

---

# **OPTIKA GEOMETRIK.**

## **PENDAHULUAN.**

### **TEORI CAHAYA.**

Kita dapat melihat melalui indra mata kita, dan hal ini sudah diperbincangkan sejak abad ke-empat sebelum masehi, Proses melihat ini diperdebatkan. Beberapa teori tentang proses melihat diantaranya dinyatakan oleh:

- a. Plato dan Euclides yang mendukung teori tentang adanya “ sinar–sinar penglihat”. Yang menyatakan bahwa kita dapat melihat sesuatu karena dari mata kita keluar sinar – sinar penglihat yang berbentuk kumis – kumis peraba.
- b. Aristoteles, yang menentang kebenaran teori “sinar – sinar penglihat”.
- c. Al-hasan, yang menyatakan bahwa kita dapat melihat benda di sekeliling kita sebab ada cahaya yang dipancarkan atau dipantulkan oleh benda, kemudian masuk kedalam mata kita.

Akibat dari pendapat Al-hasan ini maka timbul beberapa pendapat tentang cahaya

1. Sir Isaak Newton “teori Emisi” : bahwa sumber cahaya menyalurkan partikel – partikel kecil dan ringan yang bergerak dengan kecepatan yang sangat tinggi.
2. Christian Huygens, tentang “teori eter alam” : bahwa cahaya pada dasarnya sama dengan bunyi. Jadi untuk merambat membutuhkan medium perantara, yang disebut eter.
3. Thomas Young dan Augustine Fresnell, bahwa cahaya dapat melentur dan berinterferensi.
4. Jean Leon Foucault, bahwa cepat rambat cahaya di dalam zat cair lebih kecil dari pada di udara.
5. James Clark Maxwell, bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnet.

Kecepatan rambat gelombang elektromagnet dalam hampa adalah :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

dengan  $\epsilon_0$  : permitivitas listrik dalam hampa.

$\mu_0$  : permeabilitas listrik dalam hampa.

Teori dari Maxwell diperkuat oleh :

- a. Heinrich Rudolph Hertz, bahwa gelombang elektromagnet adalah gelombang transversal sehingga dapat menunjukkan gejala polarisasi.
- b. Pieter Zaeman, bahwa berkas cahaya dapat dipengaruhi oleh medan magnet yang kuat.
- c. Johannes Stark, bahwa berkas cahaya dapat dipengaruhi oleh medan listrik yang kuat.
6. Michelson dan Morley, bahwa eter alam sesungguhnya tidak ada.
7. Max Karl Ernest Ludwig Planck, tentang “ Teori Kwantum Cahaya” bahwa cahaya terkumpul dalam paket – paket yang kecil yang disebut (kwanta) atau paket energi.
8. Albert Einstein, tentang “teori dualisme cahaya” bahwa cahaya bersifat sebagai partikel dan bersifat sebagai gelombang.

Oleh pendapat para ilmuwan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa sifat – sifat cahaya adalah :

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dalam perambatannya :

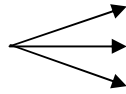
- ❖ Tidak memerlukan medium.
- ❖ Merambat dalam suatu garis lurus.
- ❖ Kecepatan terbesar di dalam vakum (ruang hampa), yaitu  $3 \times 10^8$  m/det.
- ❖ Kecepatan di dalam medium lain lebih kecil daripada kecepatan di dalam vakum
- ❖ Kecepatan cahaya didalam vakum adalah absolut, tidak tergantung pada pengamat.

### 8.1.1 PEMANTULAN CAHAYA.

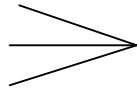
Disamping pernyataan-pernyataan yang telah disebutkan lebih dahulu tentang cahaya, Huygens juga menyatakan bahwa cahaya terdiri dari gelombang-gelombang cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya ke segala arah.

Macam-macam berkas cahaya.

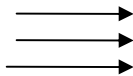
1. Divergen (berkas cahaya yang memancar) yaitu sinar datang dari satu titik.



2. Konvergen (berkas cahaya yang mengumpul) yaitu sinar yang menuju ke satu titik.



3. Paralel yaitu sinar sejajar satu sama lain.



Pemantulan cahaya dibedakan 2 macam yaitu :

- a. Pemantulan teratur (Specular reflection)

Yaitu : pemantulan cahaya dalam satu arah.

Contoh : pemantulan pada kertas lapis dari perak, aluminium atau dari baja.

- b. Pemantulan baur (diffuse reflection)

Yaitu : pemantulan cahaya ke segala arah.

Contoh : pemantulan kertas putih tanpa lapis.

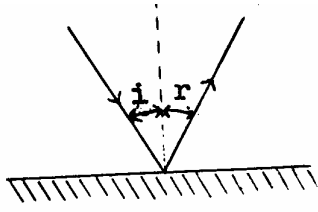
Di dalam [bab ini](#) hanya dibicarakan [pemantulan teratur](#).

Titik yang sefase dalam perambatan cahaya dihubungkan oleh front gelombang (muka gelombang) yang selalu tegak lurus arah perambatan gelombang cahaya.

Dengan menggunakan cakra optik yang dilengkapi dengan cermin datar pada pusatnya, dapat dibuktikan hukum-hukum pemantulan cahaya yaitu :

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

Gambar.



### PEMBENTUKAN BAYANGAN KARENA PEMANTULAN.

Perjanjian tanda pembentukan bayangan karena pemantulan atau pembiasan sebagai berikut :

- a. Semua jarak diukur dari vertex (  $v$  ) ke titik yang bersangkutan.
- b. Jarak benda (  $s$  ) adalah positif, jika arah pengukuran berlawanan dengan arah sinar datang.
- c. Jarak bayangan (  $s'$  ) adalah positif, jika arah pengukuran searah dengan arah sinar pantul ( untuk pemantulan ) atau searah dengan sinar bias ( untuk pembiasan ).
- d. Tinggi benda / bayangan positif, jika terletak diatas sumbu utama.

(  $m$  = pembesaran positif ).

Ada 3 buah bentuk cermin pemantul, yaitu : cermin datar, cermin cekung dan cermin cembung.

Pada ketiga cermin itu berlaku persamaan umum yang digunakan untuk menghitung jarak bayangan (  $s'$  ) dari suatu benda yang terletak pada jarak tertentu (  $s$  ) dari cermin itu.

