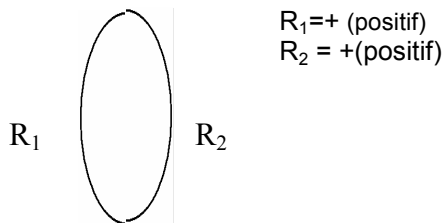
1. Lensa Cembung (konveks = lensa positif)

Sifat lensa cembung :

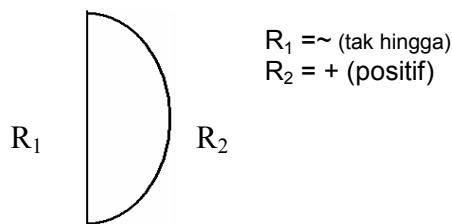
- a. mengumpulkan sinar (konvergen)
- b. nilai jari-jari ( $R$ ) dan jarak fokus ( $f$ ) positif

Lensa cembung ada 3 jenis :

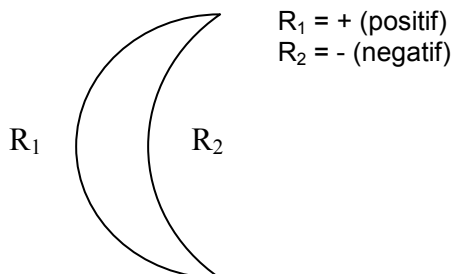
- a. Bi-konveks = cembung-cembung



- b. Plan-konveks (datar-cembung)



- c. Konveks-konkaf (cembung-cekung)



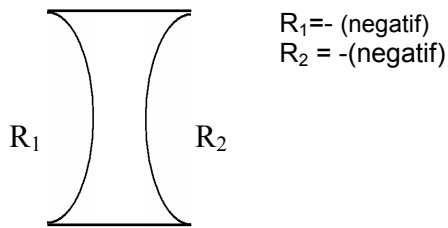
2. Lensa Cekung (konkaf = lensa negatif)

Sifat lensa cekung :

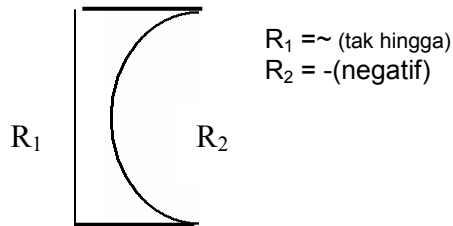
- menyebarkan sinar (divergen)
- nilai jari-jari (R) dan jarak fokus (f) negatif

Lensa cekung ada 3 jenis :

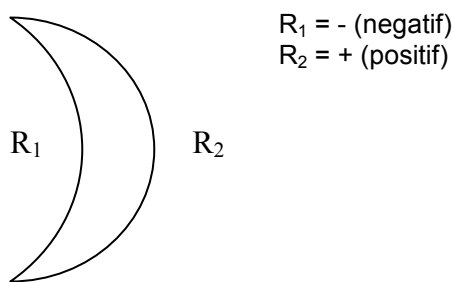
- Bi-konkaf = cekung-cekung



- Plan-konkaf (datar-cekung)



- Konkaf-konveks (cekung-cembung)

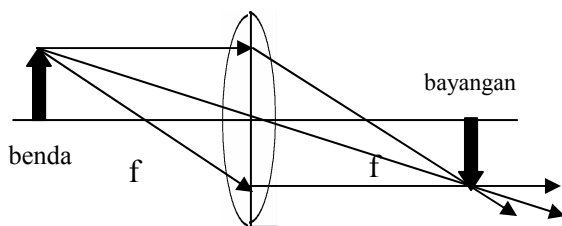


**Melukis bayangan pada lensa cembung**

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

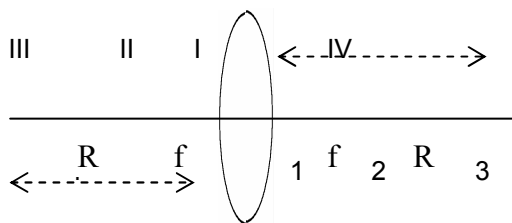
Sinar istimewa pada lensa cembung adalah :

- 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

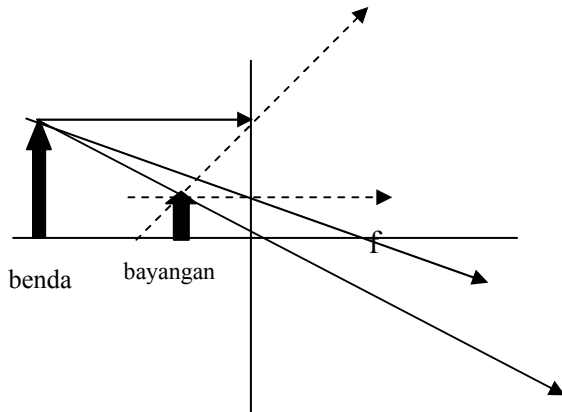
Dalil Esbach menyatakan bahwa :  
 Nomor Ruang Benda + Nomor Ruang Bayangan = 5

Rang 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 <sub>1</sub>	Di R <sub>2</sub>	Nyata, terbalik, sama besar
Di tak hingga	Di f	Nyata, terbalik, sangat kecil

**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<sub>2</sub>) 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 :

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

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

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

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

- f = jarak fokus lensa (cm)
- S<sub>o</sub> = jarak benda (cm)
- S<sub>i</sub> = jarak bayangan (cm)
- n<sub>2</sub> = indeks bias lensa
- n<sub>1</sub> = indeks bias medium sekitar lensa
- R<sub>1</sub> = jari-jari kelengkungan permukaan I
- R<sub>2</sub> = jari-jari kelengkungan permukaan II
- h<sub>o</sub> = tinggi benda
- h<sub>i</sub> = tinggi bayangan
- P = kuat lensa (dioptri)



**Penting diingat (Untuk lensa)!**

1. bayangan *nyata* jika terletak di *belakang* lensa (S<sub>i</sub> bernilai positif)
2. bayangan *maya* terletak di *depan* lensa (S<sub>i</sub> 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 :

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



### Aktivitas 5

#### JARAK FOKUS LENSА CEMBUNG

Alat-alat :

1. lensa cembung
2. kertas

Langkah-langkah :

1. Hadapkan lensa cembung ke matahari secara tegak lurus
2. Tangkap bayangan matahari pada kertas, hingga mendapatkan bayangan sekecil-kecilnya pada layar. Tempat titik bayangan matahari itu berada merupakan titik fokus lensa
3. Ukur jarak dari kertas ke lensa. Hasil pengukuran itu merupakan jarak fokus lensa cembung

Pertanyaan

1. Dimana letak bayangan benda dari sebuah lensa jika jarak benda sangat jauh ?
2. Buat kesimpulan hasil percobaanmu !



### Aktivitas 6

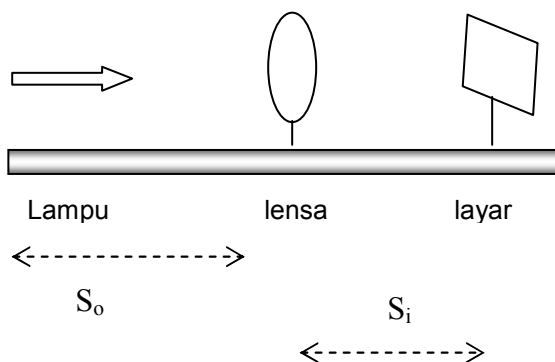
#### MENYELIDIKI HUBUNGAN JARAK BENDA DAN JARAK BAYANGAN PADA LENSА CEMBUNG

Alat-alat :

1. Lensa cembung
2. bangku optik
3. penyangga lensa
4. layar
5. lampu baterai bercelah

Langkah-langkah :

1. Susun alat seperti gambar berikut :



2. Atur letak lampu (benda) dan layar sehingga tampak bayangan yang jelas pada layar
3. Ukurlah jarak benda, jarak bayangan, tinggi benda dan tinggi bayangan

- Ulangi dengan mengubah jarak benda dan jarak bayangan
- Tulis hasil pengamatanmu dalam tabel berikut :

NO	$S_o$	$S_i$	$\frac{1}{S_o}$	$\frac{1}{S_i}$	$\frac{1}{f}$	$h_o$	$h_i$	$\frac{S_i}{S_o}$	$\frac{h_i}{h_o}$
1									
2									
3									
4									
5									

**Pertanyaan :**

- Bagaimana kecenderungan nilai  $\frac{1}{f}$  pada semua percobaan ?
- Berapa besarnya  $f$  rata-rata percobaan kalian ? Bandingkan dengan nilai  $f$  lensa yang telah anda ketahui !
- Bagaimana kecenderungan nilai  $\frac{S_i}{S_o}$  dan  $\frac{h_i}{h_o}$  ?
- Buat grafik antara  $\frac{1}{S_o}$  pada sumbu X dan  $\frac{1}{S_i}$  pada sumbu y !
- Buatlah kesimpulan percobaan kalian !



**Contoh Soal**

- 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 :*

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

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

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

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

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

*Penyelesaian :*

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

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

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

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



**Uji Kompetensi 4**

- 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 ?
- Seorang perenang melihat vertikal ke bawah, kedasar kolam renang yang kedalaman sesungguhnya 4 m. Bagi orang tersebut, tampak berapa meter kedalaman kolam tersebut ?
- 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 :
  - jarak orang menurut ikan
  - 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 !
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 diudara 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  $\beta$ . Selisih sudut pantul sebelum dan sesudah cermin diputar adalah ...
  - a.  $\frac{1}{4}\beta$
  - b.  $\frac{1}{2}\beta$
  - c.  $\beta$
  - d.  $2\beta$
  - e.  $4\beta$
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  $60^\circ$ . 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  $10^\circ$ . Besarnya sudut deviasi minimumnya adalah ... $^\circ$ 
  - a. 1
  - b. 6
  - c. 12
  - d. 16
  - e. 20
11. Sebuah prisma deviasi minimumnya  $30^\circ$  mempunyai sudut pembias  $60^\circ$ . 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
  - a. 0,4
  - b. 1
  - c. 1,5
  - d. 2
  - e. 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
  - a. 2
  - b. 6
  - c. 12
  - d. 24
  - e. 36
15. Letak bayangan yang dibentuk lensa bikonveks 20 cm di belakang lensa. Jika kuat lensa 10 D, maka jarak benda adalah ... cm
  - a. 5
  - b. 10
  - c. 15
  - d. 20
  - e. 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
- 4,2
  - 3,6
  - 18,0
  - 14,7
  - 10,5

# Bab 2



# Alat Optik



## Standart Kompetensi

Menerapkan prinsip kerja alat-alat optik.



## Kompetensi Dasar

Menerapkan alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari.



## Indikator

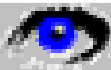
Menggunakan persamaan tentang optika geometrik untuk menyelesaikan masalah peralatan optika.



