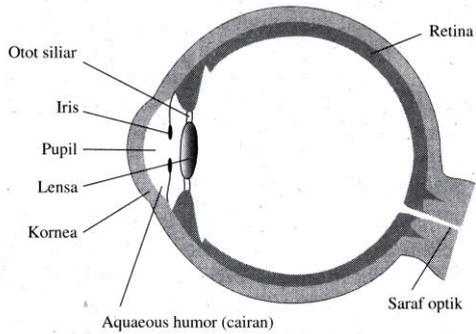


BAB III ALAT-ALAT OPTIK

MATA



1. Lapisan kornea : sebagai lapisan pelindung
2. Iris : mengatur lubang pupil
3. Pupil : sebagai jalannya sinar masuk ke mata
4. Lensa : untuk membentuk bayangan
5. Otot siliar: mengatur kecembungan lensa mata

Daya Akomodasi

Kemampuan lensa mata untuk mengubah kelengkungannya (fokusnya). Pada waktu mata melihat obyek yang jauh, mata tidak berakomodasi artinya lensa mata dalam keadaan memipih. sedangkan sewaktu mata melihat obyek yang dekat (membaca) mata dalam keadaan berakomodasi artinya lensa mata mencembung.

Jangkauan Penglihatan mata normal :

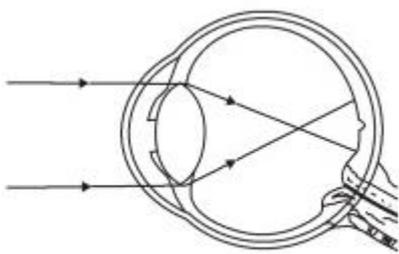


CACAT MATA MIOPI

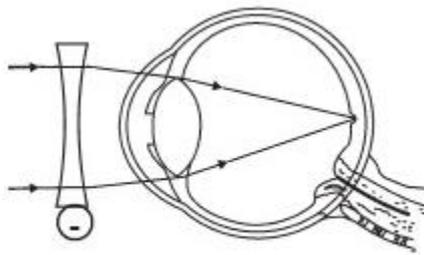
Disebut juga rabun jauh



Lensa mata tidak dapat memipih, sehingga bayangan benda yang jauh akan jatuh didepan retina, seperti gambar berikut:



titik tangkap mata miopi



lensa penolong mata miopi

ditolong dengan kacamata berlensa cekung (-) yang fungsinya memanipulasi obyek yang berada ditempat jauh, agar terbentuk bayangan ditempat paling jauh penderita miopi.

Perhitungan ukuran kacamata yang harus digunakan sbb:

Jarak benda sebenarnya (s) letaknya \sim , jarak bayangan yang dihasilkan kacamata (s') adalah bayangan yang dilihat mata harus berada pada jarak terjauh miopi sehingga :

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\sim} + \frac{1}{PR}$$

sedangkan ukuran kacamata adalah kebalikan dari jarak fokus :

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

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

dimana f dalam meter dan P dalam Dioptri.

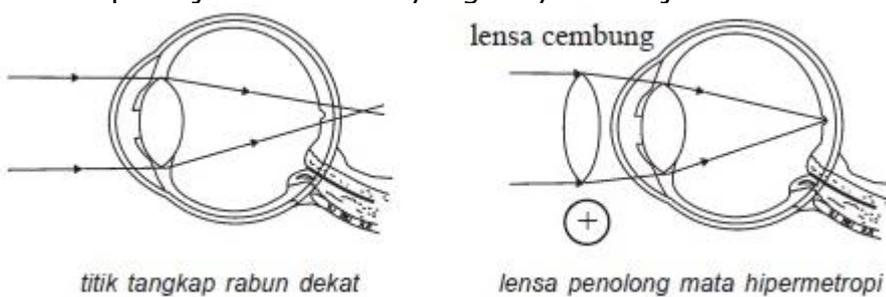
CACAT MATA HIPERMETROPI

Disebut juga rabun dekat



$S_n = PP$: jarak baca

Terjadi karena lensa mata sukar mencembung, sehingga sewaktu melihat obyek yang berada pada jarak dekat bayangannya akan jatuh dibelakang retina