Persamaan umum.

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

$s$  = jarak benda

$s'$  = jarak bayangan

$f$  = jarak titik api (fokus)

sedang pembesarannya :

$$m = \frac{h'}{h} = -\frac{s'}{s}$$

$h'$  = tinggi (besar) bayangan  
 $h$  = tinggi (besar) benda.

Catatan :

- Pemakaian daripada persamaan umum diatas, harus tetap memperhatikan perjanjian tanda.
- Bila  $s'$  menghasilkan harga negatif, berarti bayangan maya, sebaliknya jika positif, berarti bayangan sejati.
- Bila  $m$  menghasilkan negatif, berarti bayangan terbalik terhadap bendanya.

### CERMIN DATAR.

Permukaan datar dapat dianggap permukaan sferis dengan  $R = \infty$

Jadi, jarak titik api (focus) untuk permukaan datar ialah :

$$f = \frac{R}{2} = \infty$$

Sehingga pemakaian persamaan umum menjadi sebagai berikut :

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{\infty} \qquad \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = 0 \qquad \frac{1}{s} = -\frac{1}{s'}$$

$$\boxed{s = -s'}$$

sedang pembesarannya :

$$m = -\frac{s'}{s} = \frac{s'}{s} = 1 \quad \boxed{m = 1}$$

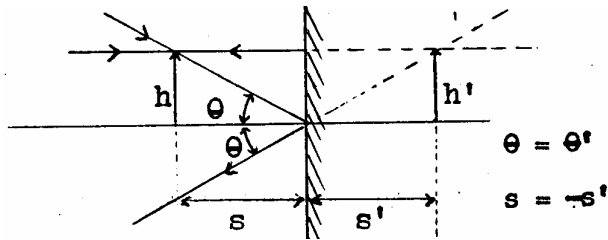
Untuk dua buah cermin yang saling membentuk sudut satu dengan yang lainnya, jumlah bayangan yang terjadi dari sebuah benda yang diletakkan diantaranya adalah :

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

Oleh karena itu sifat – sifat cermin datar :

- Jarak benda ( $s$ ) = jarak bayangan ( $s'$ )
- Bayangan bersifat maya  $\rightarrow$   $s'$  : negatif
- Tinggibenda ( $h$ ) = tinggi bayangan ( $h'$ )  $\rightarrow$   $m = 1$
- Bayangan tegak  $\rightarrow$   $m$  : positif

Lukisan pembentukan bayangan karena pemantulan cermin datar adalah sebagai berikut :



\*Cermin datar terpendek yang diperlukan untuk dapat melihat seluruh bayangan benda adalah : SETENGAH dari TINGGI benda itu.

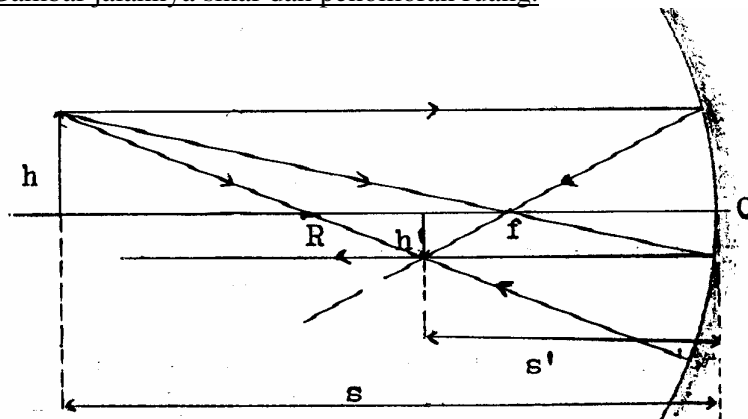
### 8.1.2 CERMIN LENGKUNG.

a. Cermin cekung / cermin positif.

Sifat – sifat sinar dan penomoran ruang.

1. Berkas sinar yang sejajar dengan sumbu utama dipantulkan lewat fokus ( $f$ )
2. Berkas sinar lewat fokus dipantulkan sejajar sumbu utama.
3. Berkas sinar lewat titik pusat kelengkungan cermin  $R$  dipantulkan lewat titik itu juga.

Gambar jalannya sinar dan penomoran ruang.



1. Ruang I antara  $0 < s < f$
2. Ruang II antara  $f < s < R$
3. Ruang III antara  $s > R$
4. Ruang IV daerah di belakang cermin (bagian gelap)

Pembagian ruang ini sama untuk cermin cekung dan cermin cembung, bedanya :

Ruang I, II, III pada cermin cekung terletak pada bagian yang terang sedang pada cermin cembung terletak pada bagian gelap.

Persamaan yang dipakai adalah sesuai dengan persamaan umum, yaitu :

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

$$f = \frac{R}{2}$$

R adalah jari-jari kelengkungan cermin dan mempunyai harga positif.

$$m = -\frac{s'}{s}$$

Jadi, bentuk bayangan maya / nyata, tegak / terbalik tergantung pada letak bendanya.

1. Untuk benda di ruang I  $s < f$

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

$$s' = \frac{sf}{s-f} \qquad ; \qquad s-f < 0$$

Sehingga :  $s'$  adalah negatif berarti bayangannya maya.

Pembesaran :

$$m = -\frac{s'}{s} = -\frac{sf \frac{f}{s} - f}{s}$$

$$m = -\frac{f}{s-f} \qquad m = \text{positip berarti } \underline{\text{tegak.}}$$

Sedang :  $m > 1$  berarti diperbesar.

2. Untuk benda tepat di f. ( $s = f$ )

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s} \qquad \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{s'} = 0$$

$$s' = \frac{1}{0} = \infty \qquad \text{berarti bayangannya tak terhingga.}$$

3. Untuk letak benda yang lain, dapat dianalisa dengan cara yang sama.

oleh karena itu ko kurikuler untuk :

- a. Benda di ruang II ( $f < s < R$ )
- b. Benda tepat di R

- c. Benda berada di ruang III (  $s > R$  )

LEMBARAN TUGAS KO KURIKULER.

