



# BAB 6 CAHAYA DAN OPTIK

**Fizik Tingkatan 4 KSSM**

**Oleh Cikgu Norazila Khalid**

**Smk Ulu Tiram, Johor**



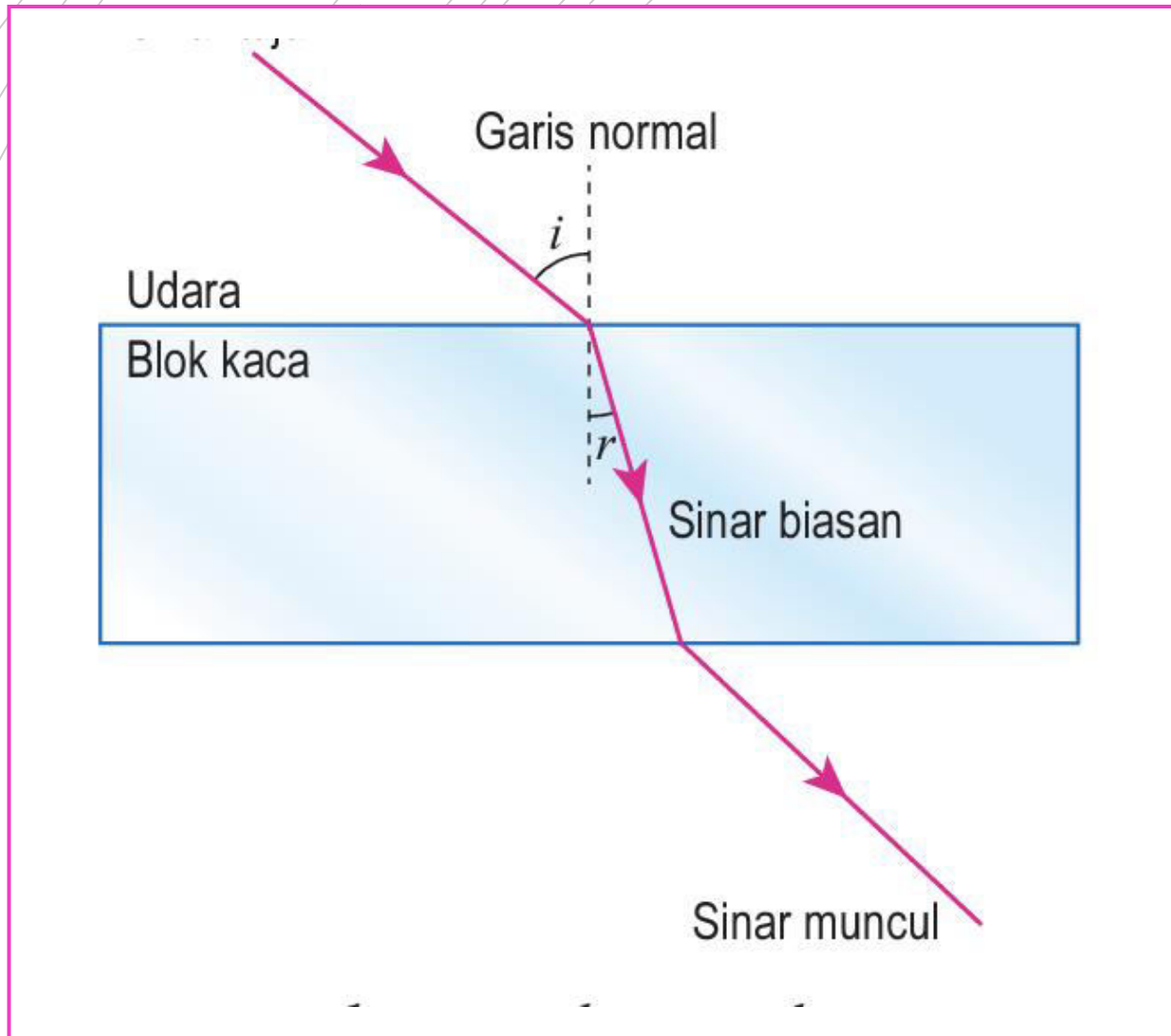
## 6.1 Pembiasan Cahaya

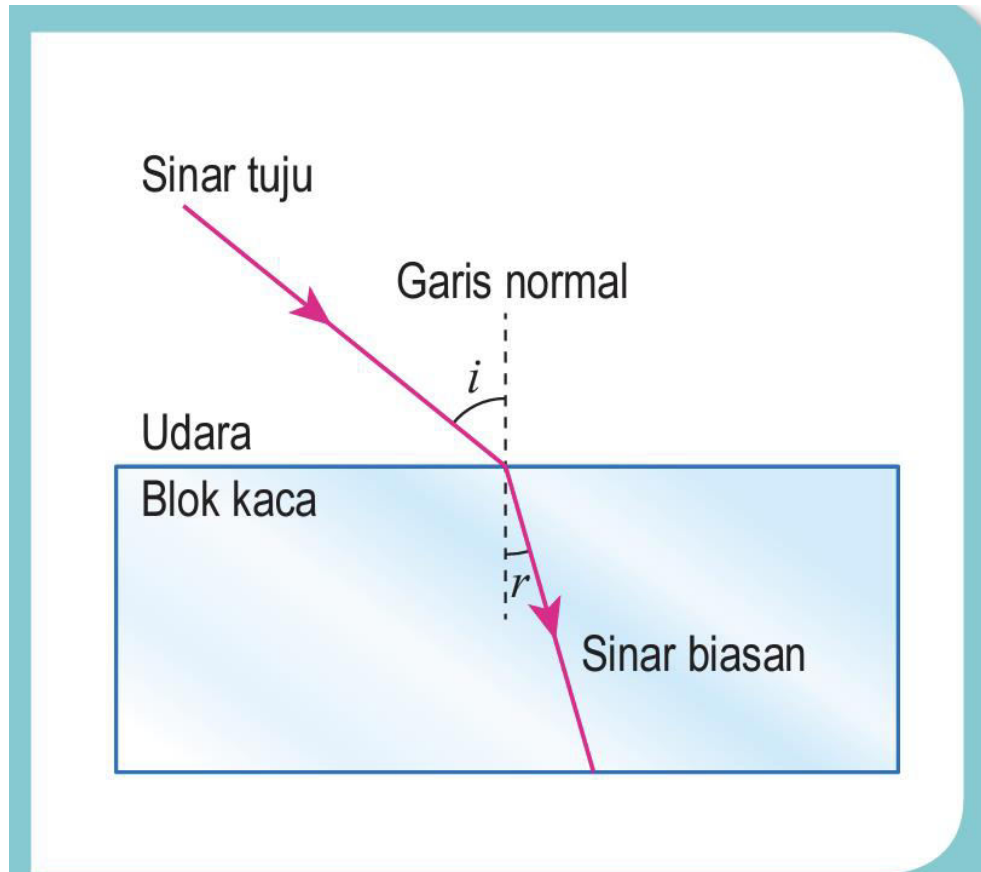


- **Fenomena ini dikenali sebagai pembiasan cahaya yang berlaku disebabkan oleh perubahan halaju cahaya apabila merambat melalui medium yang berlainan ketumpatan**

## Pembiasan Cahaya

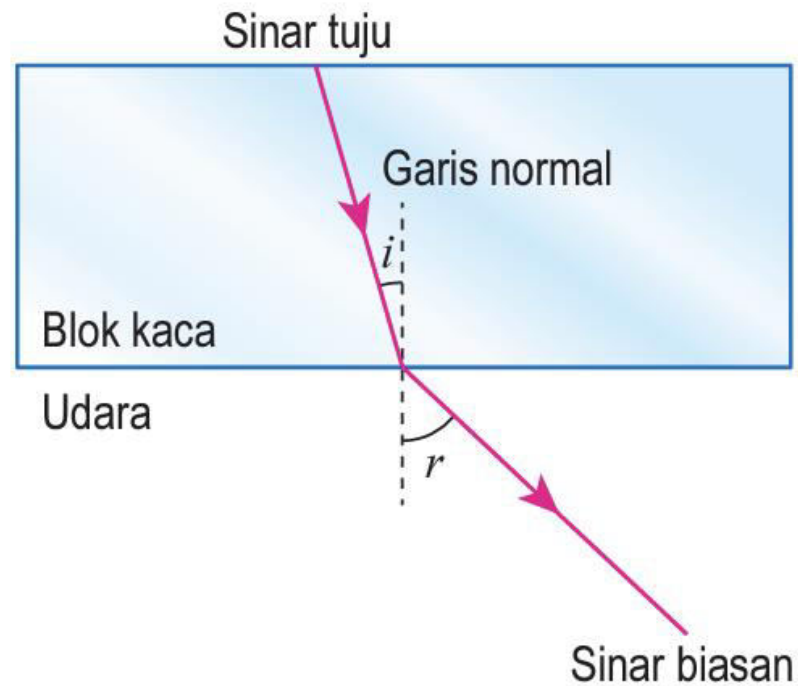
- **Ketumpatan optik tidak sama dengan ketumpatan Bestari yang didefinisikan sebagai jisim per unit isi padu.**
- **Misalnya, ketumpatan minyak lebih rendah daripada air menyebabkan minyak terapung di atas permukaan air, tetapi ketumpatan optik minyak pula lebih tinggi daripada ketumpatan optik air.**





*Rajah 6.3 Pembiasan cahaya dari udara ke blok kaca ( $i > r$ )*

- **sinar cahaya membengkok ke arah garis normal apabila cahaya merambat dari medium yang berketumpatan optik rendah (udara) ke medium yang berketumpatan optik tinggi (blok kaca).**
- **Hal ini kerana halaju cahaya berkurang ketika cahaya merambat dari medium yang kurang tumpat ke medium yang lebih tumpat**
- **Oleh itu, sudut biasan,  $r$  adalah lebih kecil daripada sudut tuju,  $i$**



*Rajah 6.4 Pembiasan cahaya dari blok kaca ke udara ( $i < r$ )*

- **sinar cahaya membengkok menjauhi garis normal apabila cahaya merambat dari medium yang berketumpatan optik tinggi (blok kaca) ke medium yang berketumpatan optik rendah (udara).**
- **Hal ini kerana halaju cahaya bertambah ketika cahaya merambat dari medium yang lebih tumpat ke medium yang kurang tumpat.**
- **Oleh itu, sudut biasan,  $r$  adalah lebih besar daripada sudut tuju,  $i$ .**

**Indeks biasan,  $n = \frac{\text{laju cahaya dalam vakum}}{\text{laju cahaya dalam medium}} = \frac{c}{v}$**

iaitu  $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

## Indeks Biasan

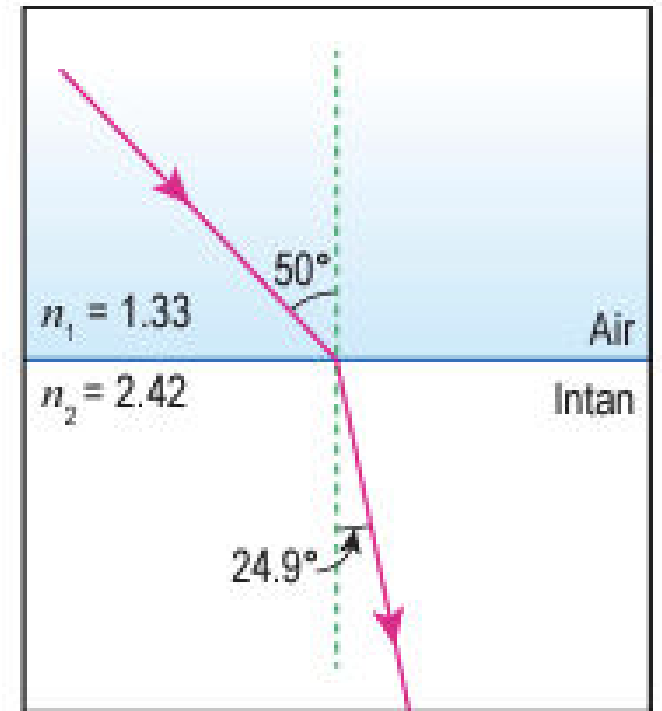
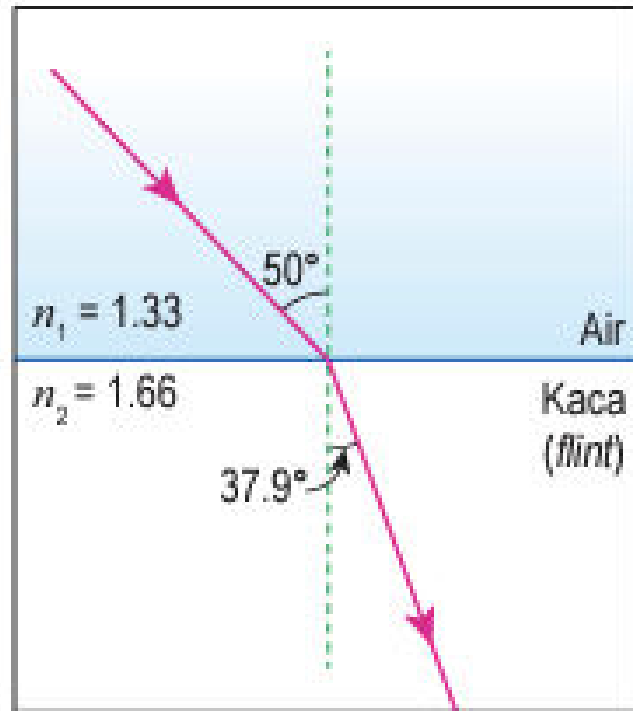
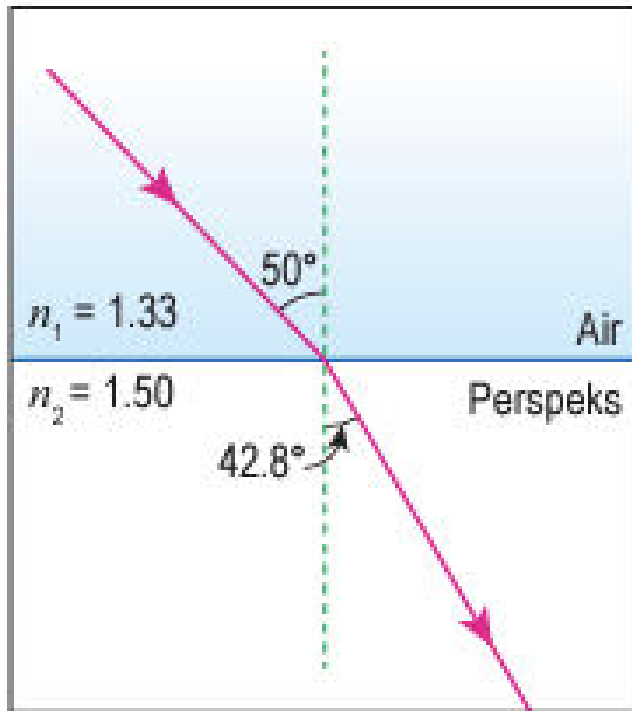
- **Indeks biasan,  $n$  menentukan darjah pembengkokan alur cahaya apabila cahaya merambat dari vakum ke suatu medium.**
- **Oleh itu, kita dapat mendefinisikan indeks biasan sebagai nisbah laju cahaya di dalam vakum kepada laju cahaya di dalam medium.**

# Hukum Snell

*Jadual 6.1 Indeks biasan bagi beberapa medium*

Medium	Indeks biasan
Vakum dan udara	1.00
Minyak zaitun	1.46
Perspeks	1.50
Kaca ( <i>crown</i> )	1.52
Kaca ( <i>flint</i> )	1.66
Intan	2.42





**Rajah 6.5** Perambatan sinar cahaya dari air ke dalam tiga medium yang berlainan

Berdasarkan Rajah 6.5, nilai  $n_1 \sin \theta_1$  adalah sama dengan  $n_2 \sin \theta_2$  bagi tiga keadaan itu. Menurut hukum pembiasan cahaya, apabila cahaya merambat antara dua medium:

- Sinar tuju, sinar biasan dan garis normal bertemu pada satu titik dan berada dalam satah yang sama.