Pertolongan yang dilakukan adalah dengan menggunakan kaca mata berlensa cembung yang fungsinya memanipulasi jarak benda yang berada di titik dekat normal membentuk bayangan yang berada di titik dekat hipermetropi. Ukuran kaca mata yang harus digunakan diperhitungkan dengan cara :

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

dimana s : jarak benda di titik dekat normal ($\pm 25 \text{ cm}$)

s' : jarak bayangan benda yang dibentuk lensa yang berada di titik dekat

hipermetropi bernilai negatif karena bayangan yang terjadi sepihak dengan benda :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{PP}$$

$$\frac{1}{f} = 4 - \frac{1}{PP}$$

atau menjadi :

$$P = 4 - \frac{1}{PP}$$

dimana :

P dalam Dioptri dan f dalam meter

Soal-soal

Reni yang menderita rabun dekat mempunyai titik dekat 50 cm. Jika ingin membaca dengan jarak normal (25 cm), maka berapa kekuatan lensa kaca mata yang harus dipakai Reni?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$s = 25 \text{ cm}$$

$$s' = -50 \text{ cm (tanda negatif menunjukkan bayangan bersifat maya, di depan lensa)}$$

Ditanyakan: P = ...?

Jawab:

$$1/f = 1/s + 1/s'$$

$$1/f = 1/25 - 1/50$$

$$1/f = 2/50 - 1/50$$

$$1/f = 1/50$$

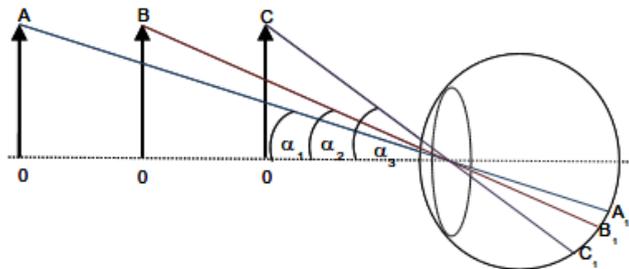
$$f = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$P = 1/f = 1/0,5 = 2 \text{ dioptri}$$

Jadi, kekuatan lensa kaca mata yang harus dipakai reni adalah 2 dioptri

L U P

Sudut Penglihatan :



Benda yang lebih dekat akan tampak lebih besar dari pada benda yang letaknya lebih jauh dari mata.

$$OB' > OA' \quad \text{meskipun} \quad OA = OB$$

Perbesaran anguler / Perbesaran Sudut :

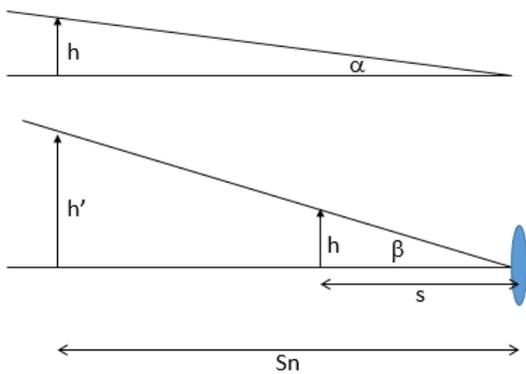
$$Ma = \frac{\beta}{\alpha}$$

dimana:

α adalah sudut penglihatan mata tanpa alat bantu

β adalah sudut penglihatan mata dengan alat bantu

Perhitungannya dapat dilihat pada gambar berikut :



$$Ma = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\text{tg}\beta}{\text{tg}\alpha} = \frac{h/S}{h/Sn} \dots\dots\dots (1)$$

$$Ma = \frac{Sn}{S}$$

Perbesaran lup dengan mata berakomodasi

diperoleh bila bayangan yang dibentuk oleh lup berada di jarak baca (25 cm)

$$s' = -Sn \quad \text{-----} > \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad \text{-----} > \quad s = \frac{Sn \cdot f}{Sn + f} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Persamaan (2) dimasukkan ke persamaan (1) diperoleh Perhitungan perbesaran untuk mata berakomodasi pada lup