Bukti sifat bayangan jika :

3. Benda di ruang II (  $f < s < R$  )
4. Benda tepat di R
5. Benda di ruang III (  $s > R$  )
6. Benda di ruang IV (di belakang cermin)

Untuk menentukan sifat – sifat bayangan pada cermin cekung, selain menggunakan rumus di atas, ada metode penomoran ruang sbb:

1. Jumlah nomor ruang benda dan nomor ruang bayangan sama dengan 5.  
(untuk menentukan letak bayangan pada ruang).
2. Benda yang terletak di ruang II atau ruang III selalu menghasilkan bayangan yang terbalik dengan bendanya. Benda di ruang I atau ruang IV selalu menghasilkan bayangan yang tegak terhadap bendanya.
3. Jika nomor ruang bayangan lebih besar daripada nomor ruang benda maka bayangan selalu lebih besar daripada bendanya (diperbesar) Jika nomor ruang bayangan lebih kecil daripada nomor ruang benda maka bayangan selalu lebih kecil daripada bendanya (diperkecil).

- b. Cermin cembung / cermin negatip.

Persamaan yang dipakai adalah sesuai dengan persamaan umum, yaitu :

$$\boxed{\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}} \quad \text{atau} \quad \boxed{s' = \frac{sf}{s - f}}$$

$f = \frac{R}{2}$  dan R mempunyai harga negatip.

Pembesaran :  $m = -\frac{s'}{s}$  atau  $m = -\frac{f}{s - f}$

Jadi, untuk s yang positif

$s' = \frac{sf}{s - f}$  selalu menghasilkan harga negatip atau dengan kata lain

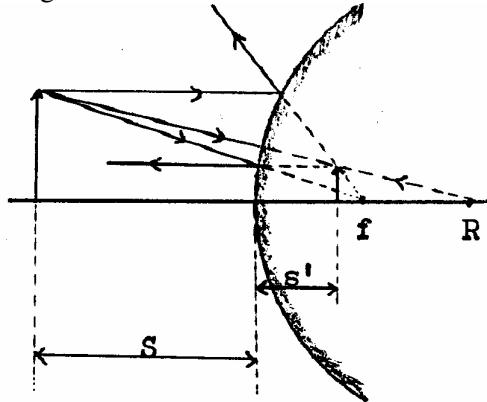
untuk s positif, bayangan selalu maya. Sedang pembesarannya :



$$m = -\frac{f}{s-f} \quad \text{positip.}$$

Jadi sifat cermin cembung selalu maya, tegak dan diperkecil karena  $m$  selalu lebih kecil dari satu. ( untuk  $s$  positip ).

Lukisan pembentukan bayangan karena cermin cembung dapat dilakukan dengan melihat sifat – sifat di bawah ini :



1. Berkas sinar sejajar sumbu utama dipantulkan seolah-olah berasal dari fokus ( $f$ ).
2. Berkas sinar yang menuju titik pusat kelengkungan cermin ( $R$ ) dipantulkan seolah berasal dari titik itu juga.

#### Cermin gabungan.

Bila kita letakkan dua cermin, cermin I dan cermin II dengan bidang pemantulan saling berhadapan dan sumbu utamanya berimpit dan bayangan yang dibentuk oleh cermin I merupakan benda oleh cermin II maka kita dapatkan hubungan :

$$d = s'_1 + s_2$$

$d$  = jarak antara kedua cermin

$$m_{total} = m_1 \cdot m_2$$

$s'_1$  = jarak bayangan cermin I

$s_2$  = jarak benda cermin II.

### 8.1.3 PEMBIASAN.

Pembiasan atau refraksi adalah suatu peristiwa cahaya yang menembus permukaan suatu bahan tertentu melalui satu medium ke medium lainnya, cahaya akan dibelokkan.

Oleh karena itu, kita perlu lebih dahulu mengetahui tentang index bias suatu bahan.

- a. Index bias mutlak ( atau biasa disebut “ index bias saja) adalah perbandingan antara kecepatan cahaya di ruang hampa atau di udara ( c ) dengan kecepatan cahaya di dalam bahan (v).

$$n_b = \frac{c}{v} \quad n_b = \text{index bias mutlak (index bias) bahan.}$$

c = kecepatan cahaya di ruang hampa =  $3 \times 10^8$  m / det

v = kecepatan cahaya di dalam bahan.

Karena :  $v = f \cdot \lambda$      v = kecepatan cahaya

f = frekuensi

$\lambda$  = panjang gelombang

maka :  $n_b = \frac{f_u \lambda_u}{f_b \lambda_b}$      sedang      $f_b = f_u$

sehingga  $n_b = \frac{\lambda_u}{\lambda_b}$

oleh karena itu, index bias sama dengan perbandingan panjang gelombang cahaya di udara dengan gelombang cahaya di dalam bahan.

- b. INDEX BIAS RELATIF.

Index bias relatif bahan 1 terhadap bahan 2 dapat ditulis :  $n_{21}$

Adalah perbandingan kecepatan cahaya didalam bahan 2 dengan kecepatan cahaya di dalam bahan 1. atau perbandingan antara panjang gelombang cahaya di dalam medium 2 dengan panjang gelombang cahaya di dalam medium 1.

$$n_{21} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$v_1$  = kecepatan cahaya di dalam bahan 1

$v_2$  = kecepatan cahaya di dalam bahan 2

$\lambda_1$  = panjang gelombang di dalam bahan 1

$\lambda_2$  = panjang gelombang di dalam bahan 2

A T A U

$$n_{21} = \frac{n_1}{n_2}$$

$n_1$  = index bias mutlak bahan 1

$n_2$  = index bias mutlak bahan 2

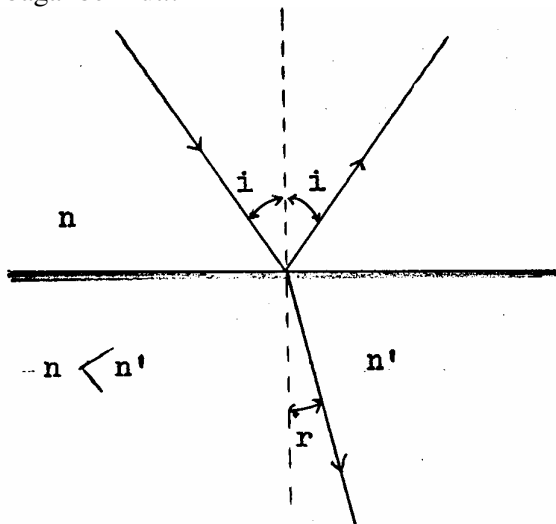
### HUKUM PEMBIASAN

Jika seberkas cahaya datang pada bidang batas dua medium yang tidak sama dan transparan, maka berkas cahaya tersebut :

1. Sebagian diserap.
2. Sebagian diteruskan.
3. Sebagian dibiaskan.
4. Sebagian dipantulkan.

Jika berkas cahaya tersebut sebagian menembus bidang batas itu dan merambat terus dengan arah berkas cahaya yang menembus itu tidak sama dengan arah berkas cahaya yang datang, peristiwa tersebut dinamakan PEMBIASAN.