- Hukum Snell:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2, \text{ iaitu}$$

$$\text{maka, } \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$n_1$  ialah indeks biasan medium 1

$n_2$  ialah indeks biasan medium 2

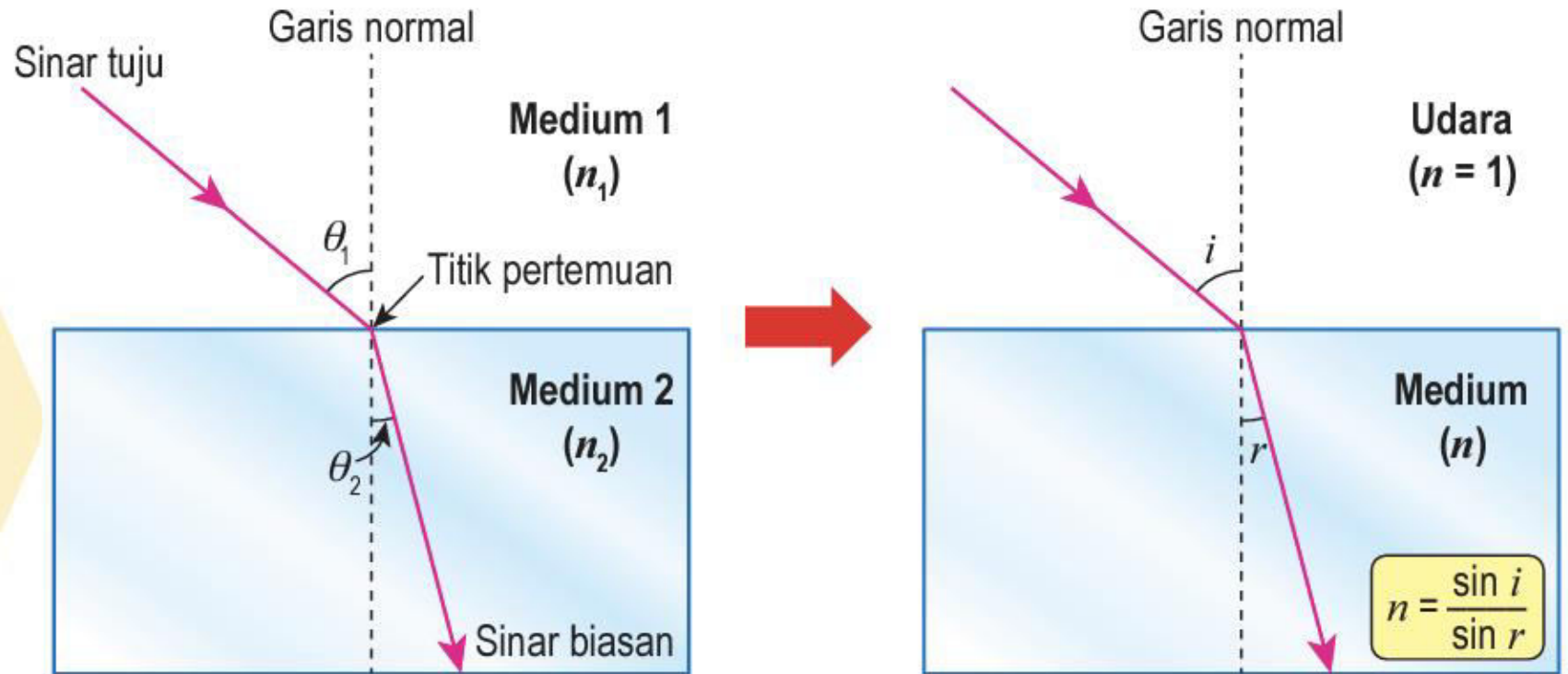
$\theta_1$  ialah sudut tuju dalam medium 1

$\theta_2$  ialah sudut biasan dalam medium 2

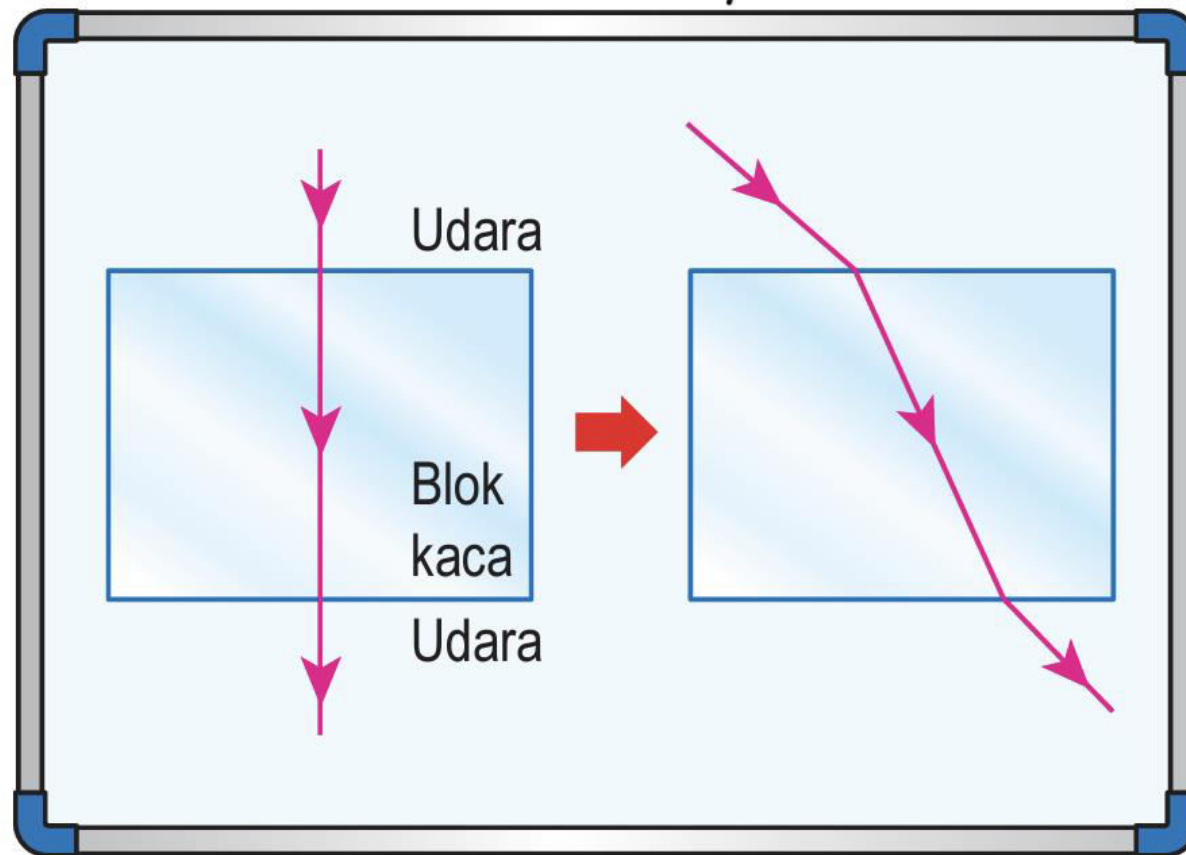
Apabila medium 1 ialah udara ( $n_1 = 1$ ) dan medium 2,  $n_2 = n$

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

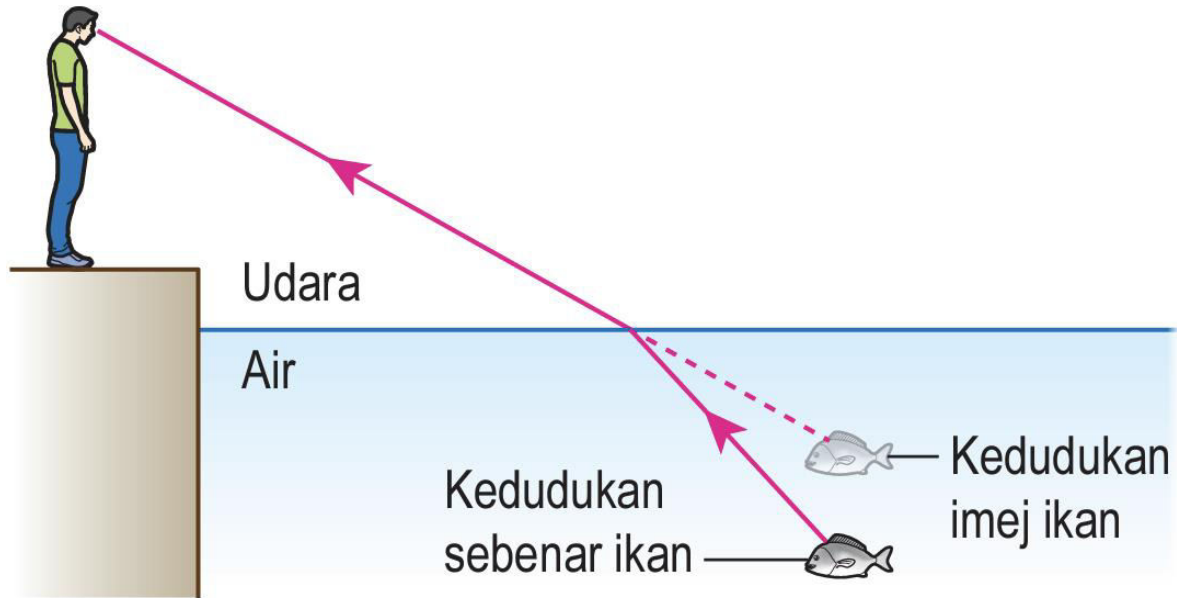
$i$  ialah sudut tuju dalam udara,  
 $r$  ialah sudut biasan dalam medium 2



*Rajah 6.6 Hukum pembiasan cahaya*



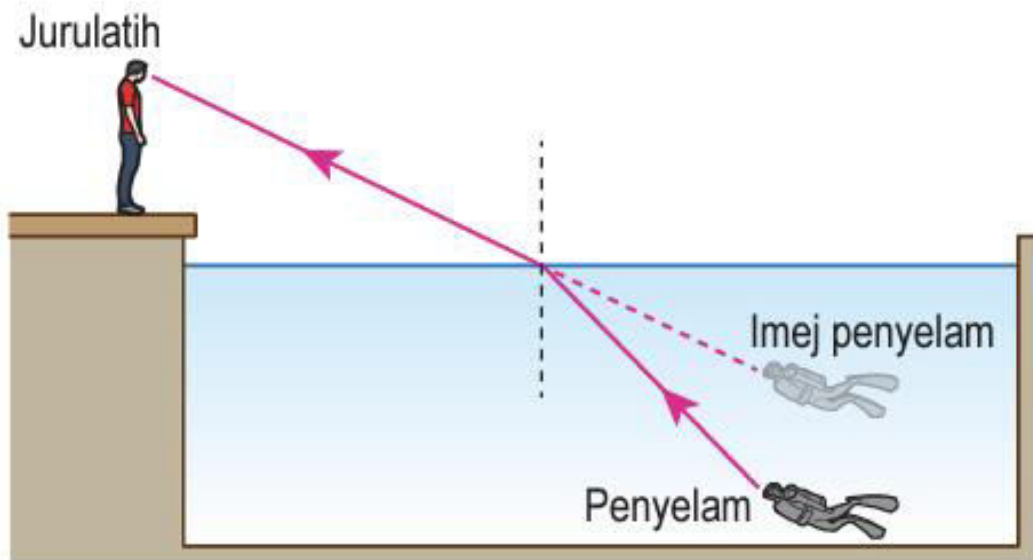
*Rajah 6.7 Pembengkokan sinar cahaya*



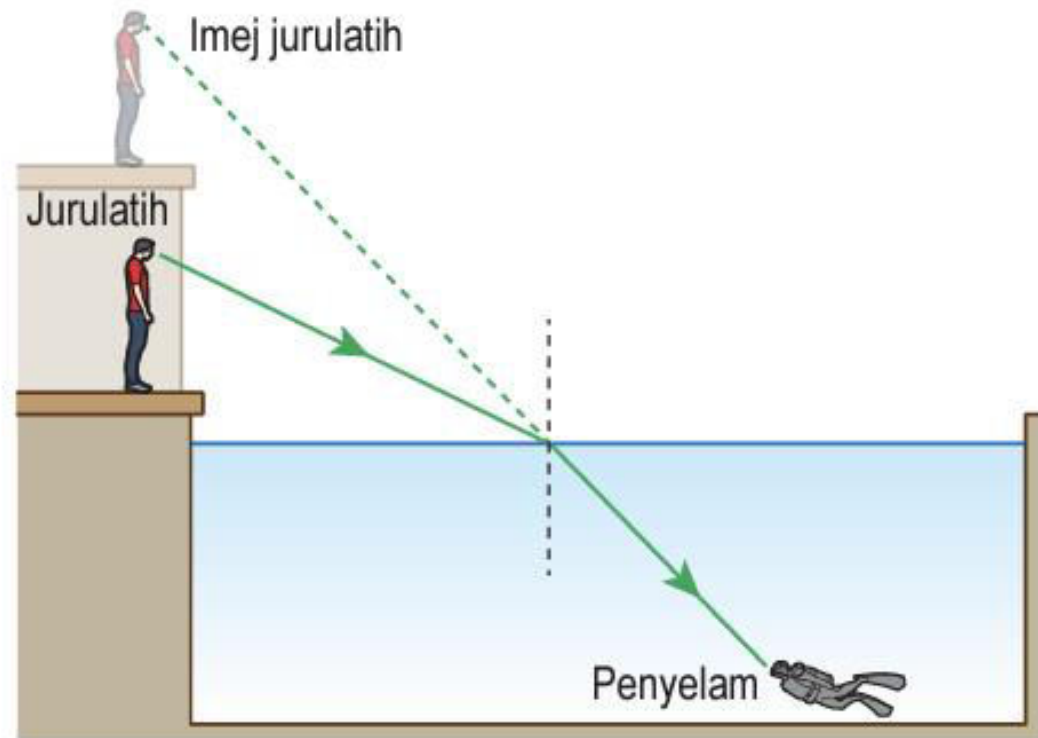
*Rajah 6.9 Kesan pembiasan cahaya*

Dalam Nyata dan Dalam Ketara

- **Situasi ini terjadi disebabkan oleh pembiasan cahaya**
- **Apabila sinar cahaya dari ikan merambat dari air ke udara, cahaya dibiaskan menjauhi garis normal**
- **Kesan pembiasan cahaya ini menyebabkan pemerhati melihat kedudukan imej ikan lebih dekat dengan permukaan air.**



**Rajah 6.11** Kedudukan imej penyelam dari sudut pandangan jurulatih



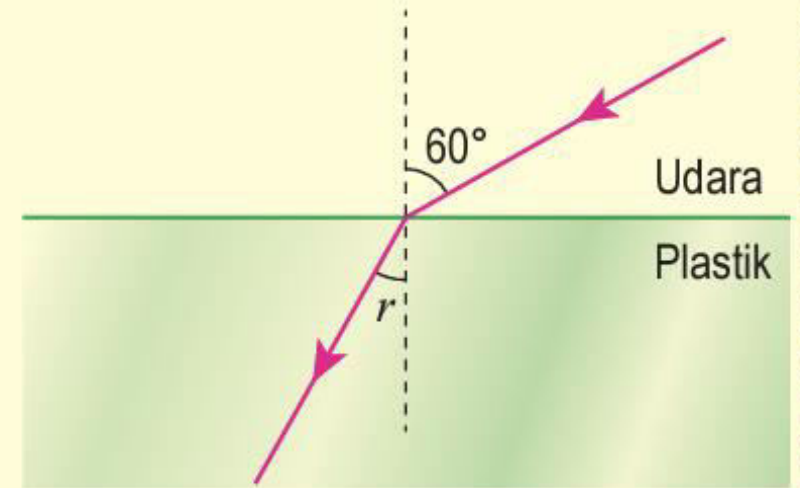
**Rajah 6.12** Kedudukan imej jurulatih dari sudut pandangan penyelam

### Contoh 1

Rajah 6.14 menunjukkan satu sinar cahaya merambat dari udara ke dalam bahan plastik pada sudut  $60^\circ$ . Indeks biasan plastik ialah 1.49.

Hitungkan:

- (a) sudut biasan,  $r$ .
- (b) kelajuan cahaya dalam plastik.



**Rajah 6.14**

## Penyelesaian:

$$(a) \quad n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\begin{aligned}\sin r &= \frac{\sin i}{n} \\ &= \frac{\sin 60^\circ}{1.49}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}r &= \sin^{-1} \left( \frac{\sin 60^\circ}{1.49} \right) \\ &= 35.54^\circ\end{aligned}$$

$$(b) \quad n = \frac{c}{v}$$

$$v = \frac{c}{n}$$

$$= \frac{3.0 \times 10^8}{1.49}$$

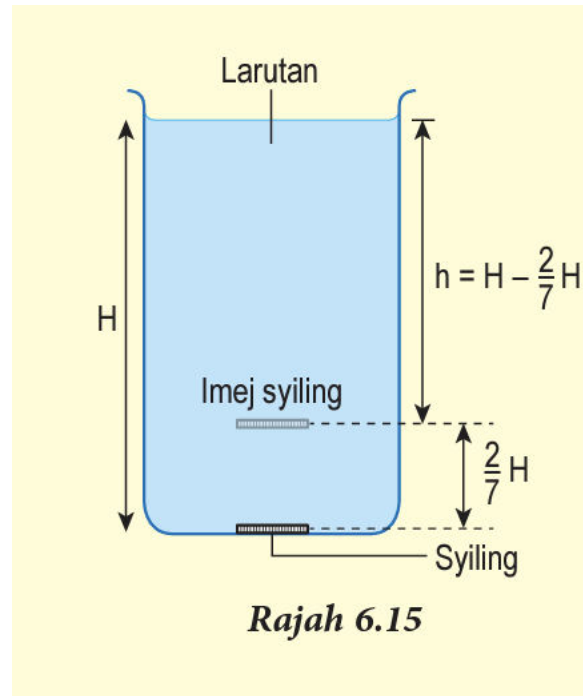
$$= 2.01 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$



## Contoh 2

Apabila sekeping syiling diperhatikan di dalam sebuah bikar yang mengandungi suatu larutan, imej syiling kelihatan pada satu ketinggian yang sama dengan  $\frac{2}{7}$  kedalaman larutan itu.

Berapakah indeks biasan larutan itu?