$$Ma = \frac{Sn}{f} + 1$$

Perbesaran mata tak berakomodasi

Terjadi bila bayangan yang dibentuk oleh lup berada di titik yang jauh ($s' = \infty$) ini dapat terjadi bila benda diletakkan di titik fokus ($s = f$) sehingga :

$$Ma = \frac{Sn}{S}$$

menjadi:

$$Ma = \frac{Sn}{f}$$

Mata berakomodasi pada jarak x (misalnya penderita hipermetropi tanpa kacamata) maka bayangan yang dibentuk oleh lup berada pada jarak x ($s' = -x$) perbesaran yang terjadi :

$$Ma = \frac{Sn}{f} + \frac{Sn}{x}$$

Seorang siswa melihat sebuah benda kecil dengan menggunakan lup yang berjarak fokus 10 cm. Jika benda diletakkan di titik fokus lup, tentukan perbesaran lup.

Penyelesaian:

Diketahui:

$f = 10 \text{ cm}$

$s = 10 \text{ cm}$ (karena benda diletakkan di titik fokus lup)

Ditanyakan: M

Jawab:

Jika benda diletakkan di titik fokus lensa, maka pengamat mengamati dengan mata tidak berakomodasi. Jadi, perbesarannya dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

$$M = s_n/f$$

$$M = 25/10$$

$$M = 2,5 \text{ kali}$$

Jadi, perbesaran bayangannya adalah 2,5 kali.

M I K R O S K O P

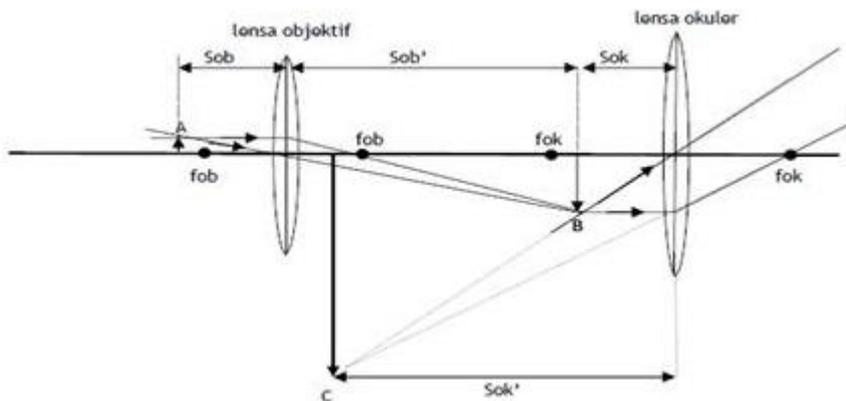
Terdiri dari dua buah lensa cembung yang disebut lensa obyektif(lensa yang dekat dengan benda) dan lensa okuler (yang dekat dengan mata).

$$f_{ob} < f_{ok}$$

Lensa obyektif berfungsi membentuk bayangan nyata diperbesar (terbalik), maka benda harus diletakkan di ruang II lensa obyektif tersebut.

Lensa okuler berfungsi sebagai lup yaitu membentuk bayangan yang sebesar-besarnya (maya dan tegak).

Bayangan yang dibentuk oleh lensa obyektif dijadikan benda pada lensa okuler.



Jarak benda untuk lensa okuler

diperoleh dari : jarak kedua lensa dikurangi jarak bayangan lensa obyektif

$$S_{ok} = d - s'_{ob}$$

d : jarak kedua lensa (panjang mikroskop)

Perbesaran Mikroskop diperoleh dari perkalian perbesaran dari lensa obyektif dan perbesaran dari lensa okuler :

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

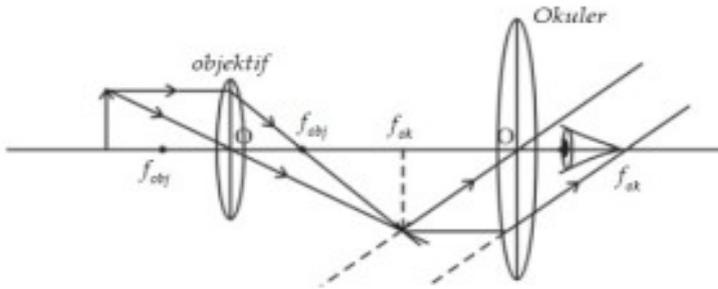
dimana:

$$M_{ob} = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

sedangkan perbesaran okuler dipengaruhi oleh keadaan mata, berakomodasi atau tidak sehingga perbesaran okuler :

1. mata berakomodasi :
$$M_{ok} = \frac{Sn}{f} + 1$$

2. mata tak berakomodasi :
$$M_{ok} = \frac{Sn}{f}$$



Untuk pengamatan yang lama dianjurkan mata tak berakomodasi sehingga tidak cepat lelah.