Dengan menggunakan cakra optik yang dilengkapi dengan keping kaca setengah lingkaran pada pusatnya dapat dibuktikan HUKUM PEMBIASAN sebagai berikut.:



1. Sinar datang, garis normal dan sinar bias terletak pada sebuah bidang datar.
2. Perbandingan sinus sudut datang (  $i$  ) dan sudut – sudutbias (  $r$  ) merupakan konstanta.

Hubungan antara sinus sudut datang dan sudut bias :

$$n \sin i = n' \sin r$$

dikenal dengan nama :

H U K U M SNELLIUS.

Bila seberkas sinar masuk dari medium yang index biasnya lebih besar kedalam medium yang index biasnya lebih kecil, maka sudut biasnya lebih besar daripada sudut datangnya. (sinar bias menjauhi garis normal).

Makin besar sudut datangnya makin besar pula sudut biasnya hingga pada suatu saat sudut biasnya  $90^\circ$  dan sudut datangnya disebut “SUDUT BATAS”.

Bila sudut datangnya diperbesar maka sinar tidak akan dibiaskan, akan tetapi dipantulkan seluruhnya.

Contoh : - cahaya masuk kedalam sebuah berlian, sehingga berlian tampak menawan,

karena cahaya dipancarkan ke segala arah.

- Lapisan jalan aspal pada siang hari sehingga kelihatan seperti berair.

Keadaan tersebut diatas biasa disebut : PEMANTULAN TOTAL.

Syarat terjadi pemantulan total adalah :

1. Sinar harus datang dari medium yang lebih rapat ke medium yang kurang rapat.
2. sudut datang lebih besar daripada sudut kritis.

Contoh beberapa sudut kritis berdasarkan percobaan :

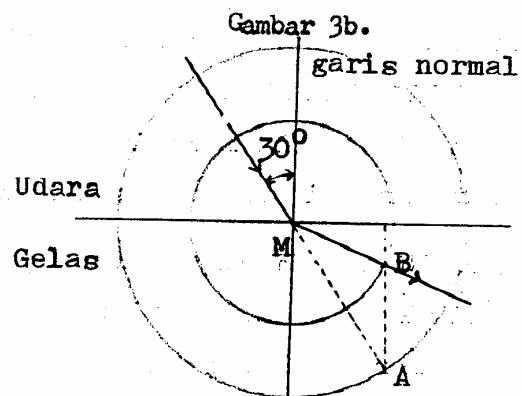
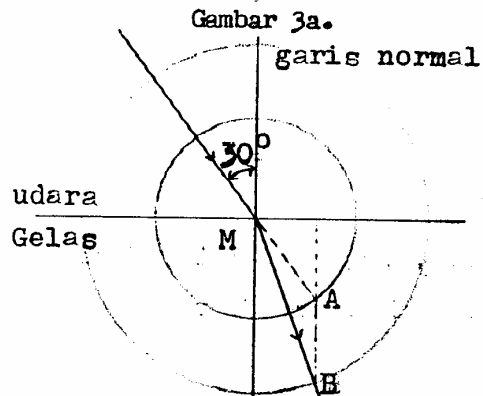
- ❖ sudut kritis untuk air  $49^\circ$
- ❖ sudut kritis untuk gelas  $42^\circ$
- ❖ sudut kritis untuk berlian  $24^\circ$

contoh penggunaan pemantulan total dalam dunia teknik yang sangat populer adalah fiber optik yang digunakan dalam telekomunikasi.

- MELUKIS PEMBIASAN
- Metode bantuan dua lingkaran.

Cara melukis pembiasan dengan metode ini sebagai berikut :

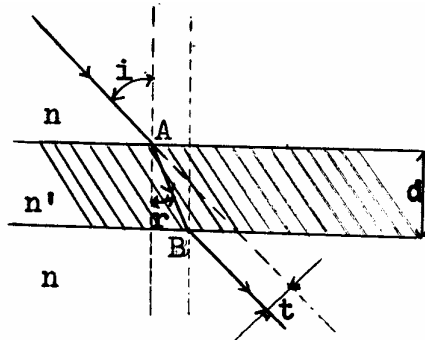
1. Lukis dua buah lingkaran sepusat (konsentris) dengan perbandingan jari-jari sesuai dengan index bias relatif antara kedua medium.
2. Lukis sinar datang yang sudut datangnya diketahui terhadap garis normal.
3. a. Jika sinar datang dari medium yang kurang rapat ke medium yang lebih rapat ( $n_1 < n_2$ ) teruskan sinar datang sampai memotong lingkaran besar ( titik A), kemudian dari titik A, tarik garis sejajar dengan garis normal sampai memotong lingkaran kecil (titik B).
4. Hubungkan titik pusat lingkaran (titik M) dengan titik B maka garis MB merupakan sinar bias.



Lukisan pembiasan sinar a) sinar datang dari medium udara ke gelas (medium kurang rapat ke medium lebih rapat). b) sinar datang dari gelas ke udara (medium lebih rapat ke medium kurang rapat). pada kedua kasus, sudut datang =  $30^\circ$

#### PEMBENTUKAN CAHAYA KARENA PEMBIASAN.

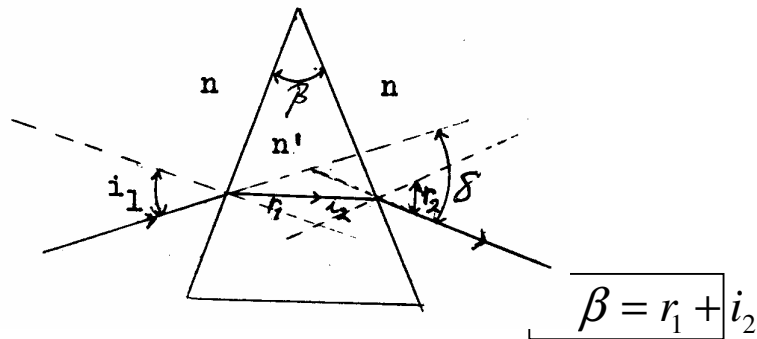
1. Pembiasan cahaya pada kaca PLAN PARALEL.  
Kaca plan paralel ialah : kaca yang dibatasi oleh dua bidang datar yang sejajar satu sama lain.