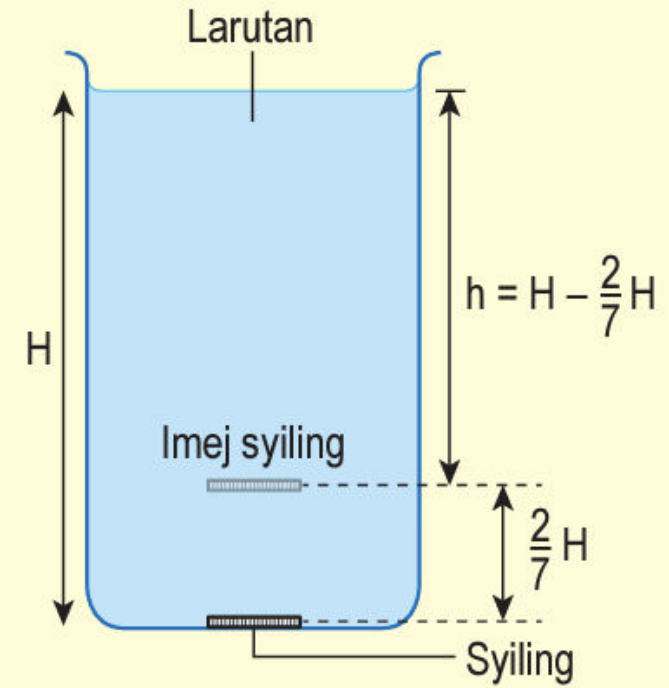


### Penyelesaian:

Berdasarkan Rajah 6.15,

$$\begin{aligned}\text{Dalam ketara, } h &= H - \frac{2}{7} H \\ &= \frac{5}{7} H\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Indeks biasan larutan, } n &= \frac{H}{h} \\ &= \frac{H}{\frac{5}{7} H} \\ &= \frac{7}{5} \\ &= 1.4\end{aligned}$$



**Rajah 6.15**



## 6.2 Pantulan Dalam Penuh

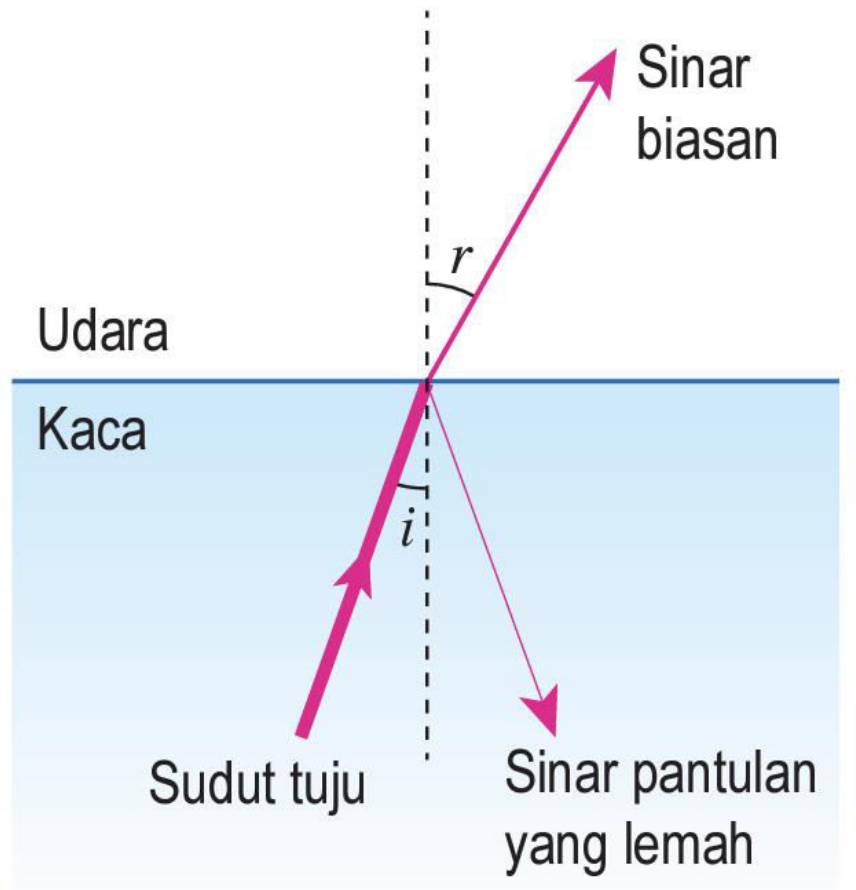
## Pantulan Dalam Penuh

**Fenomena ini dikenali sebagai pantulan dalam penuh cahaya.**

**Pantulan dalam penuh hanya berlaku apabila cahaya merambat dari medium berketumpatan optik tinggi ke medium berketumpatan optik rendah.**

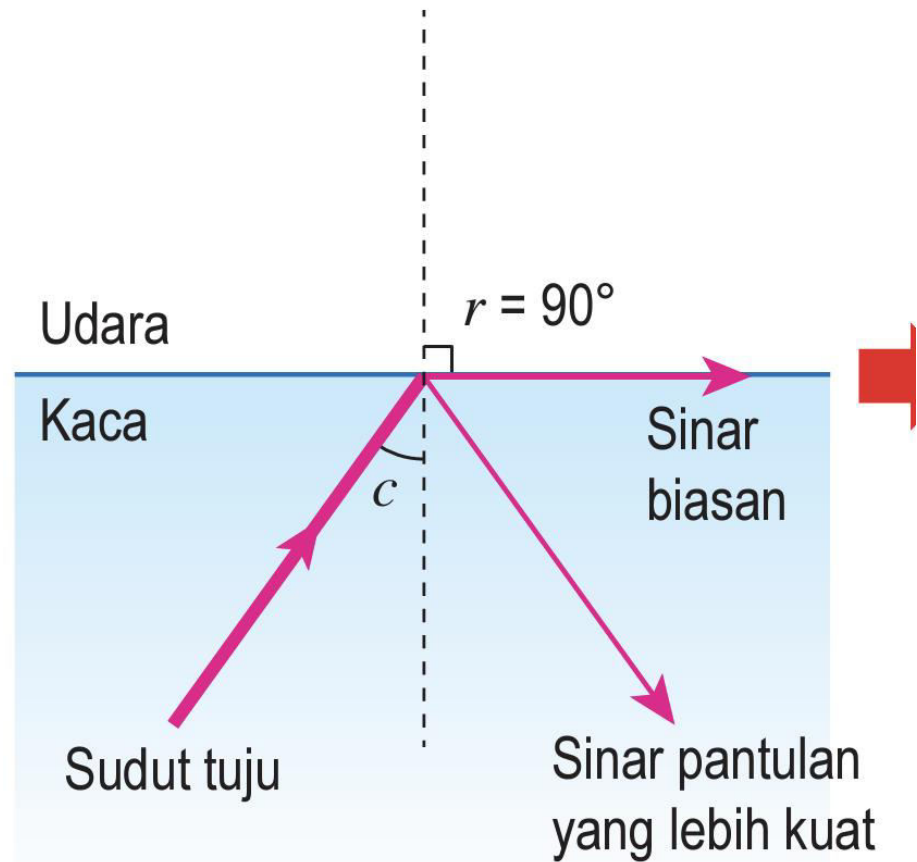


*Gambar foto 6.1 Fenomena pantulan dalam penuh*



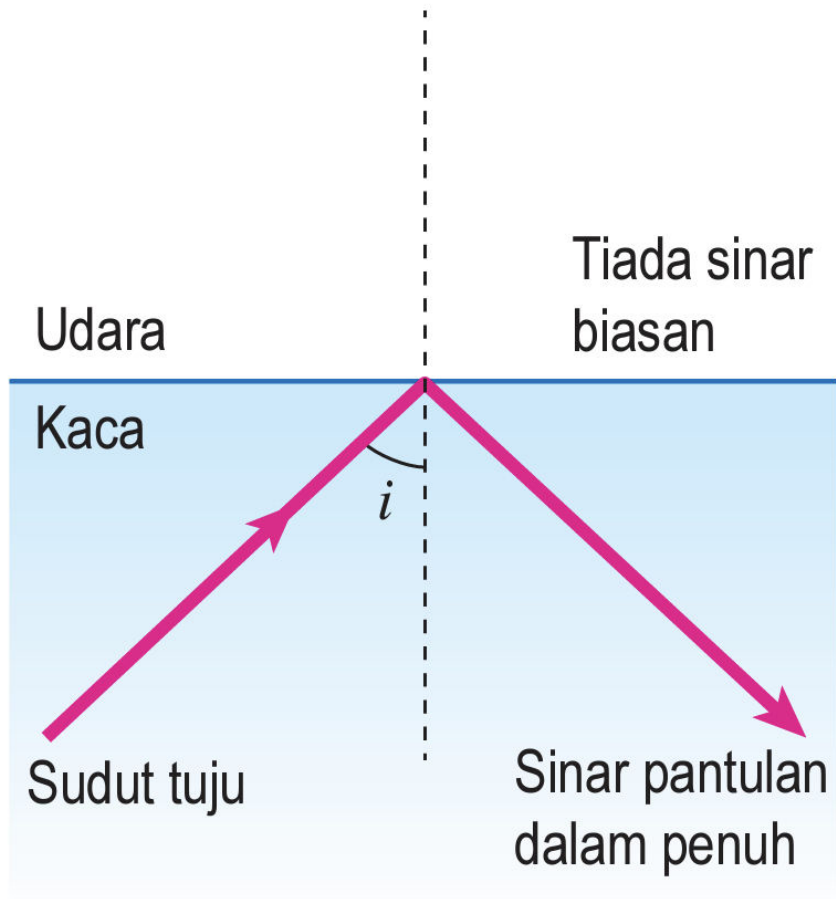
(a) Sudut tuju,  $i < c$

- **Apabila sudut tuju kurang daripada sudut genting, sinar dibias menjauhi garis normal.**
- **Sinar pantulan yang lemah juga dapat dikesan.**



(b) Sudut tuju,  $i = c$

- **Apabila sudut tuju sama dengan sudut genting, sinar biasan merambat sepanjang sempadan permukaan kaca dan udara.**
- **Sinar pantulan kelihatan lebih terang.**



(c) Sudut tuju,  $i > c$

- **Apabila sudut tuju melebihi sudut genting, tiada sinar biasan.**
- **Cahaya dipantulkan sepenuhnya ke dalam kaca.**

## Sudut genting

- **Fenomena pantulan dalam penuh berlaku apabila cahaya merambat dari medium yang berketumpatan optik tinggi ke medium yang berketumpatan optik rendah, dengan sudut tuju lebih besar daripada sudut genting.**
- **Sudut genting,  $c$  ialah sudut tuju dalam medium yang berketumpatan optik tinggi apabila sudut biasan dalam medium yang berketumpatan optik rendah sama dengan  $90^\circ$ .**



Secara umum, hubungan antara sudut genting,  $c$  dengan indeks biasan,  $n$  bagi suatu medium yang berada dalam udara ialah  $n = \frac{1}{\sin c}$ . Jika indeks biasan intan ialah 2.42, maka sudut genting intan bagi sempadan intan dan udara boleh dikira seperti berikut:

$$\begin{aligned}\sin c &= \frac{1}{2.42} \\ &= 0.4132 \\ c &= \sin^{-1}(0.4132) \\ &= 24.4^\circ\end{aligned}$$

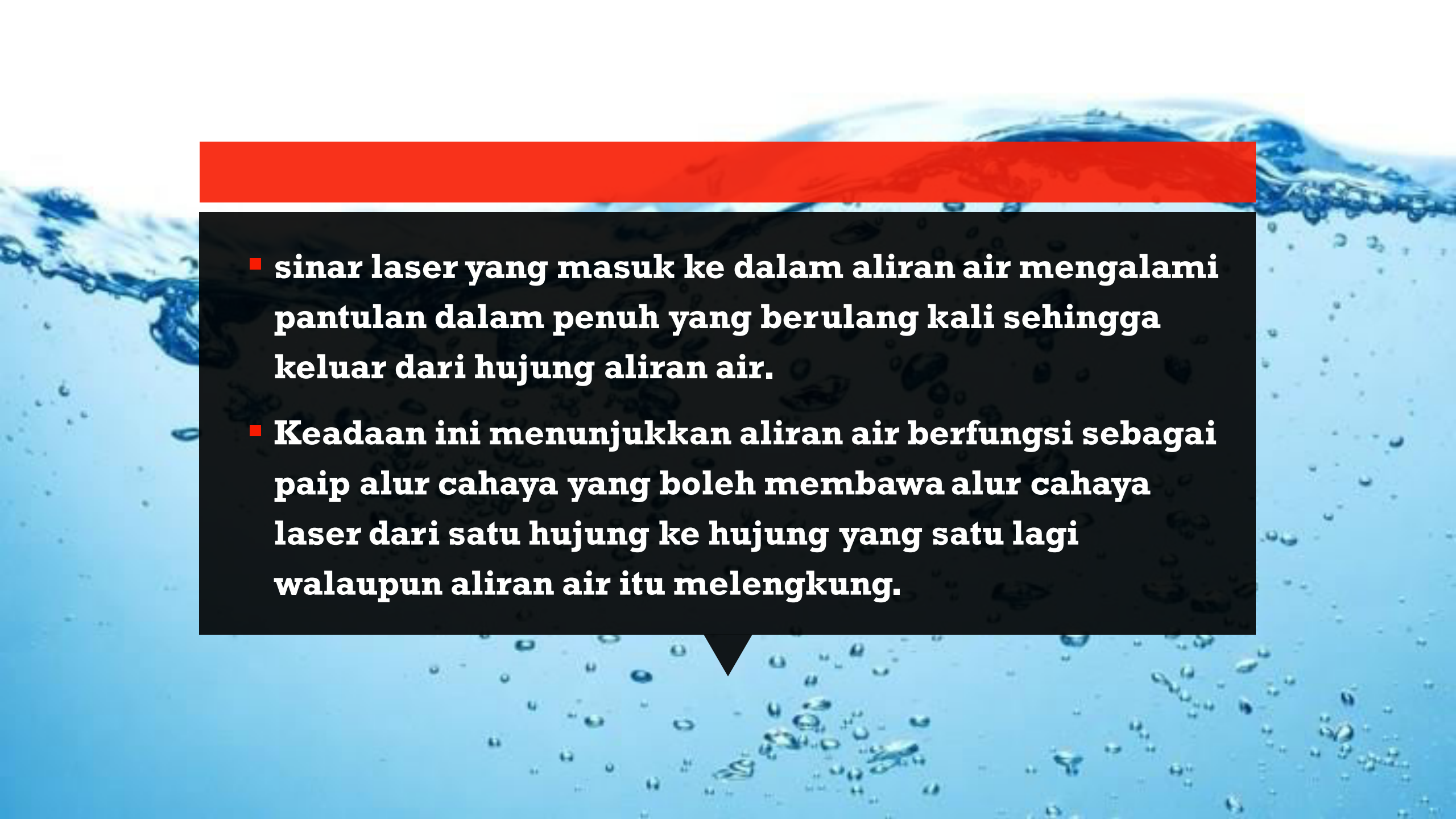
Sudut genting bagi intan,  $c$  ialah  $24.4^\circ$ .

- **Sudut genting suatu medium bergantung pada ketumpatan optik medium itu.**
- **Semakin tinggi indeks biasan medium, semakin kecil sudut genting medium tersebut.**



Fenomena Semula Jadi dan Aplikasi Pantulan Dalam Penuh dalam Kehidupan Harian

- **Keindahan lampu-lampu hiasan yang ialah hasil daripada aplikasi pantulan dalam penuh**

- 
- **sinar laser yang masuk ke dalam aliran air mengalami pantulan dalam penuh yang berulang kali sehingga keluar dari hujung aliran air.**
  - **Keadaan ini menunjukkan aliran air berfungsi sebagai paip alur cahaya yang boleh membawa alur cahaya laser dari satu hujung ke hujung yang satu lagi walaupun aliran air itu melengkung.**



- **Jika aliran air digantikan dengan aliran minyak, alur cahaya akan mengalami lebih banyak kali pantulan dalam penuh semasa merambat melalui aliran minyak itu**
- **Hal ini kerana indeks biasan minyak lebih besar daripada indeks biasan air**
- **Sudut genting minyak lebih kecil daripada sudut genting air.**



Fenomena Semula Jadi Pantulan  
Dalam Penuh dalam Kehidupan  
Harian

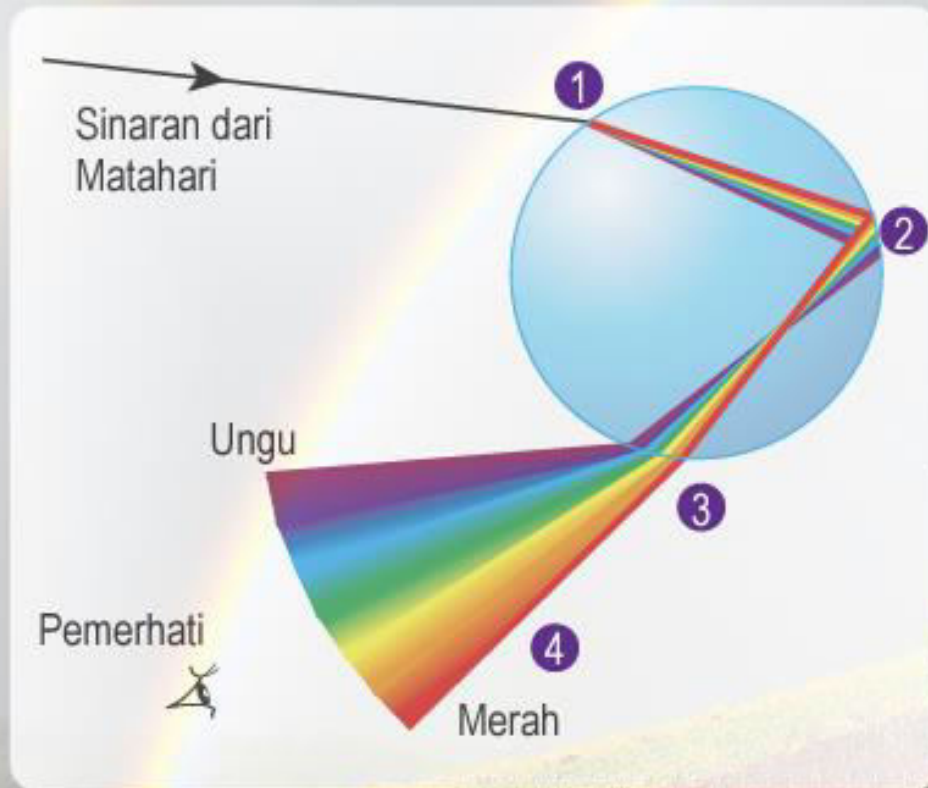
- **Pembentukan pelangi**
- **Logamaya**



## Pembentukan pelangi

- **Pembentukan pelangi ialah satu fenomena yang disebabkan oleh pembiasan, penyebaran dan pantulan dalam penera apabila cahaya melalui titisan air dalam udara.**

proses pembentukan pelangi.