## Pendalaman Materi

Alat-alat optik merupakan alat bantu yang digunakan untuk mengamati benda yang sukar diamati secara langsung oleh mata. Yang termasuk alat optika adalah :

1. Mata
2. Kacamata
3. Lup
4. Mikroskop
5. Teropong



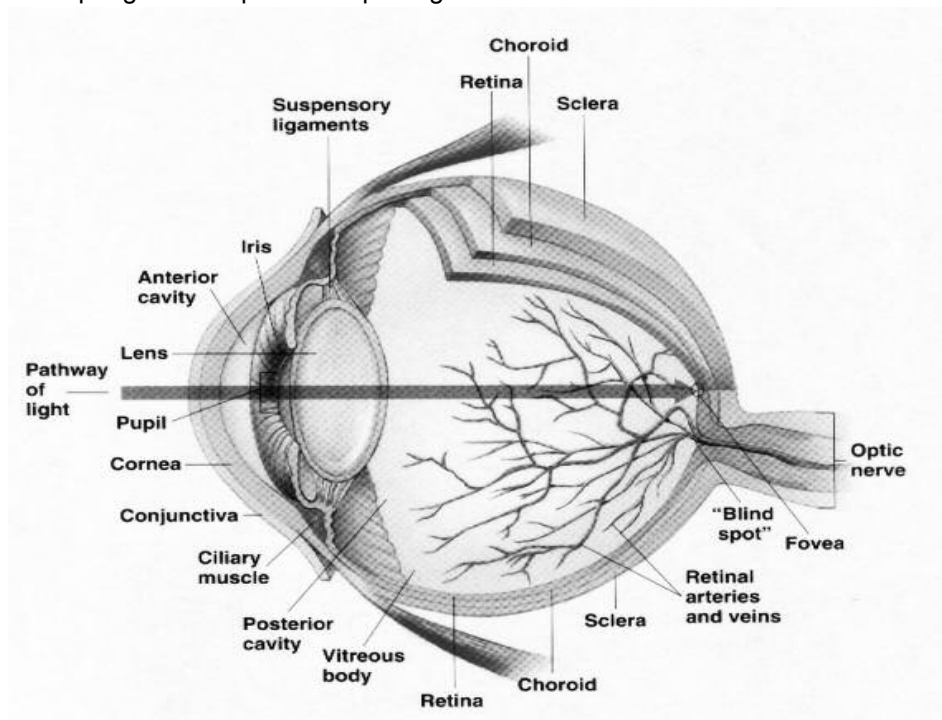
## A. MATA DAN KACAMATA

Mata memiliki bagian-bagian penting seperti lensa mata, kornea, iris mata, pupil, retina, cairan mata, otot mata dan sebagainya.

Dapatkah kamu sebutkan fungsi dari bagian-bagian penting mata tersebut ?

Jika mata melihat benda dengan jelas, maka bayangannya tepat diretina. Jika mata melihat benda dekat, maka lensa mata lebih cembung (berakomodasi), sedangkan jika mata melihat benda jauh, maka lensa mata menipis (tidak berakomodasi). Dari kondisi tersebut, fokus lensa mata berubah sesuai dengan jauh-dekat benda yang dilihat oleh mata. Kemampuan mata untuk mengubah fokus lensa mata disebut daya akomodasi.

Penampang mata dapat dilihat pada gambar berikut :



Mata memiliki jarak penglihatan yang jelas pada daerah yang dibatasi oleh dua titik, yaitu :

1. Titik dekat mata (Sn) atau Punctum Proximum (PP), yaitu jarak terdekat yang masih dapat dilihat mata dengan berakomodasi maksimum.
2. Titik jauh mata atau Punctum Remotum (PR), yaitu jarak terjauh yang masih dapat dilihat mata dengan tidak berakomodasi.

Mata normal (emmetrop) memiliki Sn = 25 cm dan PR = ∞ (bayangan jatuh tepat di retina).

Jenis-jenis cacat mata (ametrop) :

1. *Myopi (rabun jauh)*

Ciri-ciri :

- a. titik jauhnya kurang dari tak terhingga (PR < ∞)
- b. tidak dapat melihat benda jauh seperti mata normal
- c. bayangan jatuh di titik jauhnya yaitu di depan retina, karena lensa mata kurang dapat menipis (Si = -PR).
- d. cacat mata ini dapat ditolong dengan menggunakan kacamata lensa cekung (kacamata negatif/kacamata divergen)

2. *Hypermetropi (rabun dekat)*

Ciri-ciri :

- a. titik dekatnya lebih dari 25 cm
- b. tidak dapat melihat benda dekat
- c. bayangan jatuh di titik dekatnya yaitu di belakang retina, karena lensa mata kurang dapat mencembung (Si = -PP)
- d. cacat mata ini dapat ditolong dengan menggunakan kacamata lensa cembung (kacamata positif/kacamata konvergen)

3. *Presbiopi (mata tua)*

Ciri-ciri :

- a. titik dekatnya lebih dari 25 cm dan titik jauhnya kurang dari tak hingga
- b. tidak dapat melihat benda dekat dan benda jauh
- c. disebabkan oleh karena mlensa mata tidak dapat mencekung dan mencembung
- d. cacat mata ini dapat ditolong dengan menggunakan kacamata lensa rangkap (cekung dan cembung).



### Contoh Soal

1. Titik dekat mata seseorang 40 cm. Tentukan kacamata yang harus dipakai agar orang tersebut dapat melihat benda seperti orang normal !

Diketahui : Si = PP = 40 cm

So = 25 cm

Ditanya : P ... ?

Jawab :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-40}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4}{100} - \frac{2,5}{100}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1,5}{100}$$

$$f = \frac{100}{1,5} \text{ cm} = \frac{1}{1,5} \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{1}{1,5}} = 1,5 \text{ Dioptri}$$

**Trik !**

$$P = 4 - \frac{1}{PP} = 4 - \frac{1}{0,4} = 1,5 \text{ Dioptri}$$

2. Seseorang hanya dapat melihat jauh pada jarak 2 m di depan matanya. Tentukan kuat lensa kaca mata yang harus dipakai agar dapat melihat jauh ditak terhingga (seperti orang normal) !

Diketahui : Si = -PR = -2 m

So = ∞ (tak terhingga)

Ditanya : P ... ?

Jawab :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\sim} + \frac{1}{-2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-2}$$

$$f = -2 \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-2} = -0,5 \text{ Dioptri}$$

**Trik !**

$$P = \frac{1}{-PR} = \frac{1}{-2} = -0,5 \text{ D}$$



### Uji Kompetensi 1

1. Seseorang penderita hipermetropi dengan titik dekat 100 cm ingin membaca pada jarak normal (25 cm). Berapa jarak fokus dan kuat lensa kacamata yang harus dipakai ?
2. Seseorang bermata myopi memiliki titik jauh hanya 5 m. Tentukan jarak fokus dan kuat lensa kacamata yang harus dipakai agar orang tersebut dapat melihat pada jarak normal !
3. Seseorang berpenglihatan jauh dapat melihat dengan jelas tanpa kacamata pada jarak tidak kurang dari 75 cm. Ia memakai kacamata yang kuat lensanya 2,5 D. Berapa titik dekat mata orang tersebut setelah memakai kaca mata ?
4. Seseorang dapat melihat benda dengan jelas jika benda berada pada jarak 120 cm atau lebih. Tentukan kuat lensa kacamata yang harus dipakai agar orang tersebut dapat melihat benda pada jarak 20 cm !
5. Seseorang bermata tua menggunakan kacamata rangkap berkekuatan 2 D dan -0,25 D. Tentukan titik dekat dan titik jauh mata orang tersebut jika kacamataanya dilepas !



### B. LUP (KACA PEMBESAR)

Lup adalah kaca pembesar yang terbuat dari lensa cembung yang berfungsi untuk memperbesar sudut pandang. Bayangan yang dibentuk lup adalah maya, tegak diperbesar. Benda yang akan dilihat oleh lup diletakkan di ruang I (antara pusat lensa lup dengan fokus lensa lup) dan bayangannya jatuh di titik dekat mata normal ( $S_n = 25 \text{ cm}$ ).



Perbesaran sudut bayangan pada lup adalah :

$$M = \frac{tg\beta}{tg\alpha} = \frac{S_n}{f} + \frac{S_n}{-S_i + d} - \frac{d.S_n}{f(-S_i + d)}$$

M = Perbesaran sudut (kali)

$\beta$  = sudut pandang mata dengan lup

$\alpha$  = sudut pandang mata tanpa lup

$S_n$  = jarak baca normal (titik dekat mata)

f = jarak fokus lup (m)

$S_i$  = jarak bayangan (maya)

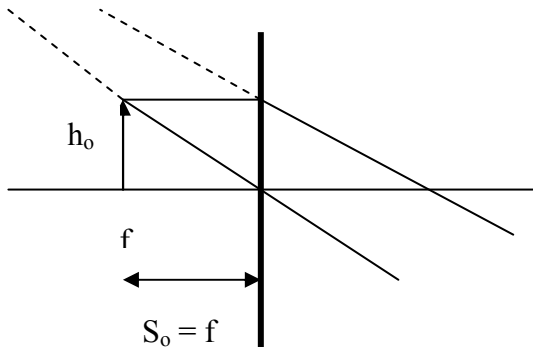
$S_o$  = jarak benda dengan lup (m)

d = jarak mata dengan lup (m)

Cara pengamatan dengan lup dengan mata menempel pada lup ( $d = 0$ ) ada dua macam, yaitu :

1. Pengamatan tanpa akomodasi

Pengamatan tanpa akomodasi, benda terletak di titik fokus lup, sehingga bayangannya berada di tak terhingga ( $s_o = f$  dan  $-S_i + d = \infty$ )

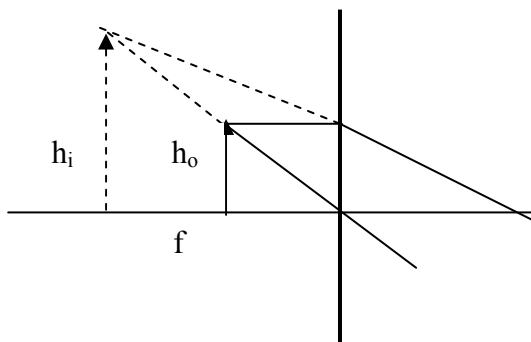


Perbesaran bayangan dengan mata tanpa akomodasi adalah :

$$M = \frac{S_n}{f}$$

2. Pengamatan dengan berakomodasi maksimum

Pengamatan dengan mata berakomodasi maksimum, benda diletakkan antara pusat lensa lup dengan titik fokus lup ( $f$ ), sehingga bayangannya maya, tegak, diperbesar ( $-S_i + d = S_n$ )



Perbesaran bayangan pada lup untuk mata berakomodasi maksimum adalah :

$$M = \frac{S_n}{f} + 1$$

3. Pengamatan dengan mata berakomodasi pada jarak x

$$M = \frac{S_n}{f} + \frac{S_n}{x}$$

Jika mata tidak menempel pada lup, maka :

a. untuk mata berakomodasi maksimum

$$M = \frac{S_n}{f} + 1 - \frac{d}{f}$$

b. untuk mata tidak berakomodasi

$$M = \frac{S_n}{f} - \frac{d}{f}$$



### Contoh Soal

Seorang tukang arloji menggunakan lup yang kekuatannya 8 dioptri. Bila mata tukang arloji normal, tentukan perbesaran sudut lup jika:

- Mata berakomodasi maksimum
- Mata berakomodasi pada jarak 50 cm
- Mata tak berakomodasi

Diketahui :  $S_n = 25 \text{ cm}$

$$P = 8 \text{ D, maka } f = \frac{100}{8} = 12,5 \text{ cm}$$

Ditanya : M

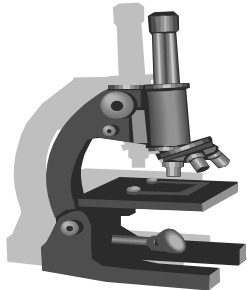
Jawab :

- $M = \frac{S_n}{f} + 1 = \frac{25}{12,5} + 1 = 3 \text{ kali}$
- $M = \frac{S_n}{f} + \frac{S_n}{x} = \frac{25}{12,5} + \frac{25}{50} = 2,5 \text{ kali}$
- $M = \frac{S_n}{f} = \frac{25}{12,5} = 2 \text{ kali}$



### C. MIKROSKOP

Mikroskop digunakan untuk melihat benda-benda renik.