Soal-soal

Sebuah mikroskop menggunakan lensa objektif dan lensa okuler yang masing-masing dengan fokus 1 cm dan 2 cm. Bayangan yang dihasilkan oleh lensa objektif berada pada jarak 15 cm dari lensa okuler. Tentukan perbesaran total dan panjang mikroskop jika:

- Mata berakomodasi maksimum
- Mata tidak berakomodasi

Penyelesaian:

Diketahui:

- $f_{ob} = 1 \text{ cm}$
- $f_{ok} = 2 \text{ cm}$
- $s'_{ob} = 15 \text{ cm}$

Ditanyakan: M dan D untuk mata berakomodasi maksimum dan mata tidak berakomodasi.

Jawab:

- Untuk mata berakomodasi maksimum

Sebelum dapat menentukan perbesaran dan panjang mikroskop, ada tiga komponen yang harus kita hitung terlebih dahulu, yakni jarak benda dari lensa objektif (s_{ob}), perbesaran lensa objektif (m_{ob}) dan perbesaran lensa okuler (m_{ok}).

- Jarak benda dari lensa objektif dicari dengan persamaan:

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

$$\frac{1}{s_{ob}} = \frac{1}{f_{ob}} - \frac{1}{s'_{ob}}$$

$$\frac{1}{s_{ob}} = \frac{1}{1} - \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{s_{ob}} = \frac{15 - 1}{15}$$

$$\frac{1}{s_{ob}} + \frac{14}{15}$$

$$s_{ob} = \frac{15}{14} \text{ cm}$$

- Perbesaran oleh lensa objektif dicari dengan persamaan:

$$m_{ob} = \frac{s'_{ob}}{s_{ob}}$$

$$m_{ob} = \frac{S_{ob}}{15} = \frac{15}{15/14}$$

$$m_{ob} = 14 \text{ kali}$$

- Perbesaran pada lensa okuler dicari dengan persamaan berikut.

$$m_{ok} = \frac{S_n}{f_{ob}} + 1$$

$$m_{ok} = \frac{25}{2} + 1$$

$$m_{ok} = 12,5 + 1 = 13,5 \text{ kali}$$

- Perbesaran mikroskop untuk mata berakomodasi maksimum adalah sebagai berikut.

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

$$M = 14 \times 13,5$$

$$M = 189 \text{ kali}$$

Jadi, perbesaran mikroskop untuk mata berakomodasi maksimum adalah 189 kali.

- Panjang mikroskop dihitung dengan persamaan:

$$D = s'_{ob} + s_{ok}$$

s_{ok} dicari dengan persamaan berikut.

$$\frac{1}{s_{ok}} + \frac{1}{s'_{ok}} = \frac{1}{f_{ok}}$$

$$\frac{1}{s_{ok}} + \frac{1}{-s_n} = \frac{1}{f_{ok}}$$

$$\frac{1}{s_{ok}} = \frac{1}{f_{ok}} + \frac{1}{s_n}$$

$$\frac{1}{s_{ok}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{s_{ok}} = \frac{25 + 2}{50}$$

$$\frac{1}{s_{ok}} = \frac{27}{50}$$

$$s_{ok} = \frac{50}{27}$$

$$s_{ok} = 1,85 \text{ cm}$$

Jadi, panjang mikroskop untuk mata berakomodasi maksimum adalah:

$$D = 15 + 1,85 = 16,85 \text{ cm}$$

Dengan demikian, panjang mikroskop untuk pengamatan mata berakomodasi maksimum adalah 16,85 cm.