**1** Apabila cahaya putih daripada matahari memasuki titisan air, cahaya itu mengalami pembiasan dan penyebaran kepada warna-warna yang berbeza.

**2** Semua warna yang berbeza itu mengalami pantulan dalam penuh pada permukaan dalam titisan air.

**3** Sinar cahaya yang dipantulkan mengalami pembiasan dan penyebaran sekali lagi apabila bergerak dari air ke udara.

**4** Warna pelangi dilihat oleh pemerhati.

*Rajah 6.22 Proses pembentukan pelangi*



## Logamaya

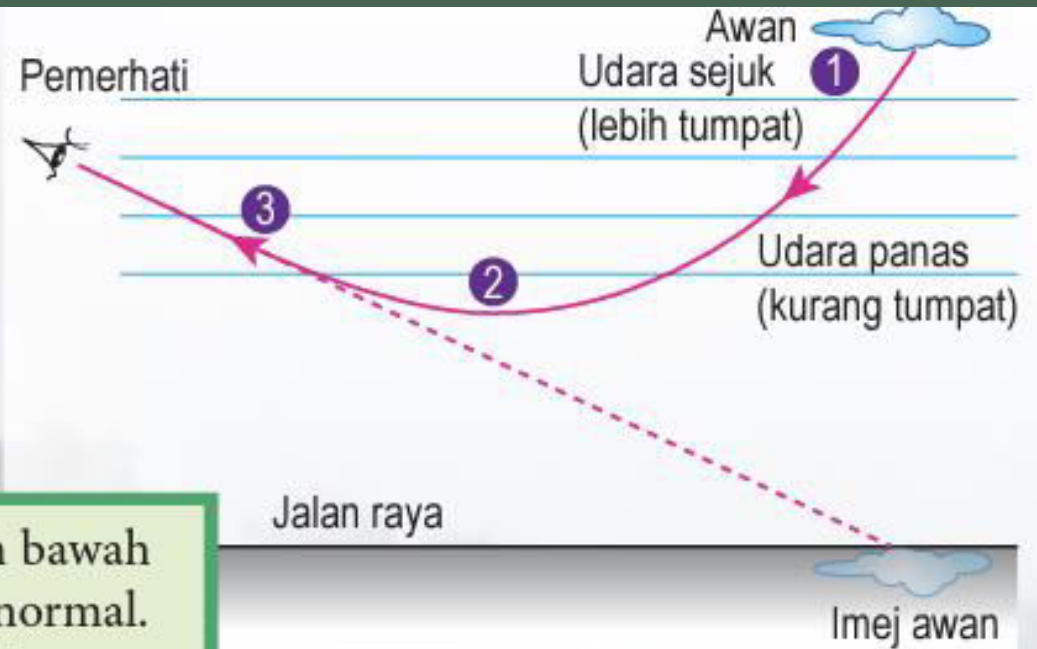
- **Pada hari yang panas dan cerah, seorang pemandu kereta melihat imej lopak air yang samar di permukaan jalan raya di hadapannya.**
- **Apabila beliau menghampiri lopak air tersebut, beliau mendapati lopak air itu sebenarnya tidak wujud**
- **Fenomena semula jadi ini dikenali sebagai logamaya yang disebabkan oleh pembiasan dan pantulan dalam penuh cahaya**



**1** Udara di atas jalan raya terdiri daripada lapisan-lapisan dengan ketumpatan optik yang berlainan. Lapisan udara di permukaan jalan raya lebih panas daripada lapisan udara di atas. Lapisan udara panas mempunyai ketumpatan optik yang lebih kecil daripada udara sejuk.

**2** Cahaya yang merambat dari lapisan atas ke lapisan bawah akan dibiaskan secara beransur-ansur menjauhi garis normal. Apabila sudut tuju lebih besar daripada sudut genting udara, pantulan dalam penuh akan berlaku.

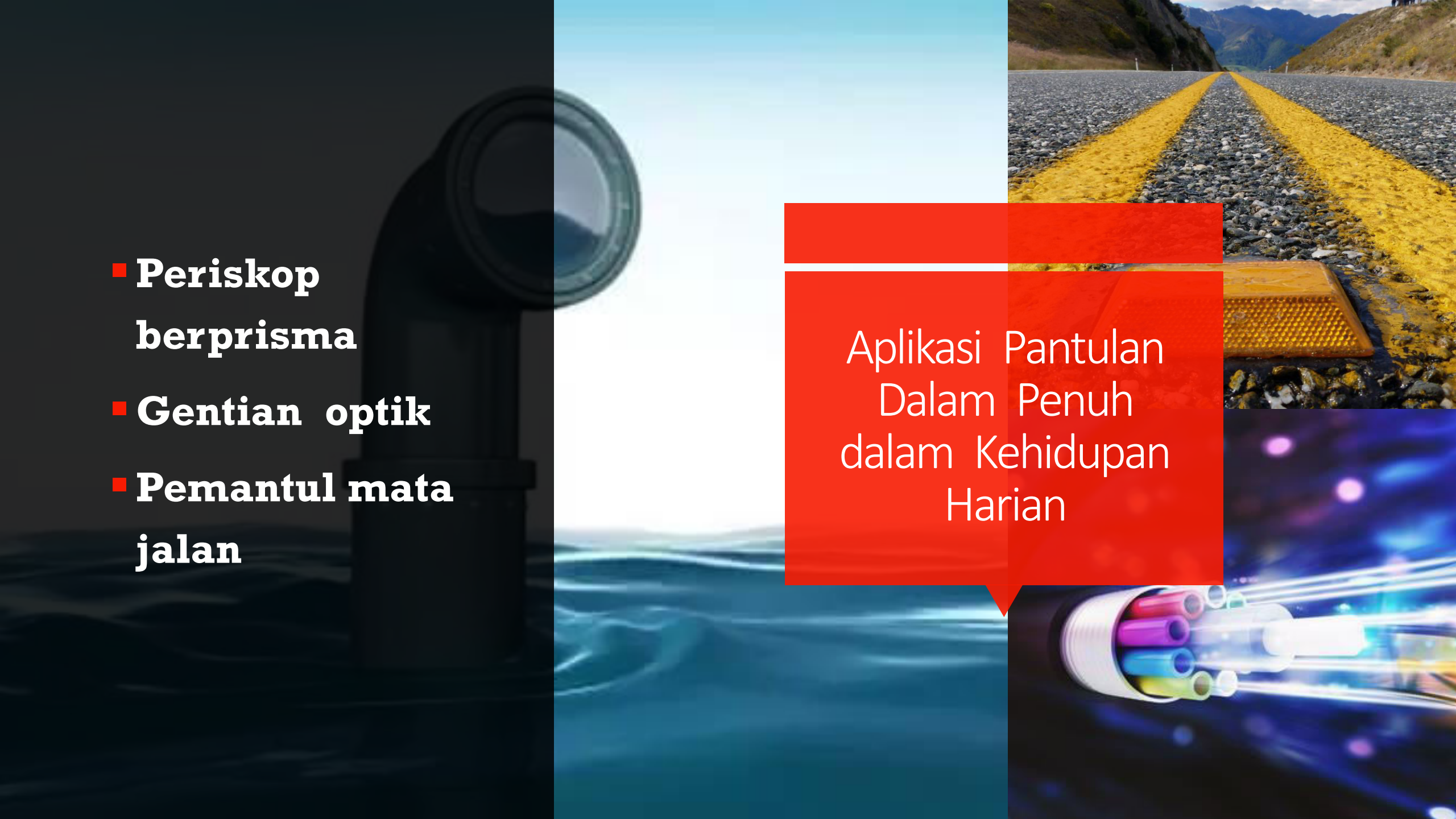
**3** Sinar pantulan cahaya mengalami pembiasan secara beransur-ansur mendekati garis normal dan sampai ke mata pemerhati. Pemerhati akan melihat imej awan sebagai lopak air di permukaan jalan raya.



*Rajah 6.23 Proses pembentukan logamaya*

- **Periskop berprisma**
- **Gentian optik**
- **Pemantul mata jalan**

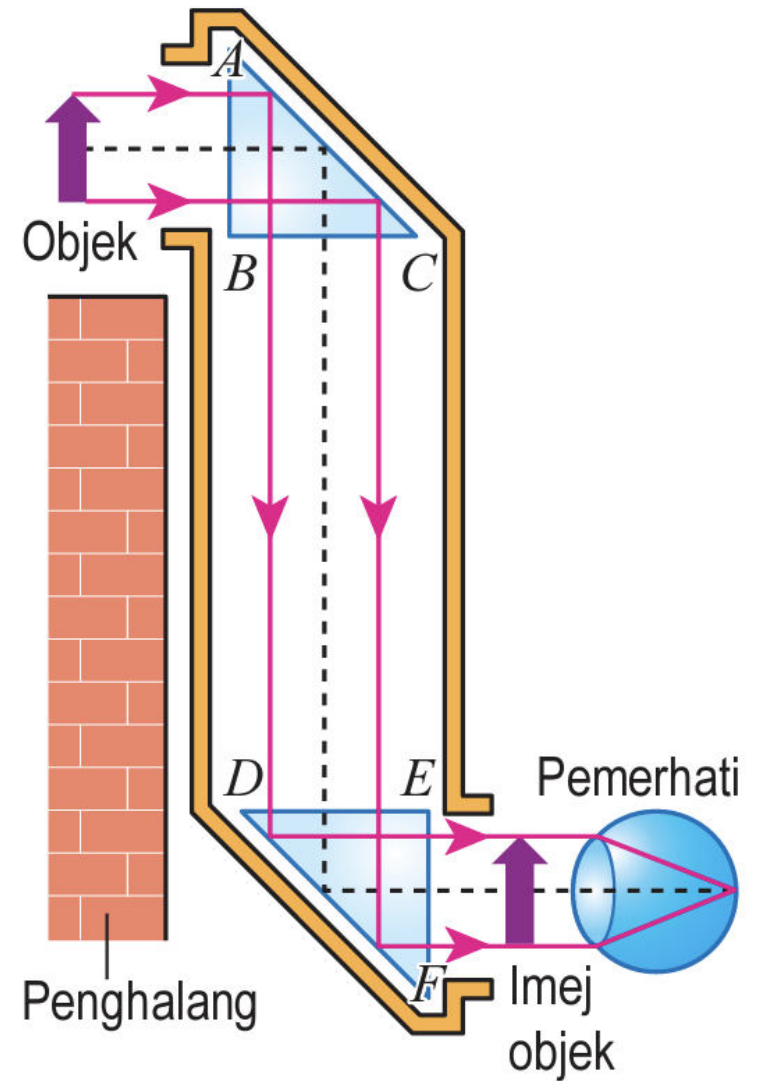
Aplikasi Pantulan  
Dalam Penuh  
dalam Kehidupan  
Harian



## Periskop berprisma

**Digunakan untuk melihat objek di sebalik penghalang.**

**Terdiri daripada dua buah prisma bersudut tegak yang dipasang pada dua hujung tiub yang panjang.**



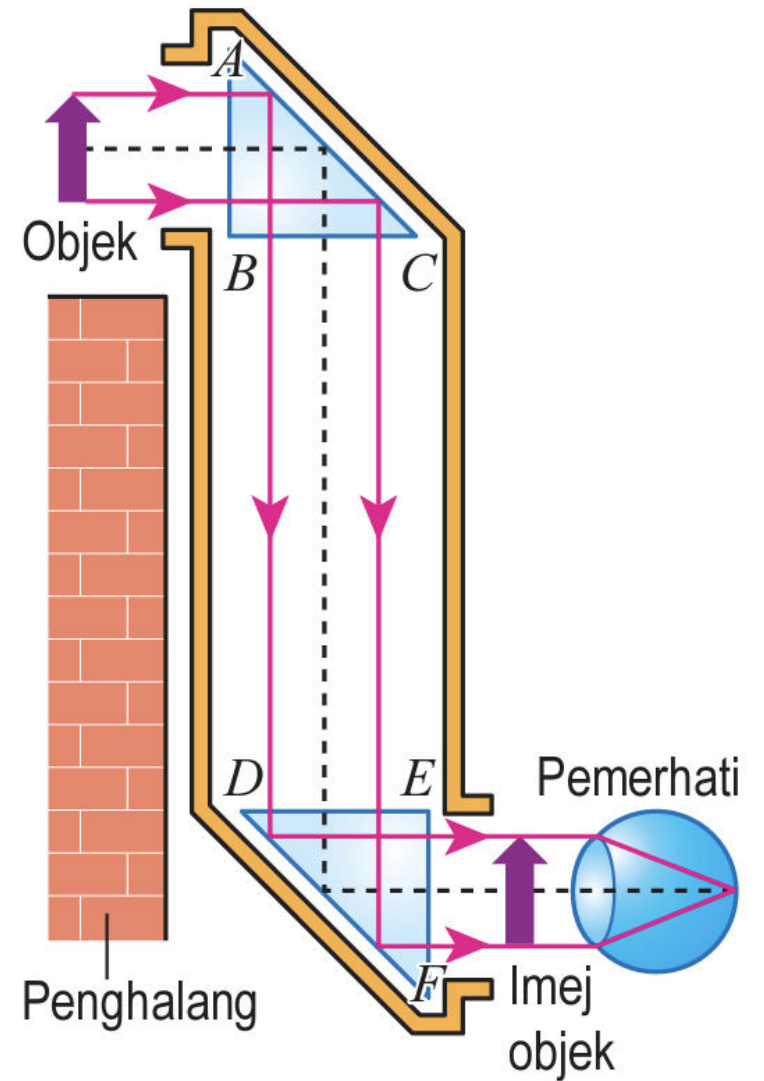
## Periskop berprisma

Sinar cahaya dari objek menuju secara normal ke sisi AB prisma atas melalui bukaan periskop.

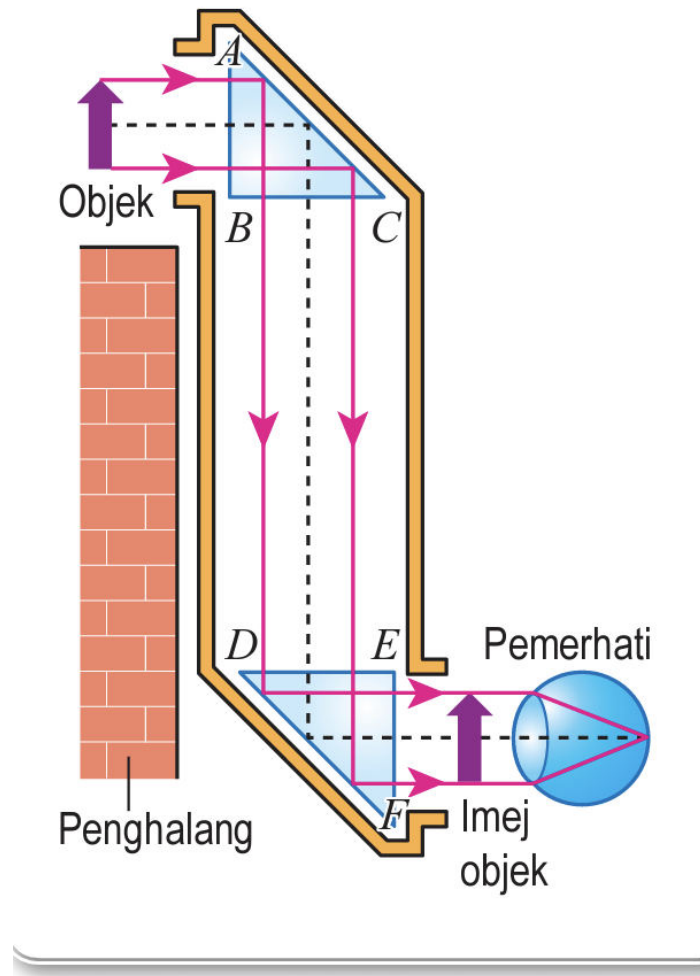
Sinar cahaya sampai ke permukaan AC tanpa pembiasan.

Sudut tuju ialah  $45^\circ$  dan lebih besar daripada sudut genting prisma, iaitu  $42^\circ$ .