Mikroskop terdiri dari dua lensa positif, yaitu lensa obyektif dan lensa okuler. Lensa obyektif terletak dekat benda, sedangkan lensa okuler terletak dekat mata yang berfungsi sebagai lup.

- jarak fokus lensa obyektif ( $f_{ob}$ ) lebih kecil dari jarak fokus lensa okuler ( $f_{ok}$ )
- Benda terletak di ruang II pada lensa obyektif (antara  $f_{ob}$  dengan R) dan membentuk bayangan nyata, terbalik diperbesar.
- Bayangan yang dibentuk oleh lensa obyektif jatuh di ruang I pada lensa okuler (antara pusat lensa okuler dengan  $f_{ok}$ ) dan terbentuk bayangan akhir oleh lensa okuler yang bersifat maya, tegak, diperbesar.

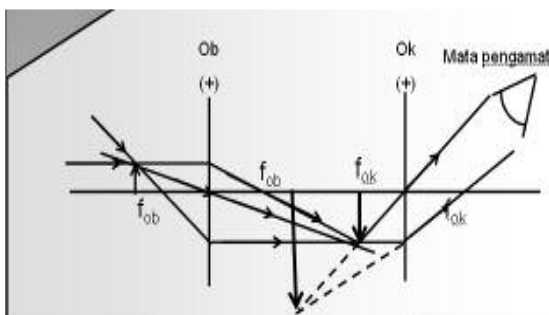
Perbesaran linear total mikroskop adalah :

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

$$M = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \times \frac{S'_{ok}}{S_{ok}}$$

Perbesaran sudut dan panjang mikroskop adalah :

- untuk mata berakomodasi maksimum

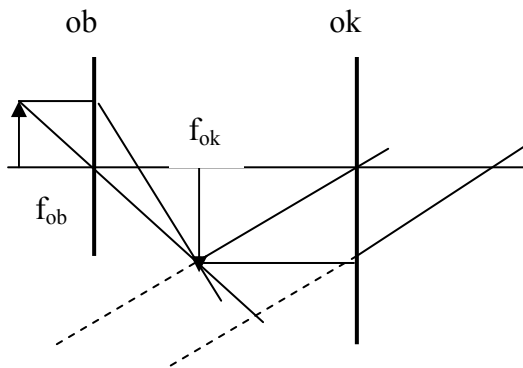


$$S'_{ok} = -S_n = -PP$$

$$M = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \times \left( \frac{Sn}{f_{ok}} + 1 \right)$$

$$L = S'_{ob} + S_{ok}$$

b. untuk mata tak berakomodasi



$$S'_{ok} = \infty \text{ dan } S_{ok} = f_{ok}$$

$$M = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \times \frac{Sn}{f_{ok}}$$

$$L = S'_{ob} + f_{ok}$$

**Keterangan :**

- M = perbesaran total mikroskop (kali)
- $M_{ob}$  = perbesaran bayangan oleh lensa obyektif
- $M_{ok}$  = perbesaran bayangan oleh lensa okuler
- $S_{ob}$  = jarak benda dari lensa obyektif (m)
- $S'_{ob}$  = jarak bayangan dari lensa obyektif (m)
- $S_{ok}$  = jarak benda dari lensa okuler (m)
- $S'_{ok}$  = jarak bayangan dari lensa okuler (m)
- $f_{ob}$  = jarak fokus lensa obyektif (m)
- $f_{ok}$  = jarak fokus lensa okuler (m)
- L = panjang tubus mikroskop (m)
- Sn = jarak baca normal (m)
- PP = titik dekat mata (m)



**Contoh Soal**

Sebuah mikroskop digunakan untuk mengamati benda yang diletakkan 1,5 cm di depan lensa obyektif tanpa akomodasi. Jika jarak fokus lensa obyektif dan okuler masing-masing 1 cm dan 2,5 cm, dan mata melihat tanpa akomodasi, tentukan :

- a. panjang mikroskop
- b. Perbesaran total mikroskop

Diketahui :  $S_{ob} = 1,5 \text{ cm}$   
 $F_{ob} = 1 \text{ cm}$   
 $F_{ok} = 2,5 \text{ cm}$

Ditanya : a. L  
 b. M

Jawab :

$$a. \frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{s_{ob}} + \frac{1}{s'_{ob}}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{1}{1,5} + \frac{1}{s'_{ob}}$$

$$s'_{ob} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi } L = s'_{ob} + f_{ok} = 3 + 2,5 = 5,5 \text{ cm}$$

$$b. M = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \times \frac{Sn}{f_{ok}}$$

$$M = \frac{3}{1,5} \times \frac{25}{2,5} = 20 \text{ kali}$$



### Uji Kompetensi 2

- Seseorang bermata normal melihat benda kecil dengan menggunakan lup berkekuatan 10 dioptri. Lup diletakkan di depan mata pada jarak 4 cm. Bila mata berakomodasi maksimum, hitunglah perbesaran sudutnya !
- Lup dengan dengan jarak fokus 4 cm digunakan untuk mengamati benda tanpa akomodasi. Tentukan :
  - jarak benda dari lup
  - perbesaran bayangannya
- Sebuah lup memiliki jarak fokus 6 cm digunakan untuk melihat benda setinggi 2 mm dengan mata berakomodasi maksimum. Jika mata pengamat normal, hitunglah :
  - jarak benda dari lup
  - perbesaran bayangan
  - tinggi bayangannya
- Sebuah benda terletak 1 cm didepan lensa obyektif sebuah mikroskop. Jarak titik api lensa obyektif 0,9 cm. Mata melihat bayangan dengan perbesaran okuler 10 kali, tentukan perbesaran mikroskop !
- Sebuah benda terletak pada jarak 2,2 cm di bawah lensa obyektif mikroskop yang jarak fokus lensa obyektif dan okulernya 2 cm dan 6 cm. Seseorang dengan titik dekat 30 cm mengamati benda dengan mata berakomodasi maksimum. Hitunglah :
  - panjang mikroskop
  - perbesaran bayangannya
- Sebuah benda terletak pada jarak 2,5 cm di bawah lensa obyektif yang jarak fokus lensa obyektif dan okulernya 2 cm dan 5cm. Seseorang dengan titik dekat 25 cm mengamati benda dengan mata tak berakomodasi. Hitunglah :
  - panjang mikroskop
  - perbesaran bayangannya
- Sebuah benda terletak pada jarak 10,5 mm cm di bawah lensa obyektif yang jarak fokus lensa obyektif dan okulernya 10 mm dan 2,5 cm. Seseorang dengan titik dekat 25 cm mengamati benda dengan mata berakomodasi maksimum. Hitunglah :
  - panjang mikroskop
  - perbesaran bayangannya
- Sebuah mikroskop jarak fokus lensa obyektif dan okulernya 12 cm dan 25 cm. Jika panjang tubus mikroskop 300 cm, tentukan perbesaran total mikroskop untuk mata :
  - berakomodasi maksimum
  - tanpa akomodasi



### C. TEROPONG BINTANG

Alat optik pandang jauh seperti teropong/teleskop berfungsi untuk mengamati benda-benda yang letaknya jauh agar tampak lebih dekat dan jelas. Teropong bintang terdiri dari dua lensa positif (cembung), yaitu lensa obyektif dan lensa okuler.

Jarak fokus lensa obyektif ( $f_{ob}$ ) lebih besar dari jarak fokus lensa okuler ( $f_{ok}$ ).

Perbesaran dan panjang teropong adalah sebagai berikut :

- untuk mata berakomodasi maksimum

$$S'_{ok} = -Sn = -PP$$

$$M = \frac{f_{ob}}{S_{ok}} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \left( \frac{Sn + f_{ok}}{Sn} \right)$$

$$L = f_{ob} + S_{ok}$$

- untuk mata tak berakomodasi

$$S'_{ok} = \infty$$

$$S_{ok} = f_{ok}$$

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

$$L = f_{ob} + f_{ok}$$



## D. TEROPONG BUMI

Teropong Bumi (Yojana) digunakan untuk mengamati obyek di bumi yang letaknya relatif jauh. Teropong bumi terdiri dari 3 lensa positif yaitu lensa obyektif, lensa pembalik dan lensa okuler. Lensa pembalik berfungsi untuk membalikkan bayangan obyektif sehingga bayangan akhir tegak. Perbesaran bayangan dan panjang teropong bumi adalah :

- a. untuk mata berakomodasi maksimum

$$S'_{ok} = -Sn = -PP$$

$$M = \frac{f_{ob}}{S_{ok}} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \left( \frac{Sn + f_{ok}}{Sn} \right)$$

$$L = f_{ob} + 4f_p + S_{ok}$$

- b. untuk mata tak berakomodasi

$$S'_{ok} = \infty$$

$$S_{ok} = f_{ok}$$

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

$$L = f_{ob} + f_p + f_{ok}$$



## E. TEROPONG PANGGUNG

Teropong panggung (Galilei) fungsinya sama dengan teropong bumi. Teropong panggung terdiri dari lensa obyektif (berupa lensa positif) dan lensa okuler (berupa lensa negatif). Lensa negatif berfungsi sebagai pembalik dan sebagai lensa okuler, sehingga bayangan akhir tegak diperbesar.

Perbesaran dan panjang teropong adalah sebagai berikut :

- a. untuk mata berakomodasi maksimum

$$S'_{ok} = -Sn = -PP$$

$$M = \frac{f_{ob}}{S_{ok}} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \left( \frac{Sn + f_{ok}}{Sn} \right)$$

$$L = f_{ob} + S_{ok}$$

- b. untuk mata tak berakomodasi

$$S'_{ok} = \infty$$

$$S_{ok} = f_{ok}$$

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

$$L = f_{ob} + f_{ok}$$



## Contoh Soal

Sebuah teropong bintang panjangnya 14 cm memberikan perbesaran 6 kali. Jika mata pengamat tidak berakomodasi, tentukan jarak fokus lensa obyektif dan okulernya !

Diketahui :  $L = 14 \text{ cm}$

$M = 6 \text{ kali}$

Ditanya :  $f_{ob}$  dan  $f_{ok}$  ?