Bila cahaya dijatuhkan pada titik A akan keluar di titik B. Akibat indeks yang berbeda ( $n$   $n'$ ) maka terjadi pergeseran sinar.

$$t = \frac{d}{\cos r} \cdot \sin(i - r)$$

2. Pembiasan cahaya pada prisma.



$$\beta = r_1 + i_2$$

$\beta$  = sudut puncak / sudut pembias.

$n'$  = index bias prisma.

$n$  = index bias media sekitar prisma.

$i_1$  = sudut datang dari sinar udara ke prisma.

$r_1$  = sudut bias dari sinar udara ke prisma.

$i_2$  = sudut datang dari sinar prisma ke udara.

$r_2$  = sudut bias dari sinar prisma ke udara.

Sinar yang datang pada salah satu sisi prisma, akan mengalami deviasi ( $\delta$ )

Sudut deviasi ( $\delta$ ) adalah : sudut yang dibentuk antara sinar yang masuk dengan sinar yang keluar dari prisma.

Besarnya sudut deviasi ( $\delta$ ) adalah :

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

deviasi minimum terjadi bila :  $i_1 = r_2$  dan dapat dicari dengan rumus :

$$\sin \frac{1}{2}(\delta_m + \beta) = \frac{n'}{n} \sin \frac{1}{2} \beta$$

Bila prisma terdapat diudara :  $n = 1$

$$\sin \frac{1}{2}(\delta_m + \beta) = n' \sin \frac{1}{2} \beta$$

Untuk sudut pembias yang kecil ( $\beta < 10^\circ$ ) maka harga sinus akan mendekati harga sudutnya, jadi persamaannya dapat ditulis :

$$\frac{1}{2}(\delta_m + \beta) = \frac{n'}{n} \left(\frac{1}{2} \beta\right)$$

$$(\delta_m + \beta) = \frac{n'}{n} \beta$$

$$\delta_m = \left(\frac{n'}{n} - 1\right) \beta$$

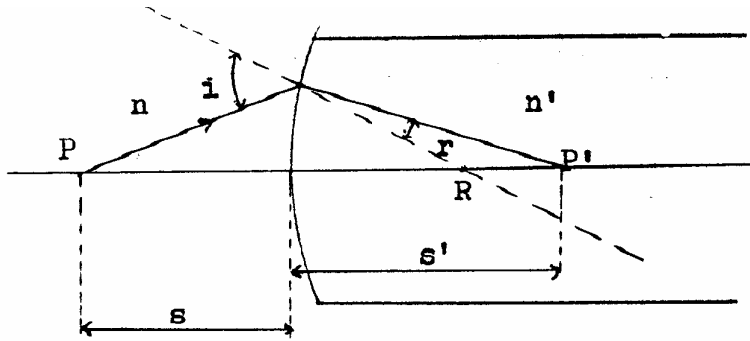
bila prisma terdapat diudara :

$$\delta_m = (n' - 1) \beta$$

### 3. Pembiasan pada permukaan spheris (LENSA).

Jika sebuah titik A yang terletak pada sumbu utama memancarkan sinar dari medium  $n$  ke medium  $n'$  melewati bidang lengkung spheris di titik b dengan jari-jari R, maka bayangannya berada di titik A'.

berada di titik A'.



Dengan persamaan hukum Snellius :  $n \sin I = n' \sin r$

Maka di dapat suatu persamaan sebagai berikut :

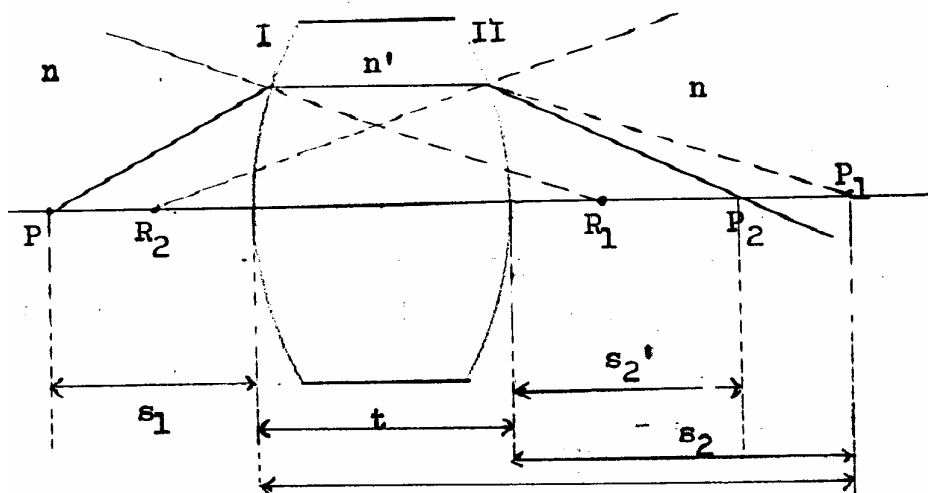
$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{(n' - n)}{R}$$

dan pembesaran (m) :  $m = -\frac{n s'}{n' s}$

Jika bidang lengkung tersebut merupakan suatu benda bening / transparan yang dibatasi oleh bidang-bidang lengkung, disebut : LENSA.

Lensa adalah suatu sistem optik yang di batasi oleh dua permukaan bias baik itu cekung, cembung maupun datar dengan sumbu utama yang berimpit.

SEBUAH LENSA DENGAN TEBAL t dan JARI-JARI R<sub>1</sub> dan R<sub>2</sub>



$n$  = index bias media sekitar lensa.

$n'$  = index bias bahan lensa.

$t$  = tebal lensa

$A$  = titik pad sumbu utama yang memancarkan cahaya.