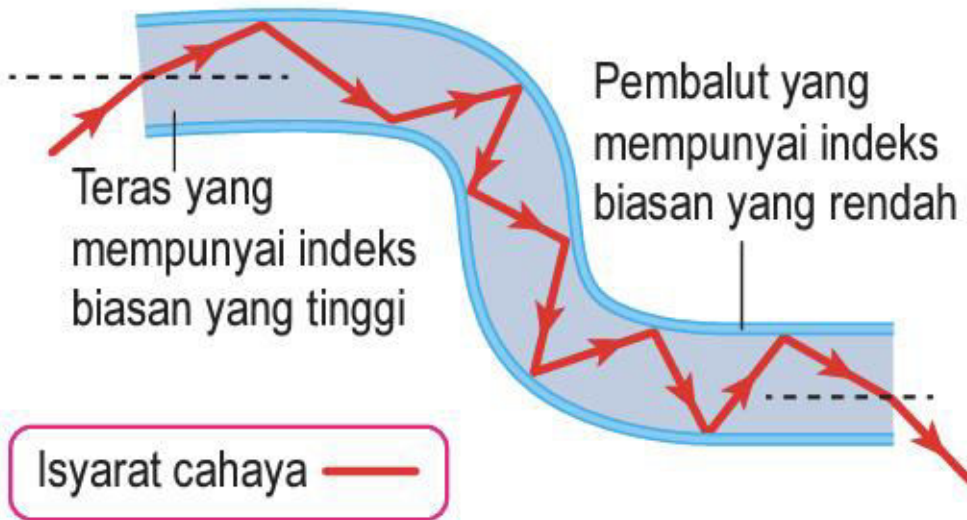
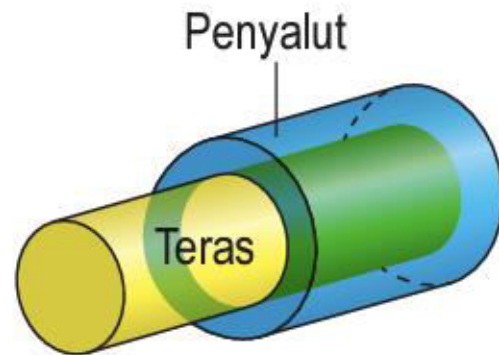
Maka, pantulan dalam penuh berlaku di sisi AC dan cahaya dipantulkan ke bawah.



## Periskop berprisma

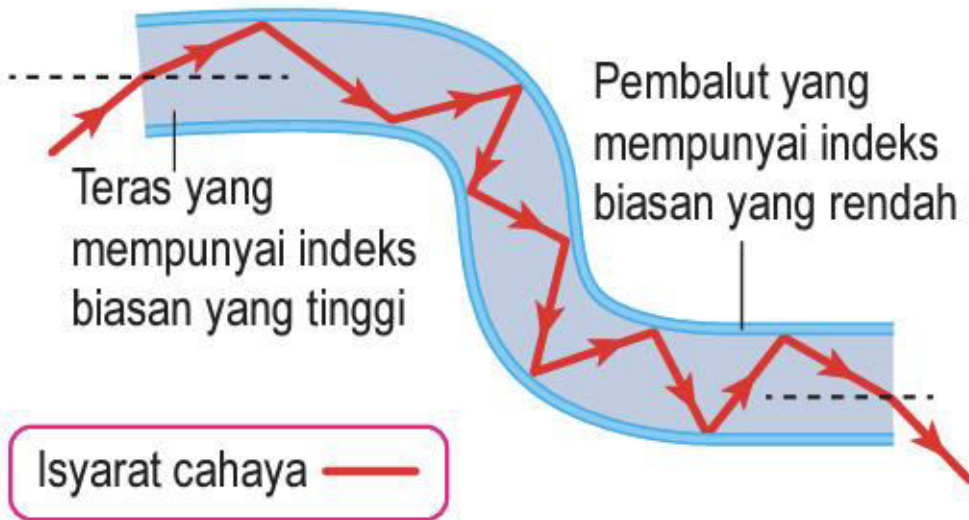
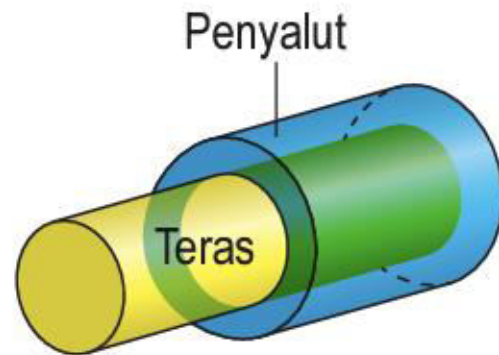


- **Sinar cahaya yang dipantulkan merambat secara normal ke sisi DE prisma bawah.**
- **Sekali lagi, sinar cahaya mengalami pantulan dalam penuh di sisi DF**
- **Akhirnya, sinar cahaya keluar tanpa pembiasan di sisi EF dan masuk ke mata pemerhati. Imej yang terhasil adalah tegak dan sama saiz dengan objek.**



## Gentian optik

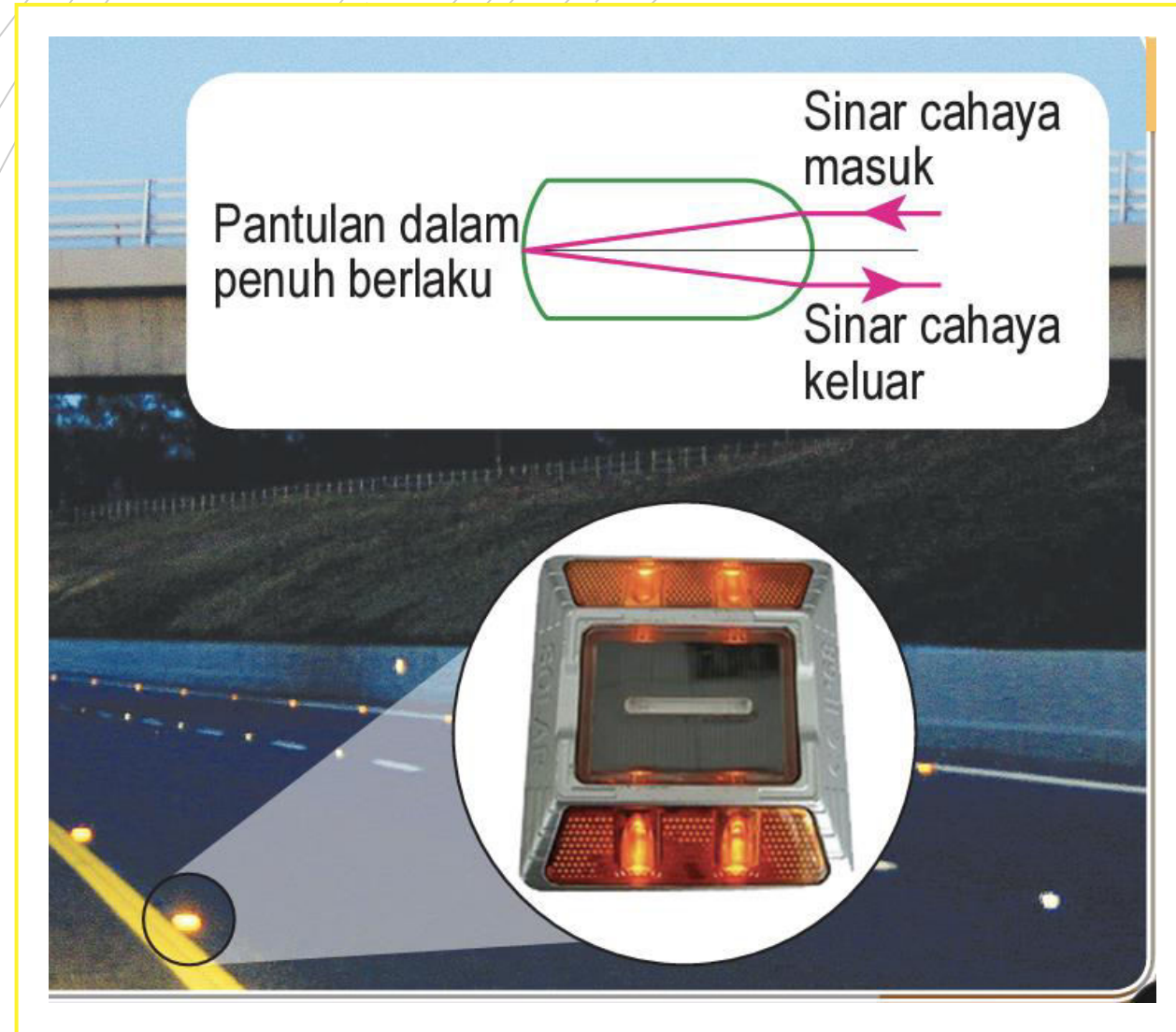
- **Banyak digunakan dalam bidang telekomunikasi dan perubatan.**
- **Terdiri daripada gentian plastik atau kaca yang tulen.**
- **Teras dalam yang mempunyai indeks biasan yang tinggi dibalut oleh penyalut dengan indeks biasan yang rendah.**



## Gentian optik

- **Isyarat cahaya yang memasuki satu hujung gentian optik akan mengalami pantulan dalam penuh berturut-turut di dalam teras sehingga sampai ke hujung yang satu lagi**
- **Dengan ini, maklumat dapat dihantar dengan pantas dan bebas daripada gangguan isyarat elektrik.**

## Pemantul mata jalan



- **Digunakan untuk tujuan keselamatan pengguna jalan raya pada waktu malam.**





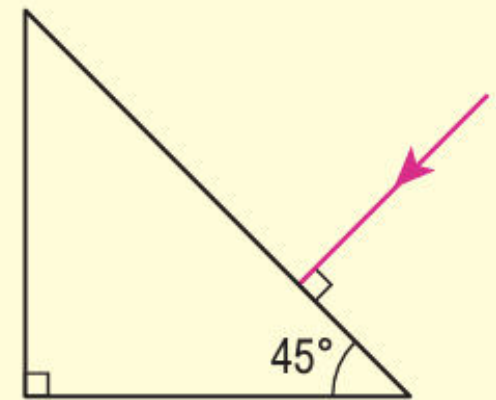
## Pemantul mata jalan

- **Sinar cahaya dari pada lampu kereta yang memasuki pemantul ini akan mengalami pantulan dalam penuh pada permukaan belakang pemantul.**

### Contoh 1

Rajah 6.25 menunjukkan satu sinar cahaya merambat dari udara ke prisma yang mempunyai indeks biasan 1.49.

- Hitungkan sudut genting prisma.
- Lengkapkan lintasan sinar cahaya sehingga cahaya keluar ke udara sekali lagi.



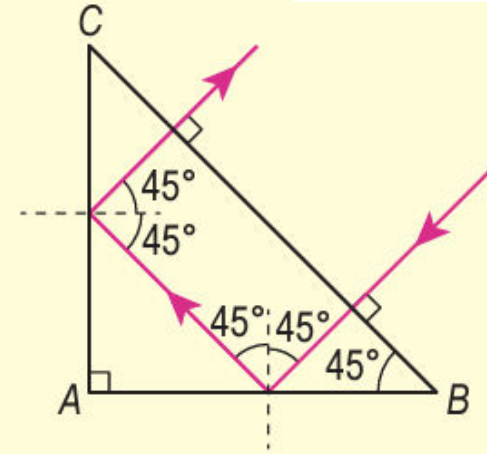
Rajah 6.25

### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad \sin c &= \frac{1}{n} \\ &= \frac{1}{1.49} \\ c &= \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.49}\right) \\ &= 42.2^\circ \end{aligned}$$

Sudut genting prisma,  $c$  ialah  $42.2^\circ$ .

(b)



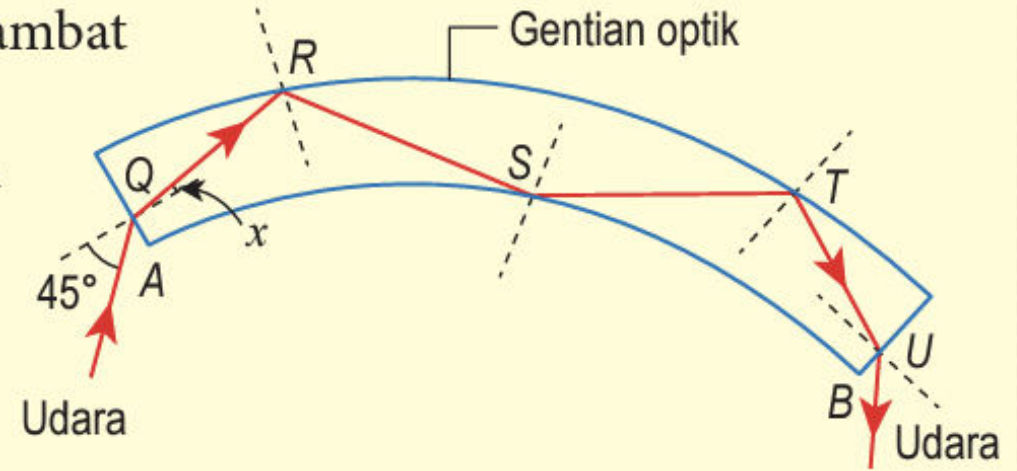
**Rajah 6.26**

Rajah 6.26, sudut tuju ( $i = 45^\circ$ ) lebih besar daripada sudut genting ( $c = 42.2^\circ$ ) di sempadan  $AB$  dan  $AC$ . Pantulan dalam penuh berlaku dan sinar cahaya keluar dari sempadan  $BC$  secara normal.

## Contoh 2

Rajah 6.27 menunjukkan lintasan sinar cahaya merambat melalui gentian optik dari hujung  $A$  ke hujung  $B$ .

- Terangkan perubahan arah sinar cahaya di titik  $Q$ ,  $R$ ,  $S$ ,  $T$  dan  $U$ .
- Jika indeks biasan gentian optik ialah 1.51, tentukan nilai sudut  $x$ .
- Mengapakah bahan gentian optik mesti memiliki ketulenan yang tinggi?



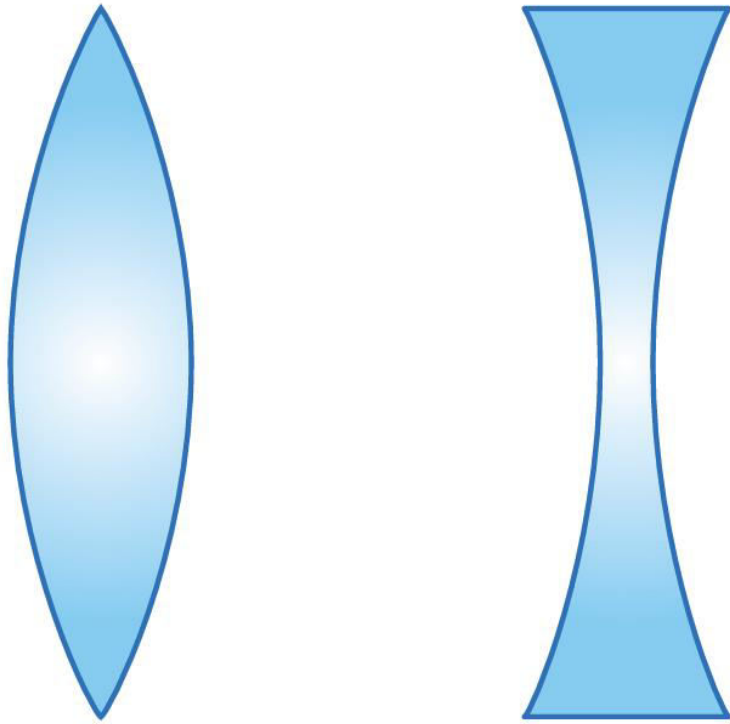
**Rajah 6.27**

### Penyelesaian:

- (a) Di titik Q, pembiasan cahaya mendekati garis normal. Di titik R, T dan U, pantulan dalam penuh berlaku. Di titik S, pembiasan cahaya menjauhi garis normal.
- (b)  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$   
 $1 \times \sin 45^\circ = 1.51 \sin x$   
 $\sin x = 1 \times \frac{\sin 45^\circ}{1.51}$   
 $= 0.468$   
 $x = \sin^{-1} (0.468)$   
 $= 27.9^\circ$
- (c) Ketulenan bahan gentian optik memastikan sudut genting sepanjang gentian adalah konsisten. Semua isyarat yang memasuki gentian akan mengalami pantulan dalam penuh.