Jawab :

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

$$F_{ob} = 6 \cdot f_{ok}$$

Jadi :

$$L = f_{ob} + f_{ok}$$

$$14 = 6 \cdot f_{ok} + f_{ok}$$

$$14 = 7 \cdot f_{ok}$$

$$f_{ok} = 2 \text{ cm}$$

$$f_{ob} = 12 \text{ cm}$$



### Tugas Anda !

Lukiskan jalannya sinar pada proses pembentukan bayangan pada teropong bintang, panggung dan teropong bumi !



### Uji Kompetensi 3

2. Jarak titik api obyektif dan okuler dari teropong bintang adalah 150 cm dan 30 cm. Jika teropong digunakan oleh pengamat bermata normal tanpa akomodasi, tentukan:
  - a. panjang teropong
  - b. perbesaran bayangannya
  - c. agar mata dapat melihat jelas dengan akomodasi pada jarak 25 cm, berapa cm lensa okuler harus digeser ?
3. Sebuah teropong bintang perbesarannya 10 kali dan jarak fokus obyektifnya 50 cm di arahkan ke matahari dan memberikan bayangan di tempat yang jauh sekali. Tentukan berapa cm lensa okuler harus digeser agar dibentuk bayangan yang tajam pada jarak 31 cm dibelakang okuler.
4. Perbesaran bayangan dengan mata tak berakomodasi yang dihasilkan oleh teropong bintang adalah 54 kali. Jika panjang teropong 110 cm, tentukan jarak fokus lensa obyektif dan okulernya!
5. Jarak antara lensa obyektif dan lensa okuler sebuah teleskop 150 cm. Jika jarak fokus lensa obyektif teleskop 148 cm, tentukan perbesaran bayangannya jika :
  - a. mata berakomodasi maksimum
  - b. mata tak berakomodasi
6. Sebuah teropong bumi digunakan untuk mengamati benda di tak terhingga. Jarak titik api lensa obyektif, lensa pembalik dan okulernya adalah 50 cm, 4 cm dan 5 cm. Jika mata tak berakomodasi, tentukan :
  - a. panjang teropong
  - b. perbesaran bayangannya
7. Sebuah teropong panggung panjangnya 40 cm dan jarak titik api lensa okulernya 4 cm. Hitunglah perbesaran bayangan untuk mata tak berakomodasi !
8. Perbesaran normal teropong Galilei yang jarak fokus okulernya 3 cm adalah 18 kali. Tentukan panjang teropong tersebut !

### EVALUASI



#### SOAL PILIHAN GANDA

1. Seseorang yang cacat mata miopi dapat ditolong dengan menggunakan kacamata ...
  - a. divergen
  - b. konvergen
  - c. positif
  - d. planparalel
  - e. plankonveks
2. Cacat mata hipermetropi tidak dapat melihat pada jarak normal, karena bayangan benda yang terbentuk ...
  - a. di belakang retina
  - b. di depan retina
  - c. pada retina
  - d. pada bintik buta
  - e. pada kornea
3. Pada mata hipermetropi, pernyataan yang benar adalah ...
  - a. PR di tak hingga, PP = 25 cm
  - b. PR di tak hingga, PP > 25 cm
  - c. PR di tak hingga, PP < 25 cm
  - d. PR > 25 cm, PP di tak hingga
  - e. PR < 25 cm, PP di tak hingga

4. Seorang siswa menggunakan kacamata +1 D, berarti tanpa memakai kacamata siswa tersebut memiliki titik dekat mata .....cm
  - a. 33,3
  - b. 40,0
  - c. 60,0
  - d. 75,0
  - e. 150
5. Titik dekat mata seseorang terletak pada jarak 120 cm di depan mata. Untuk melihat dengan jelas suatu benda yang terletak 30 cm di depan matanya, maka orang tersebut harus menggunakan kacamata yang kuat lensanya sebesar ... Dioptri
  - a. 5
  - b. 2,5
  - c. 1
  - d. 0,5
  - e. 0,25
6. Seseorang hanya dapat melihat benda terjauh dengan jelas pada jarak 125 cm dari matanya. Agar seperti mata normal, kekuatan lensa kaca mata yang harus dipakai adalah ...D
  - a. +1
  - b. -1
  - c. +0,8
  - d. -0,8
  - e. -0,5
7. Titik jauh seseorang adalah 1 m di depan matanya. Untuk mampu melihat benda di tak terhingga dengan jelas perlu memakai kacamata yang jarak fokusnya ... cm
  - a. Tak terhingga
  - b. +100
  - c. -100
  - d. +3,3
  - e. -3,3
8. Seseorang tidak mampu melihat benda dengan jelas benda yang terletak lebih dari 50 cm dari matanya. Kuat lensa kacamata agar seperti mata normal adalah ...D
  - a. -4
  - b. -2
  - c. +3
  - d. +5
  - e. +2
9. Bila kita menggunakan lup dengan mata tidak berakomodasi, maka benda harus diletakkan di ...
  - a. titik api lup
  - b. titik pusat lup
  - c. antara f dengan R
  - d. antara lensa dengan f
  - e. antara R dengan tak hingga
10. Sebuah obyek untuk mikroskop harus selalu diletakkan pada ruang ...
  - a. I lensa obyektif
  - b. II lensa obyektif
  - c. III lensa obyektif
  - d. titik api lensa obyektif
  - e. titik pusat lensa obyektif
11. Dalam sebuah mikroskop, bayangan yang dibentuk oleh lensa obyektif adalah ...
  - a. nyata, tegak, diperbesar
  - b. nyata, terbalik diperbesar
  - c. nyata, terbalik diperkecil
  - d. maya, tegak, diperbesar
  - e. maya, tegak, diperkecil
12. Mikroskop dengan jarak fokus lensa obyektif dan okuler 1 cm dan 2,5 cm memiliki panjang tubus 13,5 cm digunakan untuk mengamati benda dengan mata normal tanpa akomodasi. Jarak preparat dengan lensa obyektif adalah ... cm
  - a. 0,9
  - b. 1,0
  - c. 1,09
  - d. 1,1
  - e. 1,3
13. Sebuah mikroskop dengan jarak fokus lensa obyektif dan okuler 0,8 cm dan 2,5 cm membentuk bayangan nyata pada jarak 16 cm dari lensa obyektif. Jika mata normal berakomodasi maksimum, perbesaran total mikroskop adalah .... kali
  - a. 11
  - b. 15
  - c. 19
  - d. 40
  - e. 190

14. Dua lensa dengan jarak titik api 1 cm dan 5 cm disusun membentuk mikroskop majemuk. Jika sebuah benda diletakkan 1,1 cm di depan lensa pertama dan bayangan akhir diamati pada jarak 25 cm dari lensa kedua, maka jarak kedua lensa adalah .... cm
  - a. 0,25
  - b. 1,1
  - c. 6,0
  - d. 15,2
  - e. 17,3
15. Sebuah mikroskop mempunyai panjang tabung 21,4 cm. Jarak fokus lensa obyektif dan okuler 4 mm dan 5 cm. Untuk mendapatkan bayangan yang jelas dengan mata tak berakomodasi, maka jarak benda dengan lensa obyektif adalah ... mm
  - a. 4,0
  - b. 4,1
  - c. 4,2
  - d. 4,4
  - e. 4,6
16. Sebuah teropong bintang, memiliki jarak fokus lensa obyektif dan okuler 50 cm dan 5 cm. Perbesaran bayangan untuk mata tak berakomodasi adalah ... kali
  - a. 250
  - b. 150
  - c. 50
  - d. 25
  - e. 10
17. Sebuah teropong Galileo memiliki jarak fokus lensa obyektif dan okuler 30 cm dan 5 cm. Panjang teropong tersebut adalah .... cm
  - a. 35
  - b. 30
  - c. 25
  - d. 20
  - e. 15
18. Sebuah teropong panggung memiliki jarak fokus lensa obyektif dan okuler 50 cm dan 5 cm. Perbesaran bayangan untuk mata berakomodasi maksimum adalah ... kali
  - a. 10
  - b. 12
  - c. 15
  - d. 20
  - e. 25
19. Sebuah teropong astronomi dalam keadaan normal memiliki jarak fokus lensa 5 cm dan perbesaran bayangan 25 kali. Panjang teropong tersebut adalah ... cm
  - a. 50
  - b. 125
  - c. 130
  - d. 230
  - e. 250
20. Sebuah teropong bintang memiliki jarak fokus lensa obyektif 100 cm digunakan untuk mengamati bulan. Agar dapat difokuskan pada obyek 50 cm, maka lensa okulernya harus ditarik keluar sepanjang ...cm
  - a. 2
  - b. 4
  - c. 6
  - d. 8
  - e. 10

#### **SOAL URAIAN**

1. Sebuah teropong Galilei memiliki jarak fokus lensa okuler 5 cm dan panjangnya 20 cm digunakan untuk mengamati benda langit dengan mata berakomodasi maksimum. Tentukan :
  - a. jarak fokus lensa obyektif
  - b. perbesaran bayangannya
2. Sebuah mikroskop memiliki jarak fokus lensa obyektif dan okuler 0,8 cm dan 8 cm digunakan untuk mengamati preparat yang panjangnya 0,05 cm dan terletak 1 cm dari lensa obyektif. Jika panjang mikroskop 12 cm, tentukan :
  - a. jarak bayangannya
  - b. perbesarannya
  - c. tinggi bayangannya
3. Seorang kakek menggunakan kacamata berlensa rangkap dengan kuat lensa +2 D dan -0,5 D. Tentukan batas-batas penglihatan kakek jika kacamataanya dilepas!
4. Sebuah lup yang titik apinya 5 cm digunakan untuk mengamati sebuah benda pada jarak 25 cm. Tentukan :
  - a. jarak bayangan
  - b. perbesaran bayangannya

# Bab 3 SUHU DAN KALOR



## Standart Kompetensi

Menerapkan konsep dan prinsip kalor, prinsip konservasi energi pada berbagai perubahan energi

## Kompetensi Dasar

- Menganalisis pengaruh kalor terhadap suatu zat
- Menganalisis cara perpindahan kalor
- Menerapkan azas Black dalam pemecahan masalah



## Indikator

- Menganalisis pengaruh kalor terhadap suhu dan wujud benda
- Menerapkan azas black
- Menjelaskan peristiwa perubahan wujud dan karakteristiknya serta memberikan contohnya dalam kehidupan sehari-hari.
- Memberikan gambaran tentang faktor yang mempengaruhi peristiwa perubahan wujud
- Membedakan besar pemuain pada berbagai zat secara kualitatif
- Membedakan peristiwa perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi
- Menentukan faktor yang berpengaruh pada peristiwa perpindahan kalor
- Memberikan contoh melalui percobaan peristiwa perpindahan kalor dan penerapannya dalam bentuk teknologi sederhana
- Mendemonstrasikan cara mencegah perpindahan kalor



## Pendalaman Materi



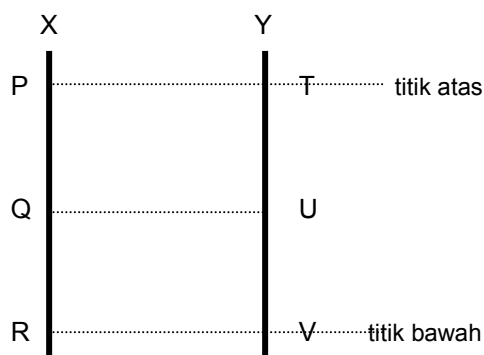
### A. SUHU & TERMOMETER

Suhu atau temperatur merupakan ukuran atau derajat panas atau dingin suatu benda. Panas dan dinginnya benda dapat dirasakan lewat indera peraba, namun indera peraba tidak dapat mengukur derajat panas-dinginnya suatu benda. Derajat panas dan dinginnya benda diukur dengan termometer.