■ Untuk mata tidak berakomodasi

Pada mikroskop, besar perbesaran objektif selalu sama, baik untuk penggunaan mata berakomodasi maupun tidak. Oleh karena itu, kita hanya perlu mencari nilai perbesaran lensa okulernya saja sebelum dapat menentukan perbesaran total mikroskop.

- Perbesaran oleh lensa okuler dihitung dengan persamaan berikut.

$$m_{ok} = \frac{S_n}{f_{ob}}$$

$$m_{ok} = \frac{25}{2}$$

$$m_{ok} = 12,5 \text{ kali}$$

- Perbesaran total mikroskop dicari dengan persamaan:

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

$$M = 14 \times 12,5$$

$$M = 175 \text{ kali}$$

Jadi, perbesaran mikroskop untuk mata tidak berakomodasi adalah 175 kali.

- Panjang mikroskop dicari dengan persamaan berikut.

$$D = s'_{ob} + s_{ok}$$

Untuk mata tidak berakomodasi, $s_{ok} = f_{ok}$ sehingga:

$$D = s'_{ob} + f_{ok}$$

$$D = 15 + 2$$

$$D = 17 \text{ cm}$$

Jadi, panjang mikroskop untuk mata tidak berakomodasi adalah 17 cm.

TEROPONG / TELESKOP

Teropong adalah alat untuk membantu mata agar dapat melihat obyek yang jauh ($s_{ob} = \infty$) nampak lebih dekat.

Teropong terdiri dari bagian obyektif dan bagian okuler, dimana jarak fokus obyektif lebih besar dari pada jarak fokus okulernya ($f_{ob} > f_{ok}$)

Jenis-jenis teropong :

- A. Teropong bias : bagian obyektifnya berupa lensa cembung

1. teropong bintang (bayangan terbalik)
 2. teropong bumi
 3. teropong panggung
 4. teropong prisma
- } (bayangan tegak)

- B. Teropong Pantul : bagian obyektifnya berupa cermin cekung teropong bintang

1. Teropong Bintang

Terdiri dari dua buah lensa positif dengan $f_{ob} > f_{ok}$

Bayangan yang dibentuk oleh lensa obyektif akan berada di f_{ob} dan dijadikan benda untuk lensa okuler.

Pada pengguna dengan mata tak berakomodasi :

$s_{ok} = f_{ok}$ sehingga $s'_{ok} = \infty$

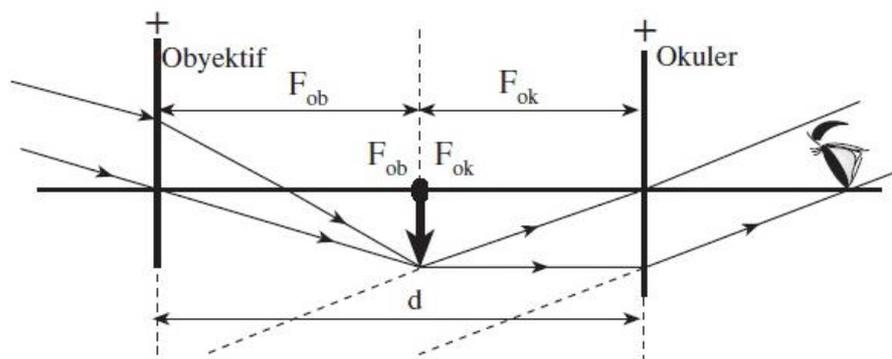
Jarak antara kedua lensa

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

Perbesarannya :

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

Pembentukan bayangannya :



Pada pengguna dengan mata berakomodasi :