## 6.3 Pembentukan Imej oleh Kanta





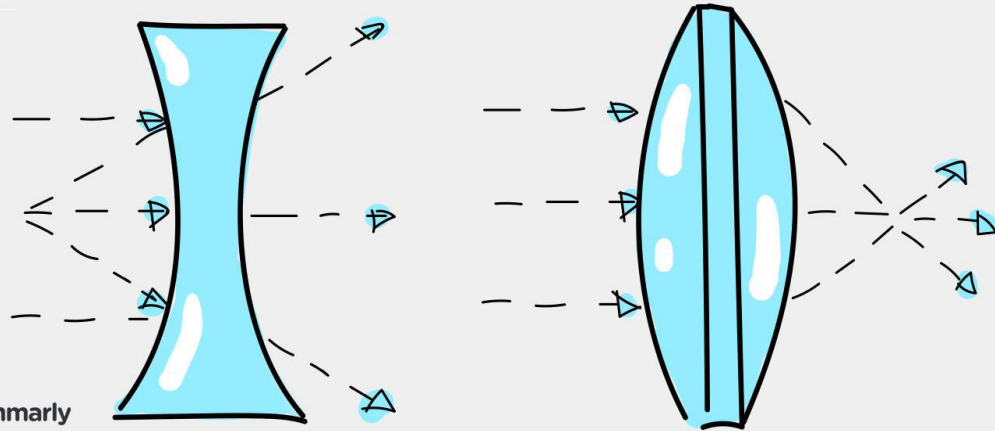
*(a) Kanta cembung (b) Kanta cekung*

***Rajah 6.30 Jenis-jenis kanta***

## Pembentukan Imej Oleh Kanta

- **Kanta merupakan sekeping bahan lut sinar seperti kaca, perspeks atau plastik dan mempunyai dua permukaan dengan sekurang-kurangnya satu permukaan melengkung.**
- **Terdapat dua jenis utama kanta, iaitu kanta cembung dan kanta cekung**

## CONCAVE VS. CONVEX



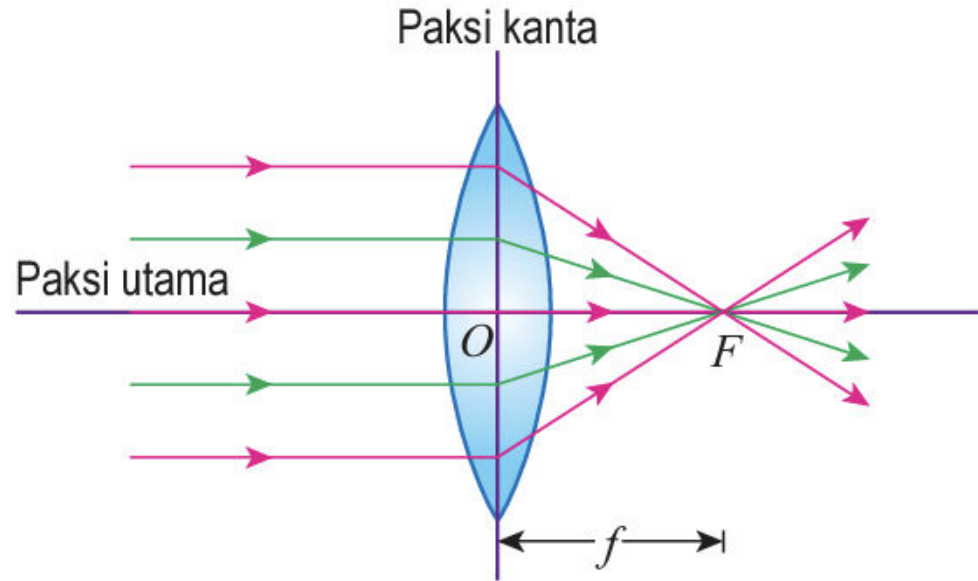
grammarly

- sinar cahaya selari yang melalui kanta cembung akan menumpu kepada satu titik fokus,  $F$ .
- Oleh itu, kanta cembung dikenali sebagai kanta penumpu
- Sebaliknya, sinar cahaya selari yang melalui kanta cekung kelihatan seolah-olah mencapah dari satu titik fokus,  $F$ .
- Oleh itu, kanta cekung dikenali sebagai kanta pencapah

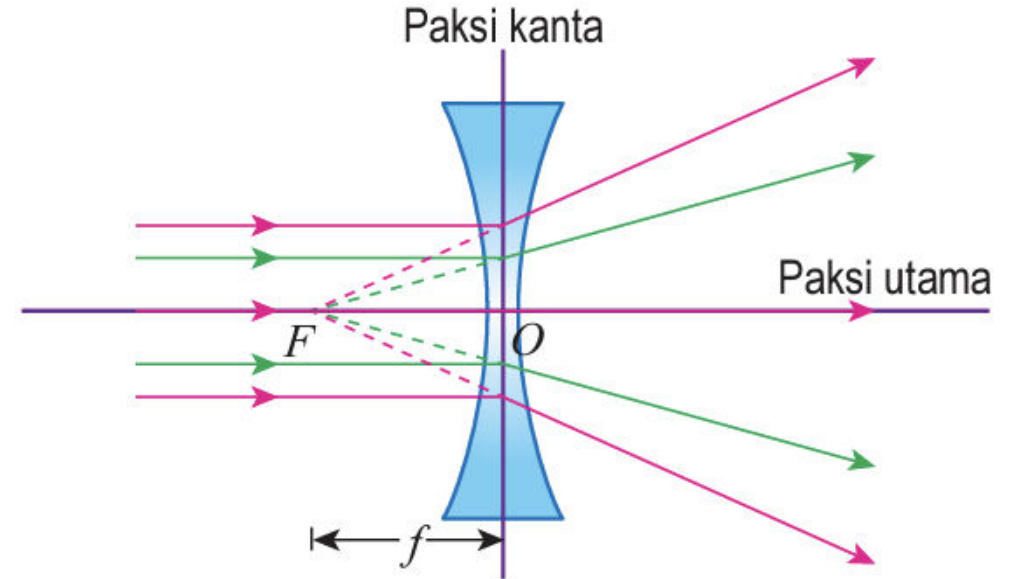


*Jadual 6.4 Perbezaan antara kanta cembung dengan kanta cekung*

**Kanta cembung**



**Kanta cekung**



Titik fokus kanta cembung adalah **nyata** kerana sinar cahaya yang dibiaskan menumpu pada titik itu. Oleh itu, panjang fokus,  $f$  dikatakan **positif**.

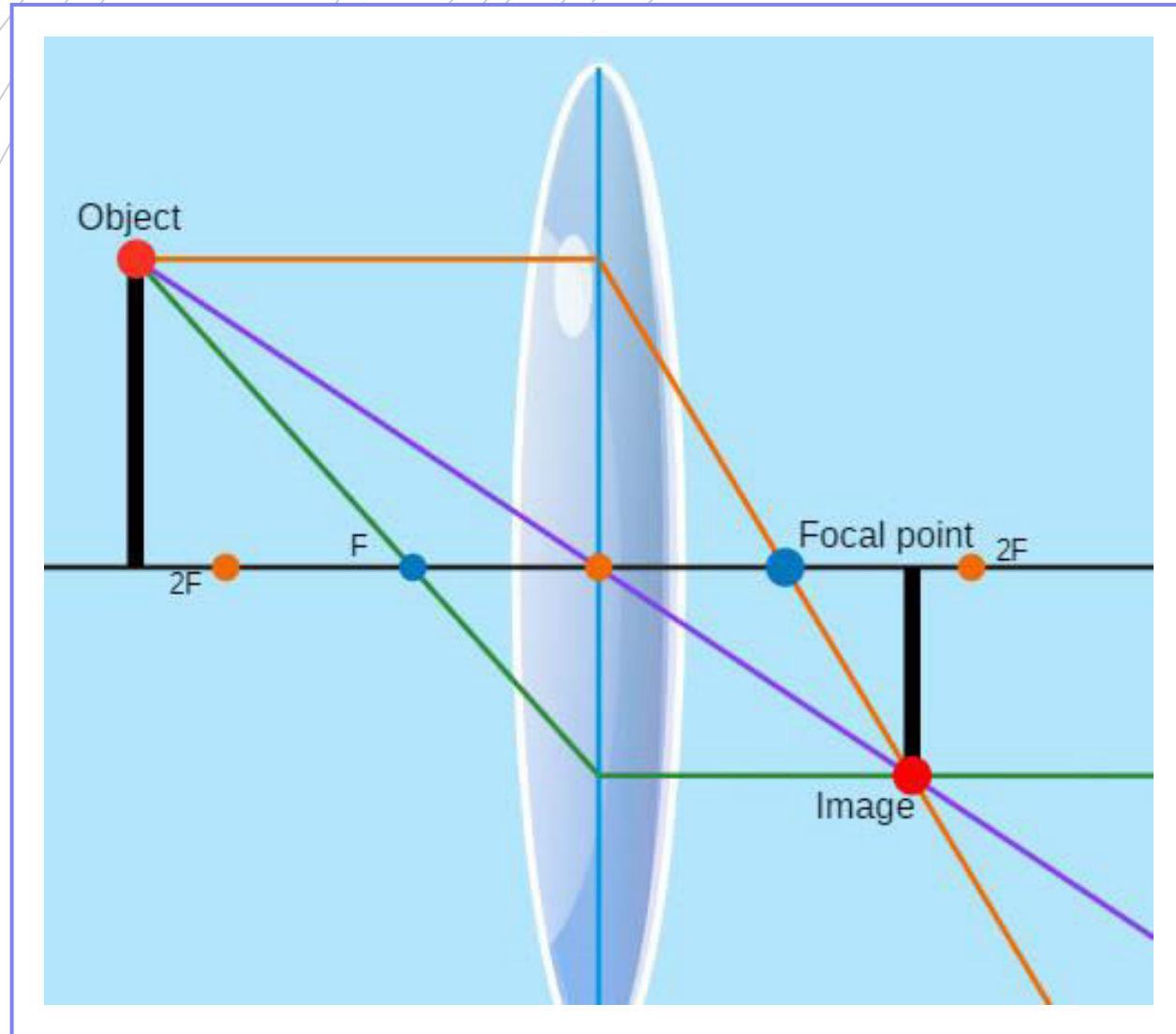
Titik fokus kanta cekung adalah **maya** kerana sinar biasan seolah-olah mencapah dari titik itu. Oleh itu, panjang fokus,  $f$  dikatakan **negatif**.

**Jadual 6.5** Penerangan istilah optik yang digunakan

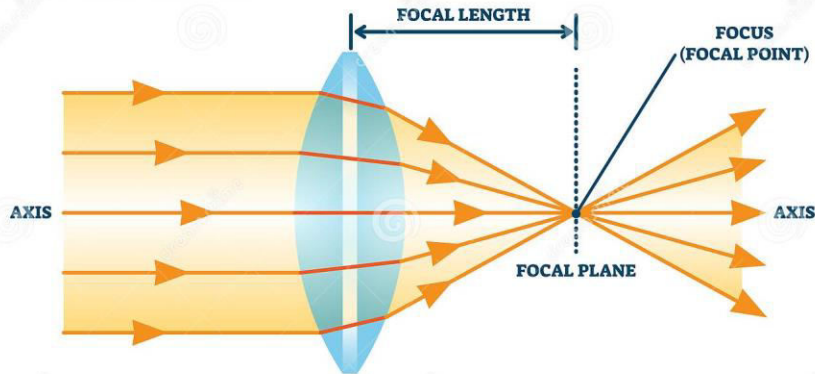
<b>Istilah Optik</b>	<b>Penerangan</b>
Pusat optik, $O$	Titik di pusat kanta. Sinar cahaya yang melalui pusat optik tidak dibiaskan.
Paksi utama	Garis lurus yang menerusi pusat optik suatu kanta dan bersambung dengan pusat-pusat kelengkungan dua permukaan kanta itu.
Paksi kanta	Garis lurus yang menerusi pusat optik dan berserenjang dengan paksi utama.
Titik fokus, $F$	Titik yang terletak pada paksi utama kanta. <ul style="list-style-type: none"><li>• Untuk kanta cembung, sinar cahaya yang selari dengan paksi utama akan menumpu pada titik ini selepas melalui kanta</li><li>• Untuk kanta cekung, sinar cahaya yang selari dengan paksi utama seolah-olah mencapah dari titik ini selepas melalui kanta</li></ul>
Jarak objek, $u$	Jarak di antara objek dengan pusat optik kanta
Jarak imej, $v$	Jarak di antara imej dengan pusat optik kanta
Panjang fokus, $f$	Jarak di antara titik fokus, $F$ dengan pusat optik, $O$ suatu kanta

## Panjang Fokus bagi Kanta Cembung

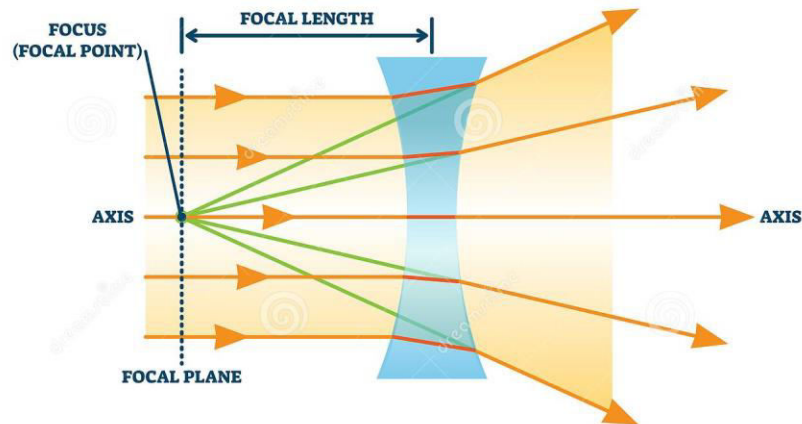
- **Kanta cembung dengan ketebalan yang berlainan mempunyai panjang fokus yang berlainan.**



## CONVEX LENS



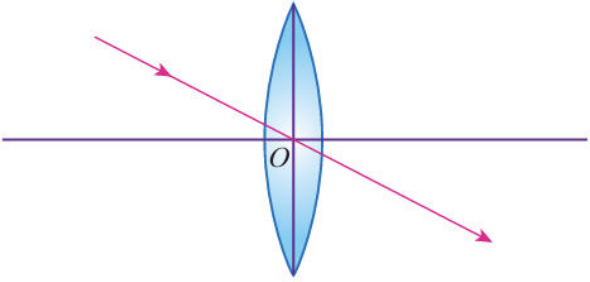
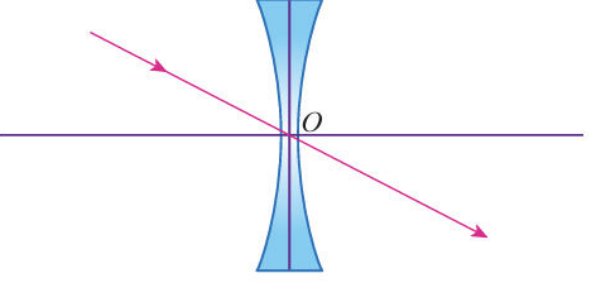
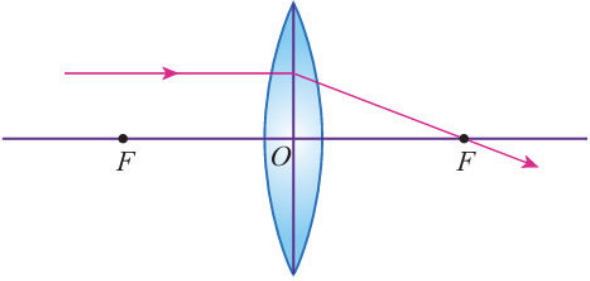
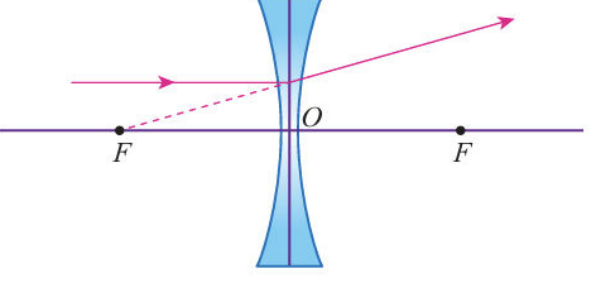
## CONCAVE LENS



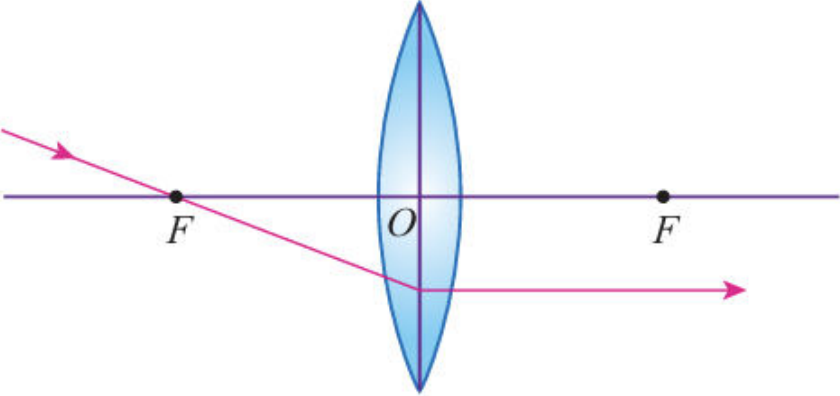
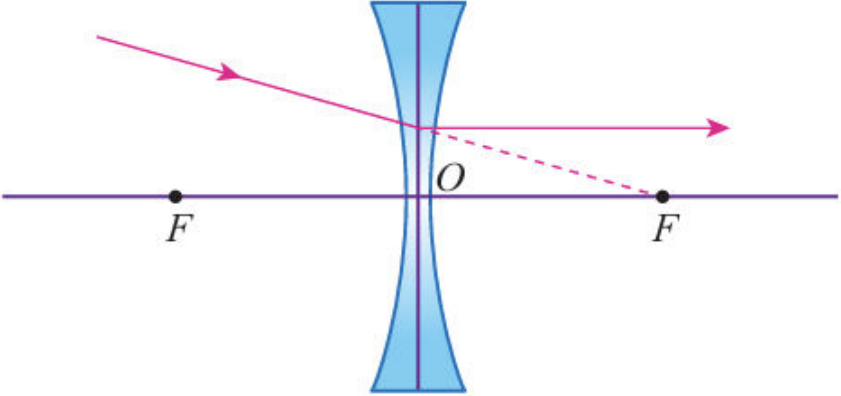
Kedudukan Imej dan Ciri-ciri Imej yang Dibentuk oleh Kanta

- **Kedudukan imej dan ciri-ciri imej yang dibentuk oleh kanta cembung dan kanta cekung boleh ditentukan dengan kaedah melukis gambar rajah sinar.**
- **Terdapat tiga sinar cahaya utama yang boleh dilukis untuk menentukan kedudukan imej dan ciri-ciri imej**