Perubahan sifat fisik zat karena perubahan suhu disebut sifat termometrik zat, misalnya perubahan volume zat cair, panjang logam, hambatan listrik logam, tekanan gas pada volume tetap, volume gas pada tekanan tetap dan warna kawat yang berpijar.

Termometer dibuat untuk mengukur suhu benda berdasarkan sifat termometrik zat. Pembuatan skala pada termometer memerlukan dua titik referensi, yaitu titik beku (titik tetap bawah) dan titik didih (titik tetap atas).

Perbandingan dua skala pada termometer X dan Y adalah sebagai berikut :



$$\frac{P-R}{Q-R} = \frac{T-V}{U-V}$$

P dan T = titik tetap atas termometer X dan Y  
 R dan V = titik tetap bawah termometer X dan Y  
 Q dan U = suhu yang ditunjuk termometer

Skala pada termometer yang umum digunakan adalah :

1. Skala Celcius (C)  
Titik didih air 100°C dan titik bekunya 0°C
2. Skala Reamur (R)  
Titik didih air 80°R dan titik bekunya 0°R
3. Skala Fahrenheit (F)  
Titik didih air 212°F dan titik bekunya 32°F
4. Skala Kelvin (K)  
Titik didih air 373°K dan titik bekunya 273°K

Jadi perbandingan skala pada keempat skala termometer tersebut adalah :

$$C : R : F = 100 : 80 : 180 = 5 : 4 : 9$$

Hubungan antara skala termometer yang satu dengan termometer yang lain adalah sebagai berikut :

1. Hubungan termometer skala C dan R

$$C : R = 5 : 4$$

$$C = \frac{5.R}{4} \text{ dan } R = \frac{4.C}{5}$$

- 2.

$$C : (F-32) = 5 : 9$$

$$C = \frac{5}{9}(F - 32) \text{ dan } F = \frac{9}{5}C + 32$$

3. Hubungan termometer skala C dan K

$$C : (K-273) = 5 : 5$$

$$C = K-273 \text{ dan } K = C+273$$



### Contoh Soal

1. Suhu dalam skala termometer derajat Celcius menunjukkan angka 25°C. Berapa angka yang ditunjukkan oleh skala termometer :
  - a. Reamur
  - b. Fahrenheit
  - c. Kelvin

Jawab :

$$a. R = \frac{4.C}{5} = \frac{4.25}{5} = 20^{\circ} R$$

$$b. F = \frac{9}{5}C + 32 = \frac{9}{5}25 + 32 = 77^{\circ} F$$

$$c. K = C + 273 = 25 + 273 = 298^{\circ} K$$

2. Sebuah termometer X memiliki titik beku air -15°X dan titik didih air 135°X. Jika suatu benda diukur dengan termometer Celcius menunjukkan 80°C, beapa skala yang ditunjukkan oleh termometer X ?

Jawab :

$$\frac{P - R}{Q - R} = \frac{T - V}{U - V}$$

$$\frac{135 - (-15)}{X - (-15)} = \frac{100 - 0}{80 - 0}$$

$$\frac{150}{(X+15)} = \frac{100}{80}$$

Jadi  $X = \frac{150 \cdot 80}{100} - 15 = 105^\circ X$



## Aktivitas 1

### PENENTUAN DUA TITIK SKALA SUHU

Tujuan :

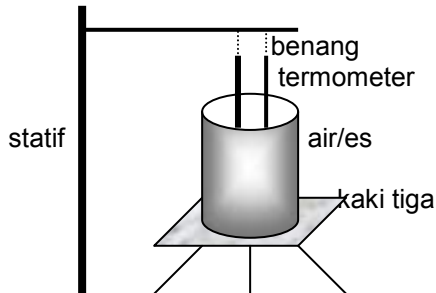
1. menyimpulkan hasil pengamatan pemahaman dua titik tetap skala suhu
2. menjelaskan konversi hubungan antara termometer celcius dengan termometer lain.

Alat dan bahan :

1. termometer tak berskala
2. termometer celcius
3. bejana kaca pyrex (tahan panas)
4. statif lengkap dengan penjepit
5. es dan air murni (aquades)
6. Bunsen
7. benang
8. kaki tiga dan kasa

Kegiatan

1. pasang alat seperti pada gambar berikut :



2. Masukkan es (sebagian sudah mencair) ke dalam bejana, tunggu air raksa dalam kedua termometer berhenti (setimbang). Beri tanda pada kedua termometer sebagai titik tetap bawah.
3. Ganti es dengan air secukupnya. Panaskan air hingga mendidih dan beri tanda pada kedua termometer sebagai titik tetap atas.
4. Tuliskan hasil pengamatanmu pada tabel berikut :

NO	TITIK SKALA	TERM. C	TERM. X
1	tetap atas		
2	tetap bawah		

Pertanyaan

1. Apa acuan (patokan) skala tetap atas pada umumnya ?
2. Apa acuan (patokan) skala tetap bawah pada umumnya ?
3. Jika suhu benda diukur dengan termometer Celcius menunjukkan angka  $50^\circ\text{C}$ , berapa suhu benda tersebut jika diukur dengan termometer X yang kalian buat skalanya tadi ?



## Uji Kompetensi 1

1. Lengkapi isian kolom berikut !

C	R	F	K
$25^\circ\text{C}$	.....	.....	.....
.....	$60^\circ\text{R}$	.....	.....
.....	.....	$113^\circ\text{F}$	.....
.....	.....	.....	$323^\circ\text{K}$

2. Pada suhu berapakah skala F dan C menunjukkan angka yang sama ?
3. Termometer A memiliki titik beku dan titik didih air  $50^\circ\text{A}$  dan  $125^\circ\text{A}$ . Termometer B memiliki titik beku dan titik didih air  $-25^\circ\text{B}$  dan  $125^\circ\text{B}$ . Jika sebuah benda diukur dengan termometer A menunjukkan angka  $100^\circ\text{A}$ , maka jika benda diukur dengan termometer B menunjukkan angka berapa ?
4. Pada sebuah termometer A, es membeku pada suhu  $-50^\circ\text{A}$  dan air mendidih pada suhu  $25^\circ\text{A}$ . Jika suhu sebuah benda  $25^\circ\text{C}$ , berapa suhu benda jika diukur oleh termometer A ?

- Suhu benda yang ditunjukkan oleh termometer F = lima kali suhu yang ditunjukkan oleh termometer C. Berapa suhu benda tersebut dalam skala Reamur ?
- Suatu zat cair diukur dengan 3 buah termometer sekaligus yaitu termometer C, R dan F. Jika jumlah suhu ketiga termometer 158, berapa suhu yang ditunjukkan oleh termometer R dan F ?



## B. PEMUAIAN ZAT

Pada umumnya zat akan memuai jika dipanaskan. Masalah yang muncul akibat pemuaian adalah misalnya rel kereta dan jembatan beton melengkung, kaca jendela dan mobil retak, pipa minyak bengkok, kawat telepon dibiarkan kendur agar tidak putus saat menyusut. Manfaat pemuaian antara lain pengelangan plat logam pada pembuatan badan kapal, keping bimetal yang dimanfaatkan pada sklar termal, termostat bimetal, termometer bimetal, lampu sen mobil dan sebagainya.

### 1. Pemuaian Zat Padat

Zat padat akan mengalami tiga buah pemuaian jika dipanaskan, yaitu pemuaian panjang, pemuaian luas dan pemuaian volume.

Benda mula-mula panjangnya  $L_0$ , luasnya  $A_0$  dan volumenya  $V_0$  dipanaskan dari suhu  $T_1$  ke  $T_2$  akan bertambah panjang sebesar  $\Delta L$ , bertambah luas sebesar  $\Delta A$  dan volumenya bertambah sebesar :

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

Pertambahan panjang, luas dan volume tersebut, menyebabkan panjang, luas dan volume benda menjadi :

$$L = L_0 + \Delta L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$A = A_0 + \Delta A = A_0 (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

$$V = V_0 + \Delta V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

- $\Delta L$  = pertambahan panjang benda (m)
- $\Delta A$  = pertambahan luas ( $m^2$ )
- $\Delta V$  = pertambahan volume ( $m^3$ )
- $L_0$  = panjang benda mula-mula (m)
- $A_0$  = luas benda mula-mula ( $m^2$ )
- $V_0$  = volume benda mula-mula ( $m^3$ )
- $\alpha$  = koefisien muai panjang benda ( $^{\circ}C$ )
- $\beta$  =  $2\alpha$  = koefisien muai luas ( $^{\circ}C$ )
- $\gamma$  =  $3\alpha$  = koefisien muai volume ( $^{\circ}C$ )
- $\Delta T$  = perubahan suhu ( $T_2 - T_1$ )  $^{\circ}C$

### 2. Pemuaian Zat Cair

Zat cair akan mengalami pemuaian volume saja. Pada umumnya zat cair akan mengalami pemuaian jika dipanaskan, kecuali air. Khusus untuk air jika dipanaskan dari suhu  $0^{\circ}C$  sampai  $4^{\circ}C$  volumenya justru menyusut. Sifat inilah yang disebut dengan anomali air. Di atas suhu  $4^{\circ}C$  air akan mengalami pemuaian.

Zat cair yang mula-mula volumenya  $V_0$  jika dipanaskan volumenya bertambah sebesar

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$V = V_0 + \Delta V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

### 3. Pemuaian Zat Gas

Zat gas yang suhunya dinaikkan juga mengalami pemuaian. Jika gas yang tekanannya  $P_1$ , volumenya  $V_1$  dan suhunya dinaikkan menjadi  $T_2$ , maka tekanannya menjadi  $P_2$  dan volumenya menjadi  $V_2$ . Hubungan tersebut dinyatakan dalam hukum Boyle-Gay Lussac.

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Besarnya koefisien muai gas pada tekanan yang sama (proses isobar) adalah  $\gamma = \frac{1}{273}$ .

Pertambahan volume gas pada tekanan tetap adalah :

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$
$$V = V_0 + \Delta V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$



### Contoh Soal

Sebatang aluminium pada suhu  $30^\circ\text{C}$  panjangnya 2 m. Jika koefisien muai panjang aluminium  $25 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ , hitunglah pertambahan panjang aluminium jika suhunya dinaikkan menjadi  $50^\circ$  !