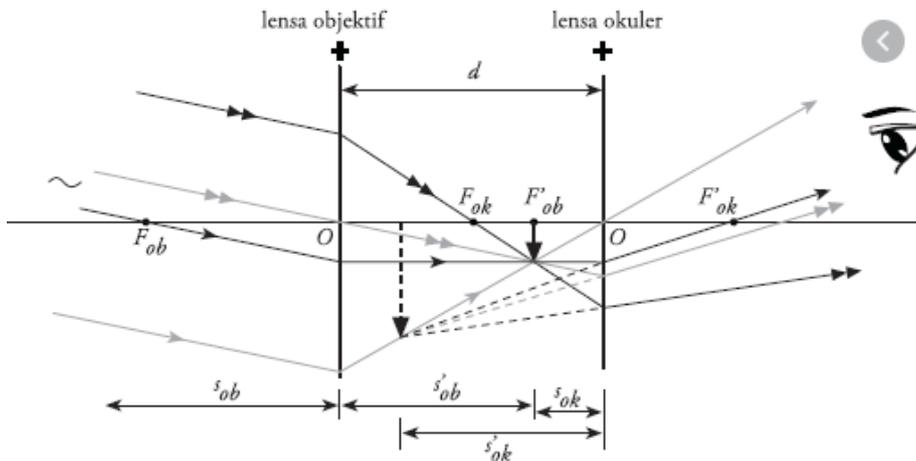
$s_{ok} < f_{ok}$ sehingga s'_{ok} = maya pada jarak baca (S_n)

Jarak antara kedua lensa $d = f_{ob} + s_{ok}$

Perbesarannya :

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

Pembentukan bayangannya :



Soal-soal

Sebuah teropong bintang memiliki perbesaran 40 kali saat digunakan dengan mata tak berakomodasi. Jika panjang teropong saat itu sebesar 20,5 cm maka tentukanlah titik fokus lensa objektif dan okulernya.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$M = 40x$$

$$d = 20,5 \text{ cm}$$

Ditanyakan: f_{ob} dan f_{ok}

Jawab:

Pada saat tak berakomodasi, perbesarannya memenuhi persamaan berikut.

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

$$40 = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

Berarti $f_{ob} = 40f_{ok}$

Dan panjang teropong sebesar:

$$d = f_{ob} + f_{ok} = 20,5$$

$$\Rightarrow f_{ob} + f_{ok} = 20,5$$

$$\Rightarrow 40f_{ok} + f_{ok} = 20,5$$

$$\Rightarrow 41f_{ok} = 20,5$$

$$\Rightarrow f_{ok} = 20,5/41$$

$$\Rightarrow f_{ok} = 0,5$$

dengan demikian f_{ob} adalah sebagai berikut.

$$f_{ob} = 40f_{ok}$$

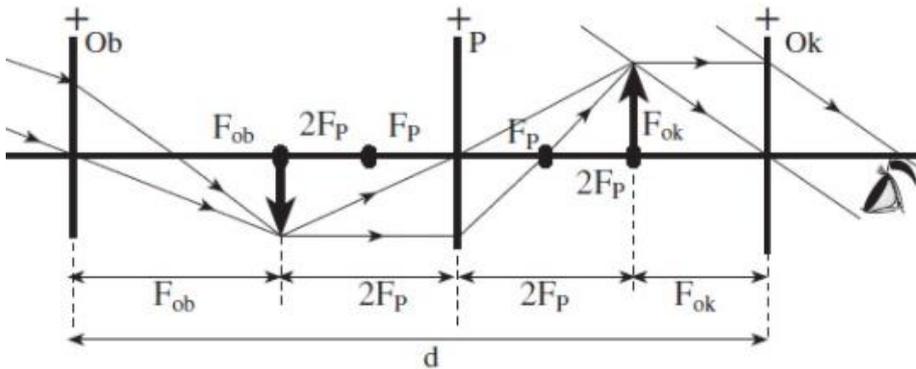
$$\Rightarrow f_{ob} = 40(0,5)$$

$$\Rightarrow f_{ob} = 20$$

Jadi, titik fokus lensa objektifnya adalah 20 cm sedangkan titik fokus lensa okulernya adalah 0,5 cm.