*Jadual 6.6 Sinar cahaya utama dalam melukis gambar rajah sinar*

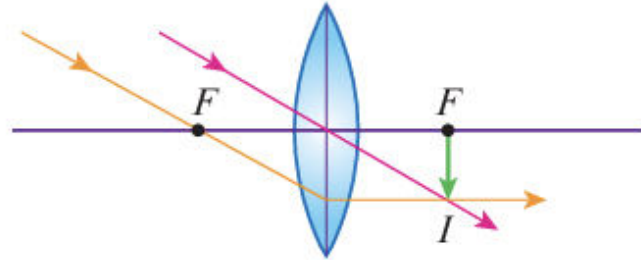
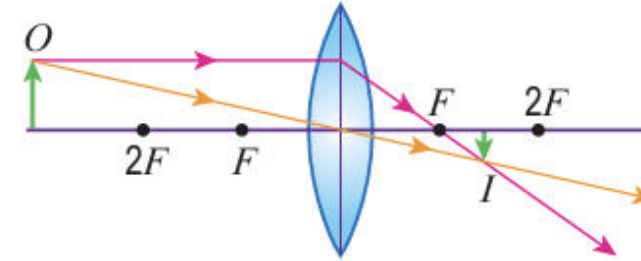
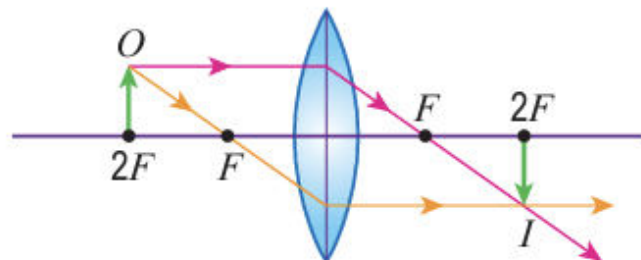
Kanta Cembung	Kanta Cekung
<p>1. Sinar yang menuju pusat optik merambat pada garis lurus melalui pusat optik tanpa dibiaskan.</p> 	<p>1. Sinar yang menuju pusat optik merambat pada garis lurus melalui pusat optik tanpa dibiaskan.</p> 
<p>2. Sinar yang selari dengan paksi utama terbias dan melalui titik fokus, <math>F</math>.</p> 	<p>2. Sinar yang selari dengan paksi utama terbias dan seolah-olah dari titik fokus, <math>F</math>.</p> 

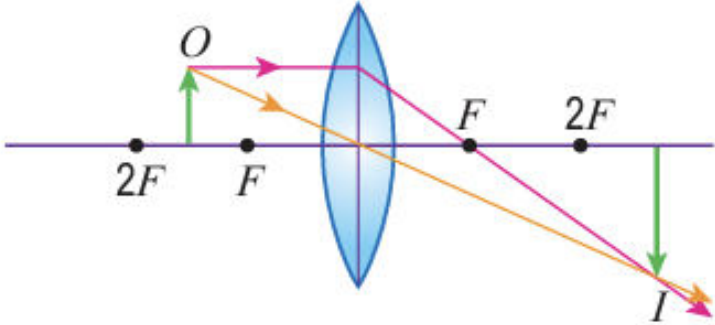
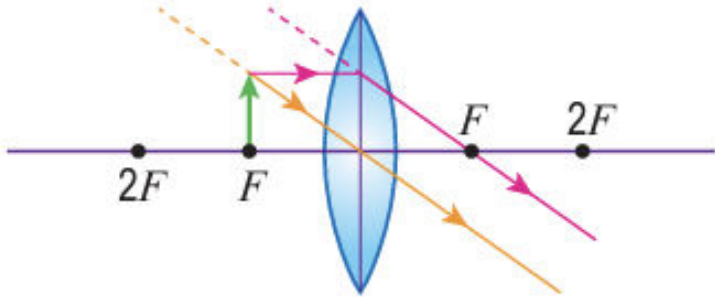
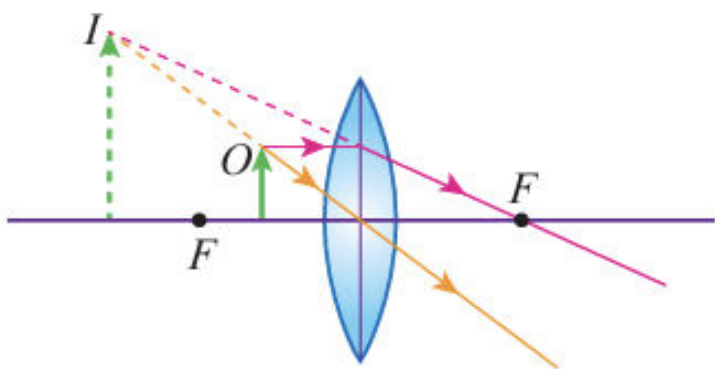
*Jadual 6.6 Sinar cahaya utama dalam melukis gambar rajah sinar*

Kanta Cembung	Kanta Cekung
<p data-bbox="290 516 1177 616">3. Sinar yang melalui titik fokus, <math>F</math> terbias selari dengan paksi utama.</p>  <p>The diagram shows a convex lens with optical center <math>O</math> and focal points <math>F</math> on both sides. A red ray originates from the front focal point <math>F</math>, passes through the lens, and emerges as a ray parallel to the principal axis.</p>	<p data-bbox="1268 516 2155 616">3. Sinar yang menuju titik fokus, <math>F</math> terbias selari dengan paksi utama.</p>  <p>The diagram shows a concave lens with optical center <math>O</math> and focal points <math>F</math> on both sides. A red ray is directed towards the back focal point <math>F</math> from the left. After passing through the lens, it emerges as a ray parallel to the principal axis. A dashed line indicates the original path of the ray.</p>

Jadual 6.7 Pembentukan imej oleh kanta cembung

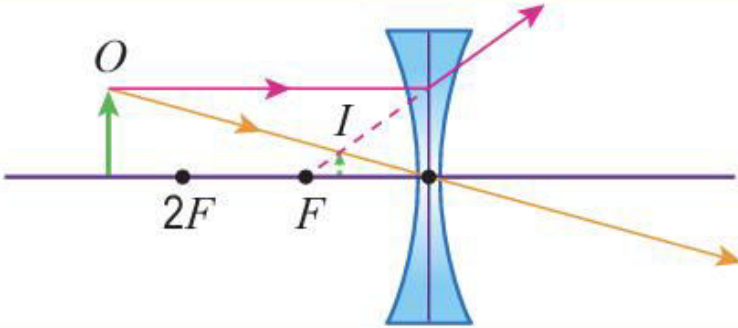
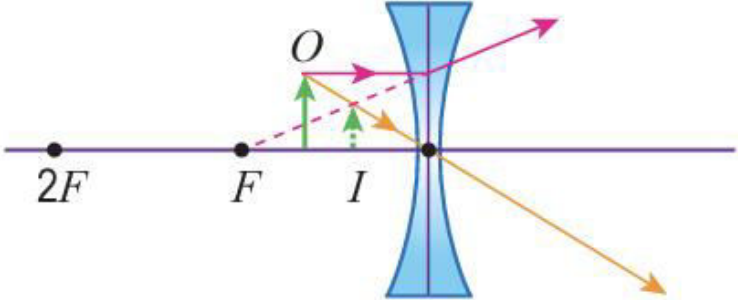


Kedudukan objek	Gambar rajah sinar	Kedudukan imej	Ciri imej
Objek di infiniti		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v = f</math></li> <li>• Imej di <math>F</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nyata</li> <li>• Songsang</li> <li>• Diperkecil</li> </ul>
Objek $O$ lebih jauh daripada $2F$ ( $u > 2f$ )		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>f &lt; v &lt; 2f</math></li> <li>• Imej di antara <math>F</math> dengan <math>2F</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nyata</li> <li>• Songsang</li> <li>• Diperkecil</li> </ul>
Objek $O$ pada $2F$ ( $u = 2f$ )		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v = 2f</math></li> <li>• Imej di <math>2F</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nyata</li> <li>• Songsang</li> <li>• Sama saiz dengan objek</li> </ul>

<p>Objek <math>O</math> di antara <math>F</math> dengan <math>2F</math> (<math>f &lt; u &lt; 2f</math>)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v &gt; 2f</math></li> <li>• Imej lebih jauh daripada <math>2F</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nyata</li> <li>• Songsang</li> <li>• Diperbesar</li> </ul>
<p>Objek <math>O</math> pada <math>F</math> (<math>u = f</math>)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imej di infiniti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperbesar</li> </ul>
<p>Objek <math>O</math> di antara <math>F</math> dengan pusat optik (<math>u &lt; f</math>)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v &gt; u</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperbesar</li> </ul>



*Jadual 6.8 Pembentukan imej oleh kanta cekung*

Kedudukan objek	Gambar rajah sinar	Kedudukan imej	Ciri imej
Objek $O$ lebih jauh daripada $2F$ ( $u > 2f$ )		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Di antara pusat optik dengan titik fokus</li> <li>• Jarak imej: <math>v &lt; f</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperkecil</li> </ul>
Objek $O$ di antara $F$ dengan pusat optik ( $u < f$ )		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Di antara pusat optik dengan titik fokus</li> <li>• Jarak imej: <math>v &lt; f</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperkecil</li> </ul>

# Pembesaran Linear

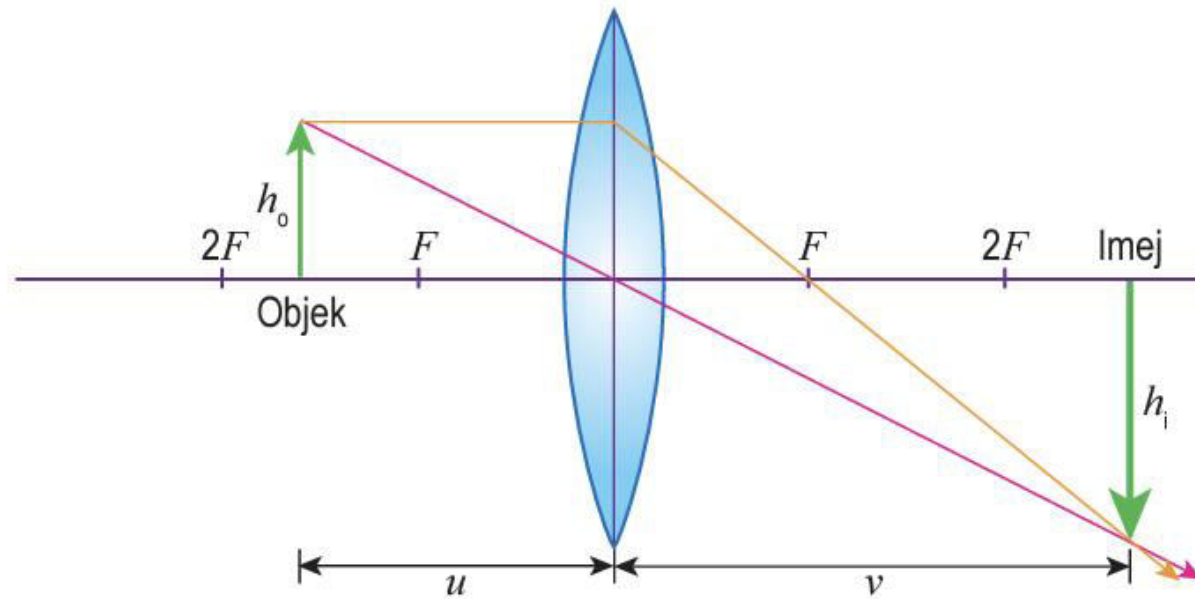


*Gambar foto 6.3* Imej yang diperbesar melalui kanta pembesar

- Apabila suatu objek dilihat melalui kanta pembesar pada jarak yang kurang daripada panjang fokusnya, imej yang terbentuk diperbesar.
- Saiz imej yang dibentuk oleh suatu kanta cembung bergantung pada kedudukan objek.

Aktiviti 6.10 menunjukkan saiz imej yang terbentuk oleh suatu kanta bergantung pada kedudukan objek dari pusat kanta. Perbandingan antara saiz imej dengan saiz objek dibuat berdasarkan nisbah ketinggian imej kepada ketinggian objek tersebut. Nisbah tersebut dikenali sebagai **pembesaran linear,  $m$** .

$$\text{Pembesaran linear, } m = \frac{\text{ketinggian imej, } h_i}{\text{ketinggian objek, } h_o}$$



*Rajah 6.34 Pembentukan imej oleh kanta cembung*

Pembesaran linear,  $m = \frac{\text{jarak imej, } v}{\text{jarak objek, } u}$

Oleh itu, pembesaran linear boleh dirumuskan sebagai,

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{v}{u}, \text{ iaitu } \begin{aligned} h_i &= \text{ketinggian imej} \\ h_o &= \text{ketinggian objek} \\ v &= \text{jarak imej} \\ u &= \text{jarak objek} \end{aligned}$$

nisbah ketinggian imej kepada ketinggian objek juga sama dengan nisbah jarak imej kepada jarak objek.



## 6.4 Formula Kanta Nipis

Formula kanta nipis memberikan hubungan antara jarak objek,  $u$ , jarak imej,  $v$  dengan panjang fokus,  $f$  bagi suatu kanta sebagai:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

## Formula Kanta Nipis



*(a) Kedudukan kanta kamera dekat dengan objek menghasilkan imej yang besar*



*(b) Kedudukan kanta kamera jauh dari objek menghasilkan imej yang kecil*

**Gambar foto 6.4** Kedudukan kanta kamera dekat dan jauh dari objek

**Jadual 6.10** Peraturan tanda semasa menggunakan formula kanta nipis

	<b>Positif (+)</b>	<b>Negatif (-)</b>
<b>Panjang fokus, <math>f</math></b>	Kanta penumpu atau kanta cembung	Kanta pencapah atau kanta cekung
<b>Jarak imej, <math>v</math></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Imej nyata</li><li>• Di sebelah kanta yang bertentangan dengan objek</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Imej maya</li><li>• Di sebelah kanta yang sama dengan objek</li></ul>



### Contoh 1

Sekeping kanta cembung nipis mempunyai panjang fokus 12 cm. Tentukan ciri-ciri, kedudukan dan pembesaran linear imej apabila jarak objek ialah:

- (a) 18 cm, dan
- (b) 4 cm.

### Penyelesaian:

(a)  $u = +18 \text{ cm}$   
 $f = +12 \text{ cm}$

Formula kanta nipis,  $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$   
 $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$   
 $= \frac{1}{12} - \frac{1}{18}$   
 $v = +36 \text{ cm}$

Pembesaran linear,  $m = \frac{v}{u}$   
 $= \frac{36}{18}$   
 $= 2$

Imej adalah nyata, songsang dan diperbesar. Imej terletak 36 cm dari kanta dan berada di sebelah kanta yang bertentangan dengan objek. Imej diperbesar 2 kali.

(b)  $u = +4 \text{ cm}$   
 $f = +12 \text{ cm}$

Formula kanta nipis,  $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$   
 $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$   
 $= \frac{1}{12} - \frac{1}{4}$   
 $v = -6 \text{ cm}$

Pembesaran linear,  $m = \frac{v}{u}$   
 $= \frac{6}{4}$   
 $= 1.5$

Imej adalah maya, tegak dan diperbesar. Imej terletak 6 cm dari kanta dan berada di sebelah kanta yang sama dengan objek. Imej diperbesar 1.5 kali.

## Contoh 2

Suatu objek setinggi 9 cm diletakkan pada jarak 60 cm dari kanta cekung dengan panjang fokus 30 cm. Tentukan kedudukan dan saiz imej yang terbentuk. Nyatakan ciri-ciri imej itu.

### Penyelesaian:

$$u = +60 \text{ cm}$$

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

Formula kanta nipis,  $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$$
$$= \frac{1}{-30} - \frac{1}{60}$$
$$v = -20 \text{ cm}$$

Pembesaran linear,  $m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{v}{u}$

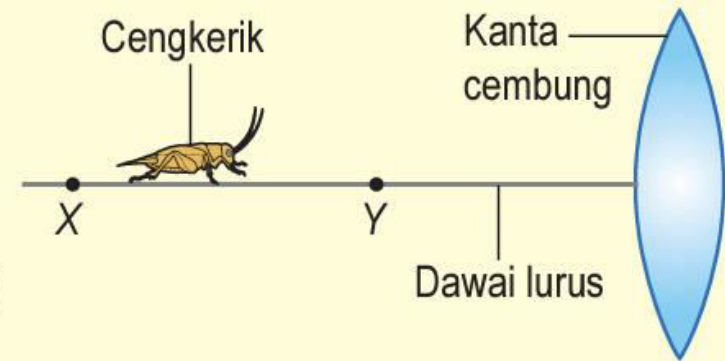
$$\frac{h_i}{9} = \frac{20}{60}$$

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

Imej adalah maya, tegak dan diperkecil.  
Imej terletak 20 cm dari kanta dan berada di sebelah kanta yang sama dengan objek.  
Ketinggian imej ialah 3 cm.

### Contoh 3

Rajah 6.37 menunjukkan seutas dawai lurus diletakkan di sepanjang paksi utama sekeping kanta cembung nipis dengan panjang fokus 12 cm. X dan Y masing-masing ialah 24 cm dan 18 cm dari kanta. Seekor cengkerik mengambil masa 6 saat untuk bergerak dari X ke Y. Berapakah laju imej cengkerik itu?