$A_1$  = bayangan titik A oleh permukaan lensa I

$A_2$  = bayangan titik  $A_1$  oleh permukaan lensa II

$R_1$  = pusat kelengkungan permukaan I

$R_2$  = pusat kelengkungan oleh permukaan lensa II

Jika sebuah benda terletak pada jarak  $S_1$  dari bidang lengkung pertama (titik A), hendak dicari bayangan akhirnya akibat lensa tebal. Maka langkah – langkah untuk mendapatkan persamaan sebagai berikut :

1. Dicari bayangan yang dibentuk oleh permukaan lengkung I.

$$\frac{n}{s_1} + \frac{n'}{s_1'} = \frac{n' - n}{R_1} \dots\dots\dots(\text{Permukaan I})$$

$R_1$  adalah jari-jari kelengkungan permukaan lengkung I diperoleh  $s_1'$

2. Bayangan dari permukaan lengkung I merupakan benda untuk permukaan lengkung II.

Jarak benda untuk bidang lengkung II dapat dicari dengan rumus :

$$S_2 = t - S_1' \dots\dots\dots(\text{persamaan II})$$

3. Kemudian dicari bayangan akhirnya ( $S_2'$ ) dengan rumus :

$$\frac{n'}{S_2} + \frac{n}{S_2'} = \frac{n - n'}{R_2} \dots\dots\dots(\text{persamaan III})$$

$R_2$  adalah jari-jari kelengkungan permukaan II dapat dihitung  $S_2'$  (bayangan akhir) pada lensa tebal.

#### 8.1.4 Lensa tipis.

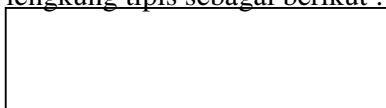
Penurunan persamaan untuk lensa tipis.

Lensa tipis dapat dikatakan  $t$  ( tebal ) = 0

$S_1 = S$  jarak benda terhadap lensa.

$S_2' = S'$  jarak bayangan.

Dari persamaan I, II dan III diatas dapat diturunkan persamaan untuk lengkung tipis sebagai berikut :



$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = (n' - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \dots\dots\dots \text{(persamaan IV)}$$

IV)

Bila lensa terdapat di udara :  $n = 1$

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = (n' - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \dots\dots\dots \text{(persamaan V)}$$

V)

catatan : pemakaian persamaan-persamaan diatas tetap harus memperhatikan perjanjian tanda yang telah dibuat.

Untuk benda yang jauh sekali, jarak benda (s) dianggap tak berhingga dan bayangan jatuh di titik api kedua dari lensa, dapat ditulis :

$$\frac{1}{f} = (n' - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \dots\dots\dots \text{(persamaan VI)}$$

Rumus ini merupakan Rumus untuk jarak titik api lensa tipis.

Jika :  $\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} < 0$  maka  $f < 0$ , lensa disebut lensa negatif atau lensa cekung

cekung

$\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} > 0$  maka  $f > 0$ , lensa disebut lensa positif atau lensa cembung.

cembung.

Jika persamaan VI disubstitusikan kedalam persamaan V maka diperoleh persamaan

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots \text{(persamaan VII)}$$

Persamaan tersebut diatas disebut : persamaan lensa tipis “GAUSS”

Jenis lensa tipis :

- a. Lensa Konvergen / lensa positif, yang terdiri dari : plano konveks, bikonveks, dan konvekskonkaf.

G a m b a r



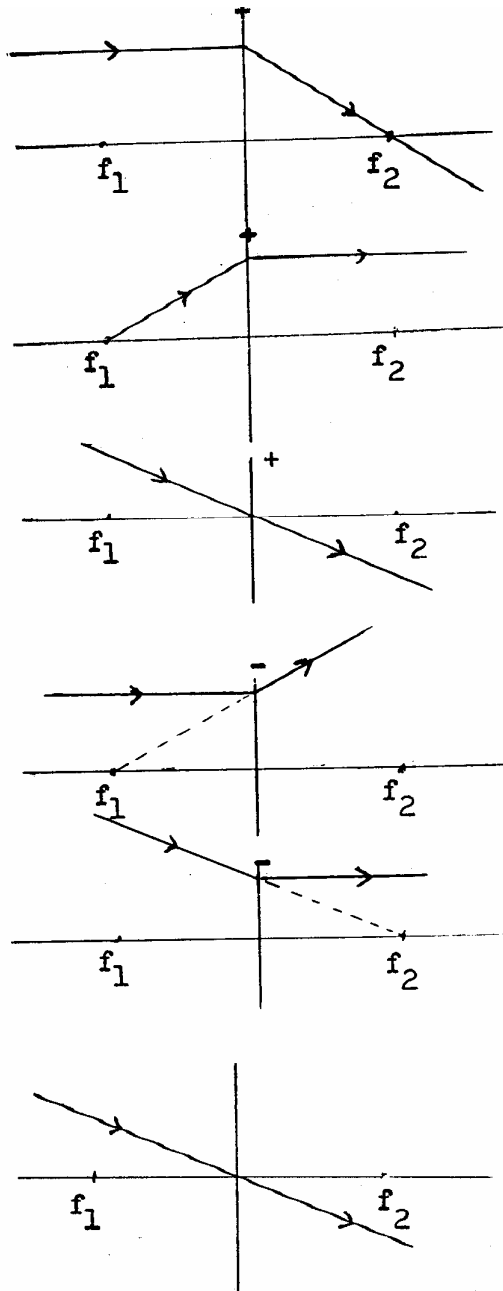
- b. Lensa Divergen / lensa negatif, yang terdiri dari : plano konkaf, bikonkaf dan konkafkonveks.

G a m b a r



UNTUK MELUKIS PEMBENTUKAN BAYANGAN PADA LENSA DAPAT DIGUNAKAN METODE GRAFIS.

- a. LENSA POSITIP.
1. Sinar yang sejajar dengan sumbu utam dibiaskan melalui titik api kedua.
  2. Sinar yang melalui titik api pertama akan di biaskan sejajar sumbu utama.
  3. Sinar yang datang melalui pusat optik lensa tidak dibiaskan tetapi diteruskan.
- b. LENSA NEGATIP.
1. Sinar yang sejajar dengan sumbu utama dibiaskan seolah-olah berasal dari titik api pertama.
  2. Sinar yang menuju titik api kedua dibiaskan sejajar sumbu utama.
  3. Sinar yang datang melalui pusat optik lensa tidak dibiaskan tetapi diteruskan.