Diketahui :  $T_1 = 30^\circ\text{C}$   
 $T_2 = 50^\circ\text{C}$   
 $\alpha = 25 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$

Ditanya :  $\Delta L$

Jawab :  $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$

$$= 2 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot 20$$
$$= 10^{-3} \text{ m} = 0,1 \text{ cm}$$



### Uji Kompetensi 2

1. Batang logam pada suhu  $0^\circ\text{C}$  panjangnya 90 cm. Jika koefisien muai linier batang  $10^{-5}/^\circ\text{C}$ , tentukan panjang batang pada suhu  $100^\circ\text{C}$  !
2. Sebatang baja memiliki koefisien muai panjang  $10^{-5}/^\circ\text{C}$  pada suhu  $20^\circ\text{C}$  panjangnya 100 cm. Tentukan suhu akhir baja agar panjangnya menjadi 100,1 cm !
3. Sebuah plat besi koefisien muai panjangnya  $11 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$  luasnya  $4 \text{ m}^2$  pada suhu  $20^\circ\text{C}$ . Hitunglah panjang plat besi tersebut jika suhunya dinaikkan menjadi  $100^\circ\text{C}$  ?
4. Jendela kaca pada siang hari bersuhu  $32^\circ\text{C}$  luasnya  $6000 \text{ cm}^2$ . Pada malam hari luasnya ternyata menyusut  $0,96 \text{ cm}^2$ . Jika koefisien muai panjang kaca  $8 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ , berapa suhu pada malam hari tersebut ?
5. Sebuah kelereng koefisien muai panjangnya  $3 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$  diameternya 2 cm pada suhu  $0^\circ\text{C}$ . Berapa volume kelereng pada suhu  $100^\circ\text{C}$  ?
6. Pada sebuah gelas kaca yang volumenya 500 ml penuh berisi alkohol pada suhu  $10^\circ\text{C}$ . Jika gelas tersebut dipanaskan hingga  $50^\circ\text{C}$ , berapakah banyakkah alkohol yang tumpah (jika koefisien muai panjang kaca  $3 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$  dan koefisien muai volume alkohol  $11 \cdot 10^{-4}/^\circ\text{C}$ ).
7. Panjang batang rel kereta api masing-masing 10 m akan disambungkan berurutan pada suhu  $20^\circ\text{C}$ . Jika pada suhu  $30^\circ\text{C}$  kedua rel bersentuhan, berapakah jarak kedua batang rel pada suhu  $20^\circ\text{C}$  (jika  $\alpha$  batang rel  $12 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ).
8. Gas Oksigen pada suhu  $0^\circ\text{C}$  volumenya 4 liter dan tekanannya 100 kPa. Gas dimampatkan sehingga tekanannya 1600 kPa pada suhu  $273^\circ\text{C}$ . Berapa volume sekarang ?



### C. KALOR

Kalor merupakan bentuk energi yang dipindahkan karena perbedaan suhu. Kalor berpindah dari benda suhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Benda yang menerima kalor, suhunya akan naik atau wujudnya akan berubah. Benda yang melepas kalor, suhunya turun atau wujudnya berubah. Alat untuk mengukur kalor disebut kalorimeter.

Besarnya kalor yang dilepas atau diserap oleh suatu benda adalah :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$m \cdot c = C,$$
$$Q = C \cdot \Delta T$$

Q = kalor yang diserap atau dilepas benda (J)

m = massa benda (kg)

c = kalor jenis ( $\text{J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$ )

$\Delta T$  = kenaikan suhu ( $^\circ\text{C}$ )

C = kapasitas kalor ( $\text{J}/^\circ\text{C}$ )

Dalam satuan SI satuan kalor = Joule.

$$1 \text{ J} = 4,2 \text{ kalori}$$
$$1 \text{ kalori} = 0,24 \text{ J}$$

1 kalori adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu  $1^{\circ}\text{C}$  air murni yang bermassa 1 gram.

Kalor jenis suatu zat adalah adalah banyaknya kalor yang diserap atau dilepaskan tiap 1 kg massa zat itu sebesar  $1^{\circ}\text{K}$ .

Kapasitas kalor suatu benda adalah banyaknya kalor yang diserap atau dilepaskan oleh benda itu untuk menaikkan atau menurunkan suhunya sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  atau  $1^{\circ}\text{K}$ .

### **AZAS BLACK**

Jika dua buah zat yang suhunya berbeda dicampur hingga tercapai kesetimbangan termal pada suhu tertentu, maka zat yang bersuhu tinggi akan melepas kalor dan diserap oleh zat yang bersuhu lebih rendah. **Besarnya kalor yang dilepaskan oleh zat bersuhu tinggi sama dengan jumlah kalor yang diserap oleh zat bersuhu rendah. Prinsip tersebut disebut dengan azas Black.**

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{serap}}$$

### **PERUBAHAN WUJUD ZAT**

Zat yang melepas atau menyerap kalor maka suhu benda akan berubah atau wujudnya berubah. Zat yang mengalami perubahan wujud tidak akan mengalami perubahan suhu. Demikian sebaliknya, zat yang mengalami perubahan suhu wujudnya tetap. Kalor yang digunakan untuk mengubah wujud zat disebut kalor laten (L). Besarnya kalor laten adalah :

$$L = \frac{Q}{m}$$

L = kalor laten (J/kg)

Q = kalor yang diserap atau dilepas benda (J)

M = massa zat/benda (kg)

Kalor laten ada beberapa jenis, yaitu

1. Kalor lebur ( $K_L$ ), yaitu banyaknya kalor yang diperlukan oleh tiap 1 kg zat itu untuk melebur pada titik leburnya.
2. Kalor beku ( $K_b$ ), yaitu banyaknya kalor yang diperlukan oleh tiap 1 kg zat itu untuk membeku pada titik bekunya.
3. Kalor uap ( $K_U$ ), yaitu banyaknya kalor yang diperlukan oleh tiap 1 kg zat itu untuk menguap pada titik didihnya.
4. Kalor embun.

Untuk suatu zat pada tekanan yang tetap :

Kalor lebur ( $K_L$ ) = kalor beku ( $K_b$ )

Kalor uap ( $K_U$ ) = kalor embun ( $K_E$ )

Perubahan wujud zat ada 6 jenis, yaitu :

1. Melebur, yaitu perubahan wujud zat dari padat menjadi cair
2. Membeku, yaitu perubahan wujud zat dari cair menjadi padat
3. Menguap, yaitu perubahan wujud zat dari cair menjadi gas
4. Mengembun, yaitu perubahan wujud zat dari gas menjadi cair
5. Menyublim, yaitu perubahan wujud zat dari padat menjadi gas atau sebaliknya.



## **Aktivitas 2**

### **KAPASITAS KALOR KALORIMETER**

#### **Tujuan :**

Menentukan nilai kapasitas kalor kalorimeter

#### **Alat dan bahan :**

1. kalorimeter
2. termometer
3. stop watch
4. gelas ukur
5. pemanas
6. neraca

#### **Kegiatan**

1. Isikan air bermassa  $m_1$  bersuhu  $t_1$  ke dalam kalorimeter . (Tentukan massa air dengan ditimbang atau dengan menghitung  $m = V \cdot \rho$  ( $\rho$  air = 1 gr/cm<sup>3</sup>, Volume dengan gelas ukur)
2. Isikan air bermassa  $m_2$  bersuhu  $t_2$  ke dalam kalorimeter
3. Aduklah kedua massa air sehingga tercapai kesetimbangan dan bersuhu  $t_c$ .
4. Lakukan percobaan tersebut dengan suhu  $t_1 < t_2$  dan  $t_1 > t_2$ .
5. Isikan hasil pengamatanmu pada tabel berikut :

Perc.	$t_1$	$t_2$	$t_1$	$t_2$	$t_c$
1					
2					

### Pertanyaan dan tugas

1. Tentukan besarnya kapasitas kalor kalorimeter yang kalian pakai untuk percobaan 1 dan 2 dengan menggunakan persamaan Azas Black!
2. Adakah perbedaan nilai kapasitas kalor kalorimeter hasil kedua percobaan ?



### Contoh Soal

1. Sepotong tembaga bermassa 5 kg kalor jenisnya  $3,85 \cdot 10^2$  J/kg.K suhunya  $20^\circ\text{C}$  dipanaskan hingga  $100^\circ\text{C}$ . Tentukan :
  - a. kalor untuk menaikkan suhu tersebut
  - b. kapasitas kalor tembaga tersebut
 Diketahui :  $T_1 = 20^\circ\text{C}$   
 $T_2 = 100^\circ\text{C}$   
 $m = 5$  kg  
 $c = 3,85 \cdot 10^2$  J/kg.K  
 Ditanya : a. Q  
 b. C  
 Jawab :  
 a.  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 5 \cdot 3,85 \cdot 10^2 \cdot (100 - 20)$   
 $Q = 154.000$  J  
 b.  $C = m \cdot c = 5 \cdot 3,85 \cdot 10^2 = 1.925$  J/K

2. Kalorimeter dengan kapasitas kalor 1000 J/K berisi 200 gram air yang suhunya  $20^\circ\text{C}$  (kalor jenis air = 4200 J/kg.K) Ke dalam karimeter tersebut dimasukkan 300 gram besi bersuhu  $90^\circ\text{C}$  (kalor jenis besi = 500 J/kg.K). Tentukan suhu campuran !  
 Diketahui :  $C_k = 1000$  J/K  
 $\Delta T_k = (T_c - 20)$   
 $m_b = 300$  gram = 0,3 kg  
 $c_b = 500$  J/kg.K  
 $\Delta T_b = (90 - T_c)$   
 $m_a = 200$  gram = 0,2 kg  
 $c_a = 4200$  J/kg.K  
 $\Delta T_a = (T_x - 20)$   
 Ditanya :  $T_c$  ...?  
 Jawab :  
 $Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$   
 $Q_{\text{besi}} = Q_{\text{kalorimeter}} + Q_{\text{air}}$   
 $m_b \cdot c_b \cdot \Delta T_b = C_k \cdot \Delta T_k + m_a \cdot c_a \cdot \Delta T_a$   
 $0,3 \cdot 500 \cdot (90 - T_c) = 1000 \cdot (T_c - 20) + 0,2 \cdot 4200 \cdot (T_c - 20)$   
 $150(90 - T_c) = 1000 \cdot (T_c - 20) + 840(T_c - 20)$   
 $150(90 - T_c) = 1840 \cdot (T_c - 20)$   
 $T_c = 25,28^\circ\text{C}$

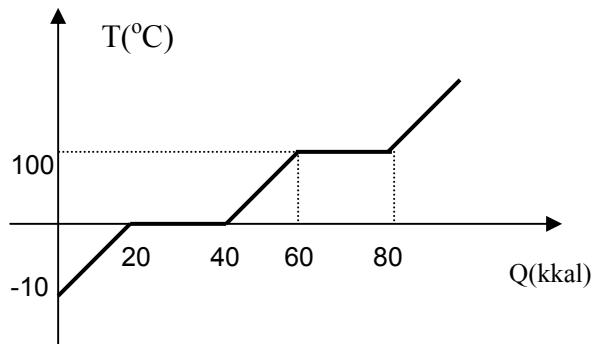
3. Berapa kalor yang diperlukan untuk mengubah 10 gram es bersuhu  $-40^\circ\text{C}$  menjadi air mendidih (jika kalor jenis es 0,5 kal/gram $^\circ\text{C}$ , kalor lebur es 80 kal/gram dan kalor jenis air 1 kal/gram $^\circ\text{C}$ ) ?  
 Penyelesaian :  
 Proses yang dialami es  $-40^\circ\text{C}$  menjadi air mendidih ( $100^\circ\text{C}$ ) adalah :
  - es  $-40^\circ\text{C}$  berubah menjadi es  $0^\circ\text{C}$  (perubahan suhu)  
 $Q = m_{\text{es}} \cdot c_{\text{es}} \cdot \Delta T = 10 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-40)) = 200$  kalori
  - es  $0^\circ\text{C}$  berubah menjadi air  $0^\circ\text{C}$  (perubahan wujud)  
 $Q = m_{\text{es}} \cdot K_L = 10 \cdot 80 = 800$  kalori
  - suhu air  $0^\circ\text{C}$  berubah menjadi  $100^\circ\text{C}$  (perubahan suhu)  
 $Q = m_{\text{air}} \cdot c_{\text{air}} \cdot \Delta T = 10 \cdot 1 \cdot (100 - 0) = 1000$  kalori

Jadi kalor total = 200+800+1000 = 2000 kalori.