2 Teropong Bumi

Terdiri dari tiga buah lensa cembung, diantara lensa obyektif dan lensa okuler diletakkan lensa pembalik, Lensa pembalik tidak memiliki pengaruh pada perbesaran. Perbesaran pada teropong bumi sama dengan pada teropong bintang, perbedaannya adalah pada panjang teropong perhatikan gambar berikut :

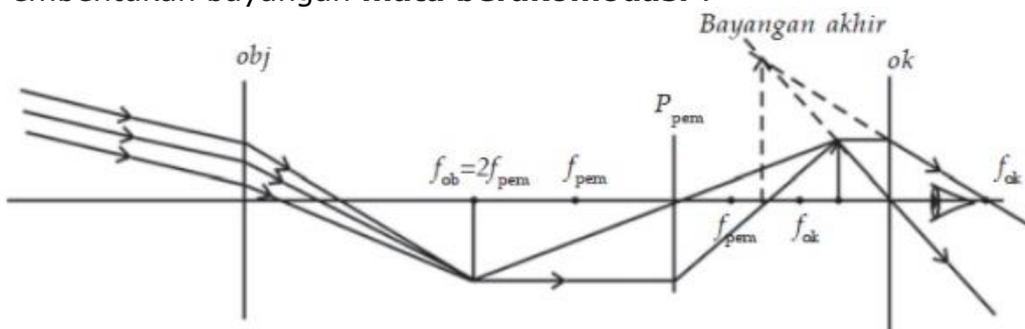


Pembentukan bayangan **mata tak berakomodasi** :

panjang teropong : $d = f_{ob} + 4f_p + f_{ok}$

Bayangan yang dibentuk oleh lensa obyektif ditempatkan pada pusat kelengkungan lensa pembalik ($2f$), bayangan yang dibentuk lensa pembalik berada di pusat kelengkungan pula ($2f$). Bayangan yang dihasilkan oleh lensa pembalik ditempatkan tepat pada titik fokus lensa okuler, sehingga bayangan akhir berada di tempat ∞ .

Pembentukan bayangan **mata berakomodasi** :



panjang teropong :

$$d = f_{ob} + 4f_p + s_{ok}$$

Bayangan yang dibentuk oleh lensa obyektif ditempatkan pada pusat kelengkungan lensa pembalik ($2f$), bayangan yang dibentuk lensa pembalik berada di pusat kelengkungan pula ($2f$). Bayangan yang dihasilkan oleh lensa pembalik ditempatkan tepat di ruang I lensa okuler

Contoh Soal

Sebuah teropong Bumi dengan jarak fokus lensa objektif, pembalik dan okuler berturut-turut 80 cm, 5 cm dan 20 cm. Teropong ini digunakan untuk melihat benda jauh oleh orang bermata normal dengan berakomodasi maksimum. Tentukanlah perbesaran sudut dan panjang tubusnya.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$f_{ob} = 80 \text{ cm}$$

$$f_p = 5 \text{ cm}$$

$$f_{ok} = 20 \text{ cm}$$

$$s'_{ok} = \text{titik dekat mata normal} = -25 \text{ cm}$$

Ditanyakan: M dan d

Jawab:

Karena mata berakomodasi maksimum, maka perbesaran sudut teropong Bumi dapat kita cari menggunakan persamaan berikut.

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

Oleh karena jarak benda pada lensa okuler (s_{ok}) belum diketahui, maka kita tentukan dahulu menggunakan persamaan yang berlaku pada lensa yaitu sebagai berikut.

$$\frac{1}{S_{ok}} + \frac{1}{S'_{ok}} = \frac{1}{f_{ok}}$$

$$\frac{1}{S_{ok}} + \frac{1}{-25} = \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{S_{ok}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{S_{ok}} = \frac{5 + 4}{100}$$

$$\frac{1}{S_{ok}} = \frac{9}{100}$$

$$S_{ok} = \frac{100}{9} = 11,1 \text{ cm}$$

Dengan demikian, perbesaran sudutnya adalah:

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

$$M = \frac{80}{11,1} = 7,2 \text{ kali}$$

Dan panjang tubus teropong dapat kita tentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

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

$$\Rightarrow d = 80 \text{ cm} + 4(5) \text{ cm} + 11,1 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow d = 80 \text{ cm} + 20 \text{ cm} + 11,1 \text{ cm} = 111,1 \text{ cm}$$