### KEKUATAN LENSA (DAYA LENSA)

Definisi : Kesanggupan lensa untuk memancarkan atau mengumpulkan sinar – sinar.

Satuan : Dioptri.

Notasi : P

Rumus :  $P = \frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

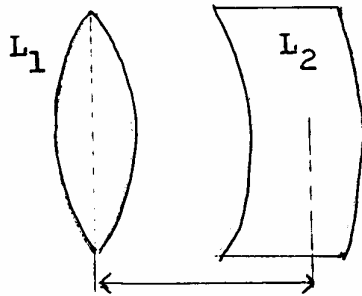
Penjelasan : 1 Dioptri adalah kekuatan lensa dengan jarak titik api 1 meter

## ENSA GABUNGAN.

- ✓ Merupakan gabungan beberapa buah lensa.
- ✓ Kegunanya : Untuk menambah kuat lensa yang biasa digunakan dalam alat-alat optik.
- ✓ Prinsip pembentuk bayangan oleh lensa pertama sama saja seperti pada lensa tunggal, tetapi bayangan yang dibentuk oleh lensa pertama merupakan benda bagi lensa kedua.
- ✓ Rumus lensa gabungan.

$$\frac{1}{f_{gab}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \dots + \frac{1}{f_n}$$
$$P_{gab} = p_1 + p_2 + \dots + P_n$$

Khusus untuk gabungan lensa tipis yang berjarak  $d$  maka fokus gabungannya :

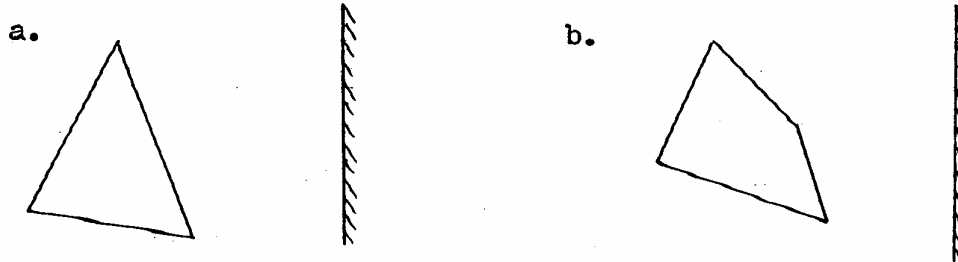


$$\frac{1}{f_{gab}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

### LATIHAN SOAL 8.1.1

#### PEMANTULAN

1. Titik cahaya A berada 4 cm di muka cermin datar. Lukiskan bayangan titik A tersebut.
2. Lukislah bayangan benda-benda berikut.



3. Lukiskan bayangan titik cahaya A diantara dua buah cermin yang bersudut  $30^\circ$
4. Hitunglah berapa jumlah bayangan yang terjadi pad dua buah cermin yang membentuk sudut :
  - a.  $50^\circ$
  - b.  $90^\circ$
  - c.  $20^\circ 30'$
  - d.  $7^\circ 30'$
5. Seorang yang tingginya 1,6 m dapat melihat tepat bayangannya dalam suatu cermin datar vertikal 3 meter jauhnya. Tentukanlah tinggi dan posisi cermin tersebut.
6. Suatu benda yang tingginya 2 cm terletak 12 cm dimuka cermin cekung yang berfokus 4 cm.
  - a. Lukiskan dan sebutkan sifat bayangannya.
  - b. Hitung jarak bayangan yang terjadi.
  - c. Hitung pembesaran yang terjadi.
  - d. Hitung besar bayangan yang terjadi.
7. suatu benda yang terletak 6 cm di muka suatu cermin positif membuat bayangan maya pada jarak 36 cm. Hitunglah jarak fokus utama cermin tersebut dan lukiskan bila tinggi bayangan 6 cm.
8. Dibelakang cermin cembung yang berfokus - 4 cm terdapat sebuah bayangan yang tingginya  $\frac{3}{16}$  cm pad jarak  $2\frac{2}{3}$  cm carilah dimana letak bendanya dan berap tingginya. Lukiskan peristiwa tersebut.
9. dua buah cermin cekung yang mempunyai satu sumbu utama dan sepusat bola cerminnya diletakkan behadapan. Jarak fokus utama cermin I 6 cm dan cermin II 4 cm. Suatu benda diletakkan 10

- cm didepan cermin I. Hitunglah jarak kedua bayangan dari kedua cermin itu untuk benda tersebut diatas.
10. Jarak titik-titik pusat bola cermin cekung dan cermin cembung sejauh 21 cm. Suatu benda berada 15 cm dimuka cermin cekung yang berfokus 6 cm. Hitunglah jarak kedua bayangan pertama yang terjadi bila fokus cermin cembung 4 cm.
  11. Sebuah cermin cekung dengan jari-jari kelengkungan 80 cm diletakkan berhadapan dengan sebuah cermin datar dengan jarak 60 cm. Sebuah benda diletakkan ditengah-tengah diantara kedua cermin tersebut. Tentukanlah letak bayangan dan perbesarannya, bila pemantulan pertama :
    - a. oleh cermin datar.
    - b. oleh cermin cekung.
  12. dua buah cermin cekung A dan B yang identik, masing-masing berjari-jari 20 cm diletakkan berhadapan dengan sumbu utamanya berimpit. Sebuah benda diletakkan 15 cm didepan cermin A tegak lurus sumbu utama. Bila panjang bayangan sejati yang terjadi karena pemantulan oleh A dulu kemudian oleh B besarnya 4 kali panjang benda mula-mula, berapa jarak antara kedua cermin tersebut.
  13. Sebuah benda bercahaya diletakkan pada jarak 30 cm tegak lurus pada sumbu utama didepan cermin cekung yang berjari-jari 40 cm. Sinar-sinar yang dipantulkan oleh cermin ini kemudian dipantulkan oleh cermin cembung yang berjari-jari 30 cm dan berada pada jarak 50 cm didepan cermin cekung tadi. Sumbu utama kedua cermin berimpit. Berapa jarak bayangan terakhir dengan benda semula?