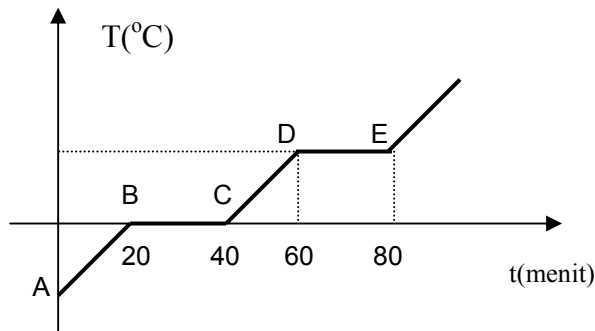
### Uji Kompetensi 3

- Bila kalor jenis air  $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , berapa kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu  $10 \text{ kg}$  air dari  $10^\circ\text{C}$  menjadi  $30^\circ\text{C}$  ?
- Untuk memanaskan  $100 \text{ gram}$  air dari  $10^\circ\text{C}$  menjadi  $40^\circ\text{C}$ , sebuah heater membutuhkan kalori  $9000 \text{ J}$  selama  $1$  menit. Hitunglah :
  - daya heater
  - kapasitas kalor air
  - kalor jenis air
- Air sebanyak  $200 \text{ gram}$  pada suhu  $25^\circ\text{C}$  dipanaskan dengan energi sebesar  $1000$  kalori. Bila kalor jenis air  $1 \text{ kal/gram}\cdot^\circ\text{C}$ , tentukan suhu air setelah pemanasan !
- Kapasitas kalor suatu kalorimeter adalah  $100 \text{ J/K}$ . Berapa perubahan suhunya bila kalorimeter ini menyerap kalor sebanyak  $840 \text{ J}$  ?
- Dalam botol termos terdapat  $230 \text{ gram}$  kopi bersuhu  $90^\circ\text{C}$ , ditambahkan susu sebanyak  $20 \text{ gram}$  bersuhu  $5^\circ\text{C}$ . Jika dianggap tidak ada kalor yang diserap termos, berapa suhu campurannya ! (jika  $c_{\text{air}} = c_{\text{susu}} = c_{\text{susu}} = 1 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$ ).
- Ke dalam  $50 \text{ gram}$  air yang bersuhu  $40^\circ\text{C}$  dimasukkan es sebanyak  $10 \text{ gram}$  bersuhu  $0^\circ\text{C}$ . Tentukan suhu akhir campuran! (jika kalor jenis es =  $0,5 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$ , kalor jenis air =  $1 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$ , kalor lebur es =  $80 \text{ kal/gram}$ )
- Logam bermassa  $1 \text{ kg}$  bersuhu  $80^\circ\text{C}$  dimasukkan ke dalam  $2 \text{ kg}$  air bersuhu  $20^\circ\text{C}$ . Setelah keimbang suhu campuran menjadi  $23^\circ\text{C}$ . Jika  $c_{\text{air}} = 1 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$ , tentukan kalor jenis logam !
- Sebuah kalorimeter berisi  $50 \text{ gram}$  air bersuhu  $35^\circ\text{C}$ . Ke dalam kalorimeter dimasukkan besi bermassa  $100 \text{ gram}$  bersuhu  $55^\circ\text{C}$ , sehingga setelah terjadi kesetimbangan suhu campurannya  $40^\circ\text{C}$ . Tentukan kapasitas kalor kalorimeter tersebut ! ( $c_{\text{besi}} = 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$  dan  $c_{\text{air}} = 4200 \text{ J/Kg}^\circ\text{K}$ )
- Sebuah kalorimeter kapasitas kalornya  $210 \text{ J/K}$  diisi es  $30 \text{ gram}$  bersuhu  $-5^\circ\text{C}$ . Ke dalam kalorimeter dituangkan air bersuhu  $25^\circ\text{C}$  hingga es melebur semua pada suhu  $5^\circ\text{C}$ . Berapa massa air yang dituangkan ? (jika  $c_{\text{es}} = 2100 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$ ,  $c_{\text{air}} = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$ )
- Berapa besarnya kalor yang dibutuhkan untuk mencairkan es sebanyak  $100 \text{ gram}$  pada suhu  $0^\circ\text{C}$  menjadi air seluruhnya bersuhu  $10^\circ\text{C}$  ? (jika  $K_L$  es =  $80 \text{ kal/gram}$ )
- Suatu bahan memiliki titik lebur  $700^\circ\text{C}$ , kalor lebur  $4 \cdot 10^5 \text{ J/Kg}$  dan kalor jenis  $1000 \text{ J/Kg}^\circ\text{K}$ . Hitung banyak kalor yang diperlukan untuk meleburkan  $600 \text{ gram}$  bahan bersuhu  $30^\circ\text{C}$  !
- Berapa besarnya kalor yang dibutuhkan untuk mengubah es sebanyak  $100 \text{ g}$  pada suhu  $-10^\circ\text{C}$  menjadi uap seluruhnya bersuhu  $100^\circ\text{C}$  ? (jika  $K_L$  es =  $80 \text{ kal/gram}$ , kalor uap air  $539 \text{ kal/gram}$ )
- Perhatikan grafik berikut :



Grafik di atas adalah grafik pemanasan es dari  $-10^\circ\text{C}$  menjadi uap  $100^\circ\text{C}$ . Tentukan :

- Kalor untuk meleburkan es menjadi air  $0^\circ\text{C}$
  - Kalor untuk mengubah es  $0^\circ\text{C}$  menjadi air  $100^\circ\text{C}$
  - massa benda (m)
  - kalor lebur es ( $K_L$ )
  - kalor uap air ( $K_U$ )
14. Perhatikan grafik berikut :



Grafik di atas adalah grafik pemanasan  $10 \text{ gram}$  zat padat yang menerima kalor  $150 \text{ J}$  tiap detik, sehingga semuanya berubah menjadi uap. Hitunglah :

- kalor lebur zat
- kalor uap zat



## D. PERPINDAHAN KALOR

Perpindahan kalor dapat melalui tiga cara, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

### 1. Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan kalor melalui suatu zat, tanpa disertai dengan perpindahan partikel zat itu. Benda yang panjangnya  $L$ , salah satu ujungnya dipanaskan, maka ujung lain dalam beberapa detik akan terasa panas. Ini menunjukkan bahwa ada aliran kalor (panas) dari ujung bersuhu tinggi ke ujung bersuhu rendah. Besarnya aliran kalor tersebut adalah :

$$Q = H.t$$

Dengan  $H = \frac{k.A.\Delta T}{L}$

$Q$  = banyak kalor yang mengalir (J)

$H$  = laju aliran kalor = banyak kalor yang merambat tiap sekon (J/s)

$t$  = lama kalor mengalir (s)

$k$  = konduktivitas termal (J/m.s. $^{\circ}$ K)

$A$  = luas permukaan ( $m^2$ )

$L$  = panjang benda yang dipanaskan (m)

$\Delta T$  = perbedaan suhu kedua ujung ( $^{\circ}$ K)

### 2. Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi dapat terjadi melalui zat alir (fluida). Aliran kalor secara konveksi dapat kita lihat pada proses pemanasan air (merebus air). Besarnya aliran kalor secara konveksi adalah :

$$Q = H.t$$

Dengan  $H = h.A.\Delta T$

$h$  = koefisien konveksi (J/m $^2$ .s. $^{\circ}$ K)

### 3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan kalor (energi) dari permukaan semua benda dalam bentuk gelombang elektromagnetik, tanpa zat perantara, seperti gelombang radio dan cahaya. Besarnya energi radiasi yang dipancarkan oleh suatu permukaan benda adalah :

$$E = e. \sigma . A.t.T^4$$

$E$  = energi yang dipancarkan atau di serap (J)

$e$  = emisivitas permukaan (koefisien pancaran serapan benda).

$\sigma$  = tetapan stefan =  $5,67.10^{-8}$  W/m $^2$ K $^4$

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$s$  = waktu (s)

$T$  = suhu ( $^{\circ}$ K)

Emisivita benda merupakan ukuran seberapa besar pemancaran radiasi kalor suatu benda disbanding dengan benda hitam sempurna. Nilai  $e$  antara 0 dan 1. Untuk benda hitam sempurna nilai  $e = 1$ .



## Aktivitas 3

### PERPINDAHAN KALOR

#### Tujuan :

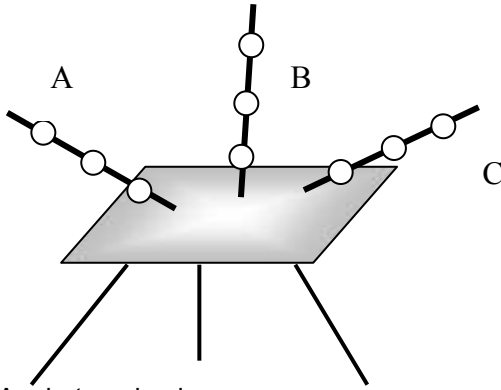
Mendiskripsikan cara perpindahan kalor

#### Alat dan bahan :

1. macam-macam logam (misal tembaga, aluminium, besi dsb.)
2. logam sejenis dengan luas penampang berbeda
7. lilin
8. bunsen
9. statif
10. plastisin

**Kegiatan 1**

1. Susunlah alat-alat seperti gambar berikut :



A = batang besi

B = batang aluminium

C = batang tembaga

Tiap batang logam di beri tiga buah plastisin yang dibentuk kecil bulat.

2. Berapa lama tiap plastisin meleleh pada masing-masing batang? Tulis hasil pengamatanmu pada tabel berikut :

No	Logam	t <sub>1</sub> (s)	t <sub>2</sub> (s)	t <sub>3</sub> (s)
1	Besi			
2	Aluminium			
3	Tembaga			

3. Ulangi percobaan di atas dengan menggunakan logam sejenis dengan luas penampang berbeda
4. Ulangi percobaan di atas untuk tiga logam sejenis dengan ukuran sama, namun dipanasi dengan panas yang berbeda (1 lilin, 2 lilin dan 3 lilin)
5. Simpulkan hasil percobaanmu dan presentasikan di depan kelas !