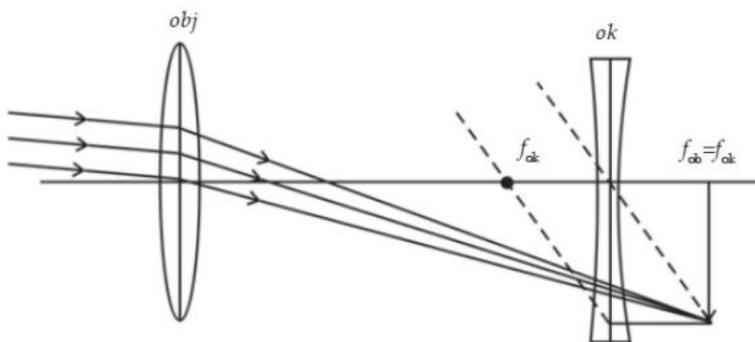
Jadi, perbesaran sudut dan panjang teropong Bumi tersebut adalah 7,2 kali dan 111,1 cm.

C. Teropong Panggung

Terdiri dari dua buah lensa yaitu : lensa cembung sebagai lensa obyektif dan lensa cekung sebagai lensa okuler sekaligus sebagai lensa pembalik.

Perbesaran sama dengan perbesaran pada teropong bintang.

Pembentukan bayangan pada mata **tak berakomodasi** :



Panjang teropong

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

(f_{ok} negatif karena lensa cekung)

Contoh Soal

Sebuah teropong panggung dipakai untuk melihat bintang yang menghasilkan perbesaran 6 kali. Jarak lensa objektif dan okulernya 30 cm. Teropong tersebut digunakan dengan mata tak berakomodasi. Tentukanlah jarak fokus lensa okulernya.

Penyelesaian:

Diketahui:

M = 6 kali

d = 30 cm

ditanyakan: f_{ok} ... ?

Jawab:

Misalkan $f_{ok} = -a$ (lensa cekung), maka perbesaran teropong adalah sebagai berikut.

$$M = \left| \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \right|$$

$$6 = \left| \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \right|$$

$$f_{ob} = 6|f_{ok}|$$

$$f_{ob} = 6|-a|$$

$$f_{ob} = 6a$$

Perbesaran anguler teropong untuk penggunaan mata tak berakomodasi dinyatakan dengan rumus berikut.

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

lalu substitusikan permisalah f_{ob} dan f_{ok} ke dalam rumus tersebut, sehingga diperoleh:

$$d = 6a + (-a)$$

$$30 = 5a$$

$$a = 30/5$$

$$a = 6 \text{ cm} \rightarrow f_{ok} = -6 \text{ cm}$$

Dengan demikian, jarak fokus lensa okulernya adalah 6 cm.

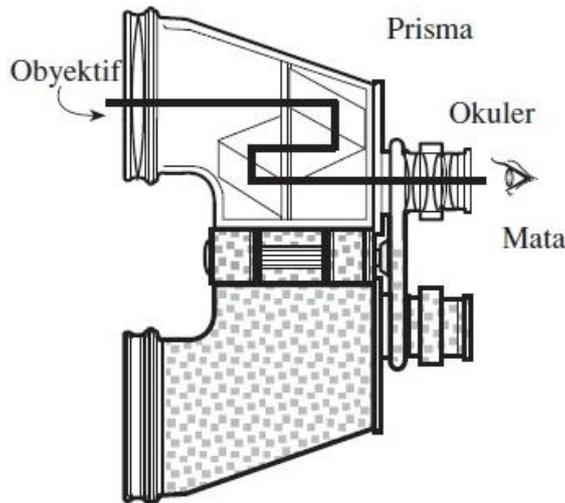
Teropong Prisma

Sering disebut keker, terdiri dari dua buah lensa cembung dan dua buah prisma diantara kedua lensa.

Panjang optik (d) : panjang perjalanan sinar di dalam teropong

Panjang sebenarnya : jarak terpendek antara kedua lensa.

Perbesaran lensa sama dengan perbesaran pada teropong bintang.



D. Teropong Pantul

Bagian obyektifnya berupa cermin cekung, sedangkan bagian okuler berupa lensa cembung

Perbesaran mata tak berakomodasi sama seperti pada teropong bintang. Pada umumnya teropong ini digunakan secara tak berakomodasi.

Pembentukan bayangan :