### LATIHAN SOAL 8.1.3

#### Pembiasan.

1. Sebuah gelas dimasukkan dalam air, berapakah index bias air gelas jika  $n_{\text{air}} = 2/3$  dan  $n_{\text{gelas}} = 4/3$

2. Index bias suatu kaca adalah 1,5. Berapa kecepatan cahaya dalam kaca tersebut.
3. Satu bahan I mempunyai index bias  $\frac{4}{3}$  dan bahan II mempunyai index bias 2. Jika cahaya masuk kedalam kedua bahan tersebut manakah kecepatan cahaya dan panjang gelombang yang paling besar dalam bahan-bahan tersebut.
4. seberkas cahaya dengan panjang gelombang  $12000 \text{ \AA}$  masuk dari udara ke dalam kaca yang index biasnya 1,5. Tentukanlah panjang gelombang dalam kaca.
5. suatu cahaya masuk kedalam medium I mempunyai kecepatan  $2 \cdot 10^8 \text{ m/det}$  jika masuk kemedium II kecepatannya  $7,5 \cdot 10^7 \text{ m/det}$ . Carilah besar index bias relatif medium I terhadap medium II dan index bias relatif medium II terhadap medium I.
6. Index bias mutlak intan dan kaca korona adalah  $\frac{5}{2}$  dan  $\frac{3}{2}$  hitunglah :
  - a. index bias relatif intan terhadap korona.
  - b. Sudut kritis antara intan dan kaca korona.
7. sudut jritis suatu cahaya dalam garam dapur diketahui  $45^\circ$  tentukanlah index bias garam dapur.
8. Lukiskan jalannya sinar bias dengan metode 2 buah lingkaran untuk sudut datang  $30^\circ$  dengan metode 2 buah lingkaran untuk sudut datang  $30^\circ$  jika sinar datang dari :
  - a. medium dengan  $n = 2$  menuju medium dengan  $n = 4$
  - b. medium dengan  $n = 5$  menuju medium dengan  $n = 3$
  - c. medium dengan  $n = \frac{3}{2}$  menuju medium dengan  $n = 2$
  - d. medium dengan  $n = \frac{4}{3}$  menuju medium dengan  $n = 1,5$
9. Seberkas sinar datang dari udara menuju air dengan sudut datang  $45^\circ$  sedangkan index bias air  $\frac{4}{3}$  hitunglah sudut biasnya.
10. Seberkas sinar datang dari gelas ke air dengan sudut datang  $30^\circ$ , bila index bias gelas  $\frac{3}{2}$  dan index bias air  $\frac{4}{3}$  tentukanlah sudut bias sinar dalam air.



11. index bias air  $\frac{4}{3}$  dan index bias kaca  $\frac{3}{2}$ . tentukanlah sudut batasnya bila cahaya merambat dari kaca ke air.
12. Seekor itik berenang pada permukaan sebuah kolam yang airnya tenang ( $n_{air} = 1,33$ ) kolam tersebut dalamannya 160 cm. Dimana letak bayangan dari itik pada dasar kolam bila matahari tepat berada :
  - a. Timur Laut.
  - b. Hampir tenggelam.
13. seberkas sinar jatuh pada bidang kaca plan paralel dengan sudut datang  $60^\circ$ . Jika tebal kaca 2 cm dan index bias cahaya  $\frac{3}{2}$  Hitunglah :
  - a. Deviasi sinar
  - b. Pergeseran sinar
14. Berapa besar sudut deviasi minimum dari prisma sama sisi yang index biasnya 1,4?
15. prisma dengan sudut pembias  $10^\circ$  dan index biasnya 1,5, hitunglah deviasi minimumnya, diudara. Dan hitung pula deviasi minimum prisma itu jika dalam air yang berindex bias  $\frac{4}{3}$ .
16. ujung kiri dari sebatang gelas yang diameternya 10 cm, index biasnya 1,5 diasah sehingga menjadi permukaan cembung. Dengan jari-jari 5 cm. Sebuah benda tinggi 1 mm, berdiri tegak lurus pada sumbu dari sebatang gelas tadi dan berjarak 20 cm di sebelah kiri vertex. Hitunglah :
  - a. letak bayangan
  - b. pembesaran.
17. Bila benda terletak 50 cm didepan lensacekung- cembung dengan jari-jari kelengkunan  $R_1 = 50$  cm dan  $R_2 = 100$  cm. Dan index biasnya 1,5 tentukan letak bayangannya.
18. Sebuah benda terletak 32 cm didepan sebuah lensa tipis membentuk suatu bayangan pada layar 8 cm dibelakang lensa.
  - a. Tentukanlah panjang fokus dari lensa
  - b. Tentukanlah pembesarannya.
  - c. Sebut sifat bayangannya.

- d. Apakah lensa konvergen atau divergen.
19. Bagian kiri dari suatu lensa bikonvex memiliki jari-jari 12 cm, dan bagian kanannya 18 cm. Index bias gelas ialah 1,5.
- a. hitung panjang fokus lensa.
- b. Hitung panjang fokus jika jari-jari kelengkungan dari dua permukaan itu ditukar.
20. sebatang gelas dengan index bias  $\frac{5}{3}$  salah satu ujungnya merupakan permukaan cembung dengan jari-jari kelengkungan sebesar 3 cm berada di udara. Sebuah benda kecil terletak 10 cm dari permukaan itu. Tentukanlah posisi bayangan yang terjadi karena pembiasan oleh batang gelas itu, bila:
- a. Benda berada di udara.
- b. Benda berada di dalam gelas.
21. sebuah lensa fokusnya 50 cm. Tentukanlah kekuatan lensa itu.
22. Suatu lensa tipis di udara kekuatannya 5 dioptri dimasukkan ke dalam air. Jika index bias udara 1 dan index bias air besarnya  $\frac{4}{3}$  sedangkan index bias lensa  $\frac{3}{2}$  tentukanlah kekuatan lensa tersebut dalam air.
23. Dua lensa tipis, masing-masing panjang fokusnya 10 cm, yang pertama lensa konvergen dan yang satunya lensa divergen letaknya terpisah oleh jarak 5 cm. Sebuah benda letakkan 20 cm di muka lensa konvergen. Berapa jauh dari lensa ini bayangan terbentuk dan bayangannya nyata atau semu?

=====oO=====