**Contoh Soal**

Sebuah benda memiliki permukaan hitam sempurna bersuhu 27°C. Berapa besarnya energi yang dipancarkan tiap satuan dan tiap waktu tiap satuan luas ?

Diketahui :

$$e = 1$$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300^\circ\text{K}$$

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$s = 1 \text{ s}$$

Ditanya : E ... ?

Jawab :

$$E = e \cdot \sigma \cdot A \cdot t \cdot T^4 = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 300^4$$

$$E = 459,27 \text{ W/m.s}$$



**Uji Kompetensi 4**

1. Pelat besi tebalnya 4 cm luas permukaannya 10.000 cm<sup>2</sup>, salah satu permukaannya bersuhu 120°C dan permukaan lainnya bersuhu 110°C. Jika konduktivitas termal pelat besi 4,82 J/m.s.K, berapa besarnya kalor yang mengalir melalui pelat besi tiap sekonya ?
2. Sebuah batang tembaga panjangnya 150 cm dan luas penampangnya 30 cm<sup>2</sup>, salah satu ujungnya menempel pada air es bersuhu 0°C dan ujung yang lain menempel pada air panas mendidih. Jika koefisien konduksi termal baja 0,9 kal/s.cm<sup>2</sup>.°C, berapa kalori kalor yang merambat pada baja selama 10 sekon ?
3. Batang baja dan kuningan luas penampang dan panjangnya sama dan salah satu ujungnya disambungkan. Suhu ujung-ujung baja dan kuningan yang bebas (yang tidak bersentuhan) 250°C dan 100°C. Jika koefisien konduksi termal baja dan kuningan 0,12 dan 0,24 kal/s.cm<sup>2</sup>.°C, hitunglah suhu pada titik sambungan kedua logam !
4. Udara dalam sebuah kamar bersuhu 25°C, sedangkan suhu pada permukaan jendela kaca kamar 15°C. Berapa laju kalor yang diterima jendela kaca seluas 0,6 m<sup>2</sup>, bila koefisien konveksi pada suhu itu 7,5.10<sup>-5</sup> kal/s.cm<sup>2</sup>.°C ?
5. Sebuah bola luasnya 20 cm<sup>2</sup> dipanaskan hingga berpijar pada suhu 127°C. Jika e = 0,4, hitunglah energi radiasinya selama 1 sekon !
6. Sebuah kotak hitam bersuhu 127°C memancarkan energi per satuan waktu sebesar 29 J/s. Berapa luas permukaan benda tersebut ?

7. Sebuah bola besi berjari-jari 20 cm dipanaskan sampai 500 K. Jika benda-benda disekitarnya 300 K dan emisivitas permukaan bola =  $\frac{1}{2}$ , berapa daya yang diperlukan untuk mempertahankan suhu bola ?
8. Pada malam yang cerah, permukaan bumi melepaskan panas secara radiasi. Andaikan suhu tanah  $10^{\circ}\text{C}$  dan tanah meradiasikan panas seperti benda hitam, berapa laju hilangnya panas tiap  $\text{m}^2$  ?



### SOAL PILIHAN GANDA

6. Suhu badan normal manusia adalah  $37^{\circ}\text{C}$ . Jika dinyatakan dalam skala Fahrenheit suhu badan tersebut adalah ...  $^{\circ}\text{F}$ .
  - f. 90,4
  - g. 98,6
  - h. 99,3
  - i. 101,5
  - j. 180,1
7. Tabel berikut adalah hasil percobaan dua termometer dengan tiga fluida yang suhunya berbeda.

NO	Termometer A	Termometer B
1	$125^{\circ}$	$100^{\circ}$
2	$100^{\circ}$	$75^{\circ}$
3	$50^{\circ}$	x

- Nilai x adalah ... $^{\circ}$
- a. 50
  - b. 40
  - c. 30
  - d. 25
  - e. 20
8. Pada suhu 300 K batang tembaga yang koefisien muai liniernya  $17 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  memiliki panjang 12 cm. Jika suhu batang dijadikan 400 K, maka panjang batang bertambah ... cm
    - a. 0,0204
    - b. 0,204
    - c. 2,04
    - d. 0,324
    - e. 3,24
  9. Pelat tipis dari logam dengan lebar 30 cm dan panjang 40 cm berada pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Jika koefisien muai panjang pelat  $1,2 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$  dan pelat dipanasi hingga  $100^{\circ}\text{C}$ , maka luasnya menjadi ....  $\text{cm}^2$ 
    - a. 1201,5
    - b. 1202,3
    - c. 1203,25
    - d. 1204,0
    - e. 1205,23
  10. Gelas kaca volumenya  $750 \text{ cm}^3$  penuh berisi raksa pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$ . Jika koefisien muai volume gelas  $18 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ , dan gelas dipanaskan ternyata raksa yang tumpah  $7,02 \text{ cm}^3$ , suhu akhir pemanasan tersebut adalah ...  $^{\circ}\text{C}$ 
    - a. 20
    - b. 30
    - c. 40
    - d. 50
    - e. 60
  11. Suatu gas dalam ruang tertutup volumenya 5 liter, tekanannya 1 atm dan suhu  $87^{\circ}\text{C}$ . Jika volumenya dijadikan setengahnya dan suhu diturunkan menjadi  $27^{\circ}\text{C}$ , tekanannya menjadi ... kali
    - a.  $\frac{5}{3}$
    - b.  $\frac{3}{2}$
    - c.  $\frac{3}{4}$
    - d.  $\frac{2}{3}$
    - e.  $\frac{3}{5}$
  12. Kalor jenis aluminium  $0,21 \text{ kal/gr}^{\circ}\text{C}$ . Besarnya kenaikan suhu dari 0,5 kg aluminium yang diberi kalor 420 kalori adalah ...  $^{\circ}\text{C}$ 
    - a. 25
    - b. 21
    - c. 20
    - d. 16
    - e. 4

13. Dua buah bola logam tembaga masing-masing bermassa 200 gram dan 500 gram ( $c$  tembaga  $0,09 \text{ kal/gr}^\circ\text{C}$ ) bersuhu sama  $25^\circ\text{C}$ . Kedua logam dimasukkan ke dalam air panas dan setelah setimbang suhunya  $75^\circ\text{C}$ . Jika  $1 \text{ kalori} = 4,2 \text{ J}$ , maka selisih kalor yang diserap oleh masing-masing bola adalah ... J
- 3780
  - 4200
  - 5670
  - 9450
  - 13320
14. Es bermassa  $x$  gram bersuhu  $-10^\circ\text{C}$  dicampur dengan  $y$  gram air bersuhu  $55^\circ\text{C}$ . Jika suhu akhir  $15^\circ\text{C}$ , kalor lebur es  $80 \text{ kal/gr}$ , kalor jenis es  $0,5 \text{ kal/gr}^\circ\text{C}$ , maka perbandingan  $x$  dan  $y$  adalah ...
- $9/4$
  - $5/2$
  - $2/5$
  - $4/9$
  - $4/11$
15. Sepotong logam bersuhu  $20 \text{ gram}$  bersuhu  $100^\circ\text{C}$  dimasukkan ke dalam zat cair  $50 \text{ gram}$  bersuhu  $25^\circ\text{C}$  dan mencapai keseimbangan pada suhu  $50^\circ\text{C}$ . Jika kalor jenis zat cair  $20 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$ , kalor jenis logam adalah ...  $\text{kal/g}^\circ\text{C}$
- 20
  - 25
  - 30
  - 40
  - 50
16. Ke dalam sebuah bejana yang berisi  $A$  gram air  $30^\circ\text{C}$  dimasukkan  $B$  gram es bersuhu  $-2^\circ\text{C}$ . Setelah isi bejana diaduk, ternyata semua es melebur. Jika massa bejana diabaikan dan kalor jenis es  $0,5 \text{ kal/gr}^\circ\text{C}$  dan kalor lebur es  $80 \text{ kal/gr}$ , maka perbandingan  $A$  dan  $B$  adalah ...
- $27:10$
  - $8:3$
  - $10:27$
  - $3:8$
  - $1:30$
17. Dua logam  $X$  dan  $Y$  memiliki panjang dan luas penampang sama. Jika selisih suhu kedua ujung logam  $X = 80^\circ\text{C}$ , maka hantara kalor  $600 \text{ kal/s}$ . Jika selisih suhu kedua ujung logam  $Y = 100^\circ\text{C}$ , maka hantara kalornya  $300 \text{ kal/s}$ . Perbandingan konduktivitas termal antara logam  $X$  dan  $Y$  adalah ...
- $4:3$
  - $5:2$
  - $3:4$
  - $2:5$
  - $10:6$
18. Dua benda hitam yang sejenis masing-masing bersuhu  $327^\circ\text{C}$  dan  $27^\circ\text{C}$ . Jika kedua benda memancarkan energi dalam bentuk radiasi, maka perbandingan jumlah energi per sekon yang dipancarkan kedua benda adalah ....
- $1:4$
  - $4:1$
  - $1:16$
  - $16:1$
  - $8:3$
19. Batang  $A$  dan  $B$  luas penampangnya sama. Jika koefisien konduksi batang  $A = \frac{1}{4}$  kali koefisien konduksi batang  $B$ , kemudian keduanya dipanaskan pada ujung yang sama sehingga perubahan suhunya sama, berarti perbandingan kelajuan hantaran kalor batang  $A$  dan  $B$  adalah ...
- $1:4$
  - $1:2$
  - $1:1$
  - $2:1$
  - $4:1$
20. Batang besi homogen luas penampangnya  $17 \text{ cm}^2$ , konduktivitas termalnya  $4 \cdot 10^5 \text{ J/m.s.}^\circ\text{C}$  dan panjangnya  $1 \text{ m}$ . Salah satu ujungnya dipanaskan sehingga perbedaan suhu kedua ujung  $30^\circ\text{C}$ . Besarnya kalor yang merambat dalam  $2 \text{ sekon}$  adalah .... J
- 113
  - 227
  - 680
  - 40800
  - 80200

### **SOAL URAIAN**

1. Suhu Reamur menunjukkan angka  $\frac{1}{2}$  kali suhu Fahrenheit. Berapa suhu Reamur ?
2. Sebuah ban besi pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  berjari-jari 50 cm akan dipasang pada roda kayu berjari-jari 50,2 cm. Jika koefisien muai linier besi  $12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , sampai suhu berapa ban besi dipanaskan agar dapat terpasang?
3. Es batu  $-10^{\circ}\text{C}$  dimasukkan kedalam segelas air bersuhu  $0^{\circ}\text{C}$ . Jika tidak ada panas yang hilang, berapa banyak air yang membeku pada es batu tersebut ? (jika kalor beku air = kalor lebur es = 80 kal/gram)
4. Dua batang logam P dan Q berukuran sama jenisnya berbeda disentuhkan. Jika suhu ujung-ujung batang logam yang tidak bersentuhan dari logam P dan Q adalah  $90^{\circ}\text{C}$  dan  $0^{\circ}\text{C}$  dan koefisien konduksi termal P = 2 kali koefisien konduksi termal Q, berapa suhu sambungan kedua batang logam ?