Rajah 6.37

#### Penyelesaian:

$$u_1 = +18 \text{ cm} \quad u_2 = +24 \text{ cm} \quad f = +12 \text{ cm}$$

Formula kanta nipis,  $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

$$\frac{1}{v_1} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u_1}$$

$$= \frac{1}{12} - \frac{1}{18}$$

$$v_1 = +36 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{v_2} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u_2}$$

$$= \frac{1}{12} - \frac{1}{24}$$

$$v_2 = +24 \text{ cm}$$

$$\text{Laju imej cengkerik} = \frac{36 - 24}{6}$$

$$= 2 \text{ cm s}^{-1}$$



## 6.5 Peralatan Optik

# Penggunaan Kanta dalam Peralatan Optik

Penggunaan kanta dalam peralatan optik banyak memberi manfaat kepada kehidupan harian manusia.



**Saya seorang ahli gemologi.**

**Saya menggunakan kanta  
pembesar untuk mengenal pasti  
dan menilai batu permata.**





- **Saya seorang ahli oftalmologi.**
- **Saya menggunakan kanta pembesar untuk memeriksa mata.**



**Saya seorang ahli mikrobiologi.  
Saya menggunakan mikroskop  
untuk melihat pelbagai  
mikroorganisma.**





- **Saya seorang ahli geologi.**
- **Saya menggunakan mikroskop untuk melihat dan mengenal pasti spesimen batuan dan mineral.**



- **Saya seorang ahli astronomi.**
- **Saya menggunakan teleskop untuk mengkaji gerakan jasad-jasad samawi.**



## Galileo Galilei

- **Pada tahun 1609, Galileo Galilei (1564 – 1642) telah mencipta teleskop untuk melihat empat Bulan yang mengelilingi Musytari.**
- **Kejayaan ini telah mencetuskan revolusi dalam kajian astronomi.**



## Antonie van Leeuwenhoek

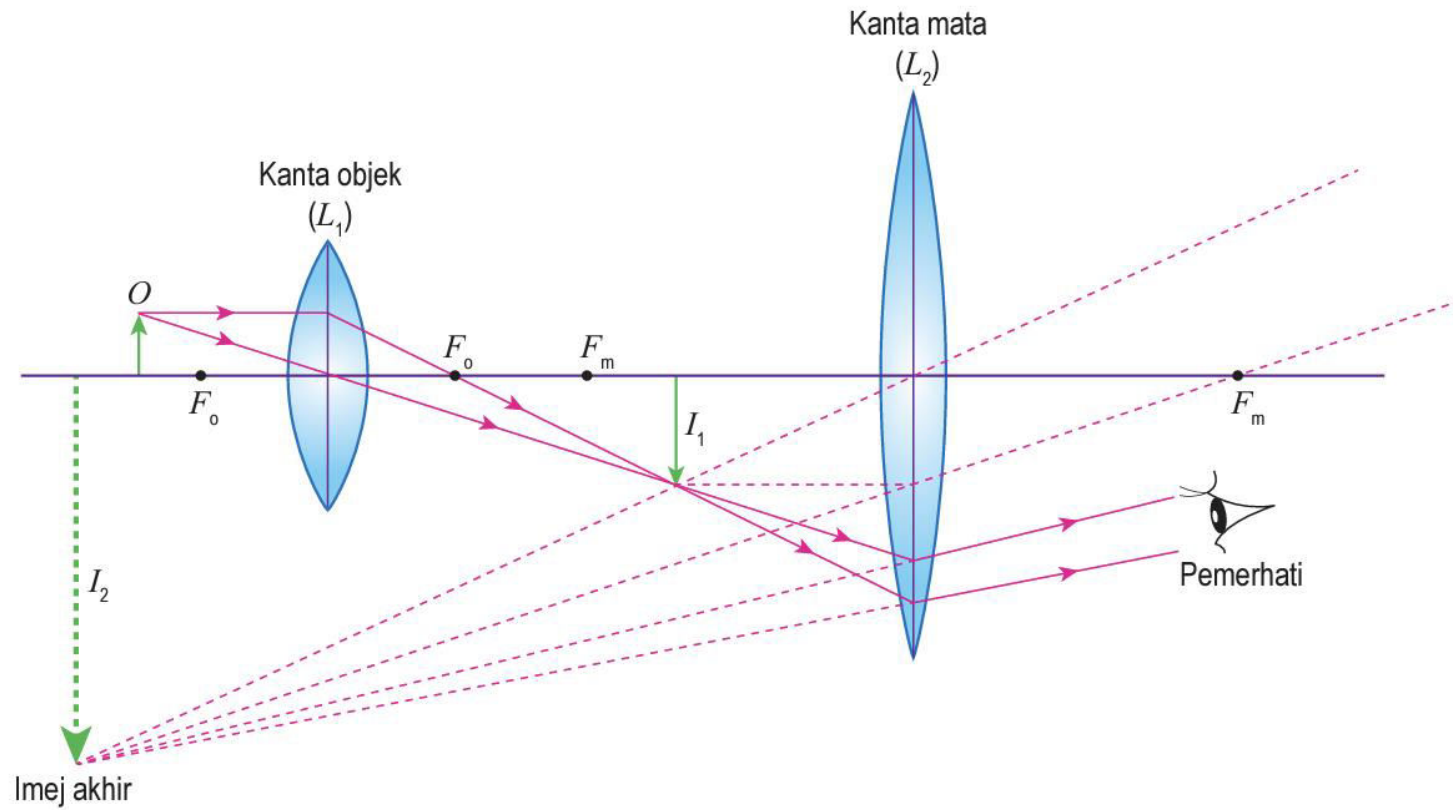
- Pada pertengahan abad ke-17, Antonie van Leeuwenhoek (1632 – 1723) telah berjaya mencipta sebuah mikroskop kanta yang dapat menghasilkan pembesaran linear 300 kali
- Beliau berjaya melihat dan melukis mikroorganisma

- Terdiri daripada dua keping kanta cembung dengan panjang fokus yang pendek. Kanta objek dengan panjang fokus,  $f_o$  dan kanta mata dengan panjang fokus,  $f_m$ . Panjang fokus  $f_o$  kurang daripada panjang fokus  $f_m$ .
- Jarak di antara kanta objek dengan kanta mata  $> f_o + f_m$ .
- Jarak objek adalah di antara  $f_o$  dengan  $2f_o$ . Kanta objek membentuk imej pertama,  $I_1$  yang nyata, songsang dan diperbesar. Imej  $I_1$  menjadi objek untuk kanta mata.

## Mikroskop Majmuk

- Kanta mata berfungsi sebagai kanta pembesar.  $I_1$  terletak di antara  $F_m$  dengan pusat optik kanta mata. Kanta mata membentuk imej akhir,  $I_2$  yang **maya**, **diperbesar** dan masih **songsang** berbanding dengan objek  $O$  (Rajah 6.39).
- Lazimnya, kanta mata dilaraskan supaya imej akhir,  $I_2$  terletak pada titik dekat mata pemerhati supaya keadaan penglihatan yang paling jelas dapat dicapai.

## Mikroskop Majmuk



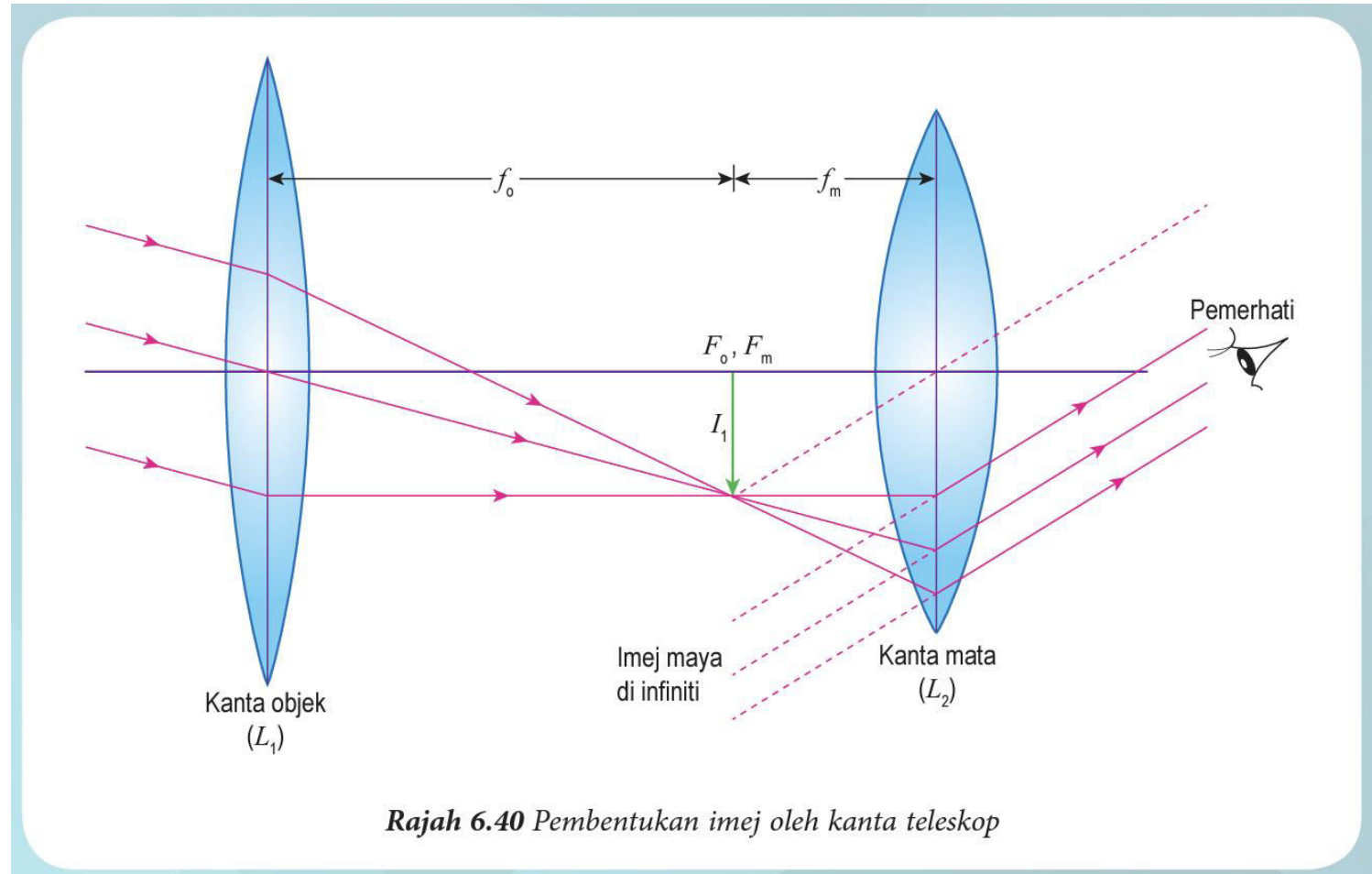
*Rajah 6.39 Pembentukan imej oleh kanta mikroskop majmuk*



- Teleskop terdiri daripada dua keping kanta cembung. Kanta objek dengan panjang fokus,  $f_o$  yang panjang. Kanta mata dengan panjang fokus,  $f_m$  yang pendek. Jarak di antara kanta objek dengan kanta mata ialah  $f_o + f_m$ .
- Sinar-sinar selari dari suatu objek yang jauh akan ditumpukan pada satah fokus kanta objek untuk membentuk imej pertama,  $I_1$  yang nyata, songsang dan diperkecil. Imej pertama,  $I_1$  bertindak sebagai objek bagi kanta mata. Kanta mata membentuk imej akhir,  $I_2$  yang **maya**, **songsang** dan **diperbesar** berbanding dengan objek (Rajah 6.40).
- Lazimnya, imej  $I_2$  terletak di infiniti. Keadaan ini dinamakan **pelarasan normal**.



## Teleskop



**Rajah 6.40** Pembentukan imej oleh kanta teleskop

Pelarasan normal untuk teleskop boleh dilakukan dengan melaraskan jarak di antara kanta objek dengan kanta mata sebagai  $L = f_o + f_m$ . Keadaan ini membolehkan imej akhir terbentuk di infiniti untuk penglihatan yang paling selesa.

Pembesaran teleskop pada pelarasan normal,  $M$  ialah

$$M = \frac{f_o}{f_m}.$$



Pelarasan normal



Aplikasi Kanta Bersaiz Kecil dalam  
Teknologi Peralatan Optik

- **Kemajuan teknologi peralatan optik telah berjaya menghasilkan kanta bersaiz kecil.**
- **Kanta ini banyak digunakan dalam kamera telefon pintar dan televisyen litar tertutup (CCTV).**

A detailed close-up photograph of a camera lens assembly, showing various optical elements, metal housing, and a white plastic component. The background is dark with faint circular patterns.

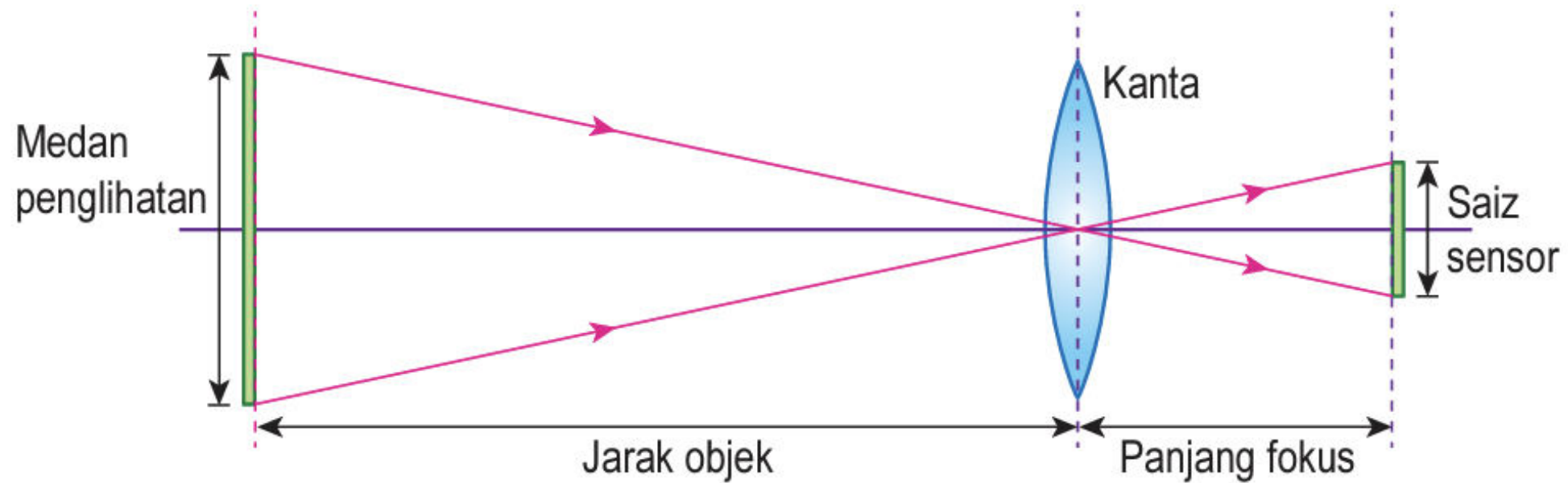
Aplikasi Kanta  
Bersaiz Kecil  
dalam Teknologi  
Peralatan Optik

- **Lazimnya, telefon pintar dan CCTV mempunyai kamera resolusi tinggi untuk menangkap gambar dan merakam video yang jelas. Oleh itu, kanta merupakan komponen paling utama dalam kamera telefon pintar dan CCTV.**
- **Telefon pintar yang nipis dan CCTV yang bersaiz kecil mempunyai kanta cembung yang bersaiz kecil.**

## Aplikasi Kanta Bersaiz Kecil dalam Teknologi Peralatan Optik

- **Kanta itu boleh membentuk suatu imej yang nyata, songsang dan diperkecil pada sensor.**
- **Jarak minimum di antara sensor dengan pusat kanta haruslah sama dengan panjang fokus kanta kamera**
- **Oleh kerana panjang fokus kanta kamera tidak boleh bernilai sifar, maka ketebalan keseluruhan suatu telefon pintar dan CCTV terhadap kepada panjang fokus kanta kamera tersebut.**





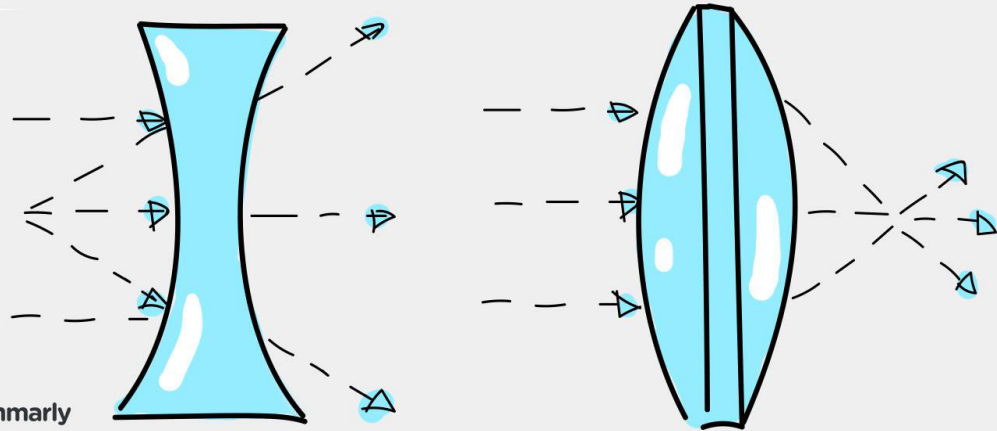
*Rajah 6.41 Pembentukan imej oleh kanta bersaiz kecil dalam kamera telefon pintar dan CCTV*

## 6.6 Pembentukan Imej oleh Cermin Sfera



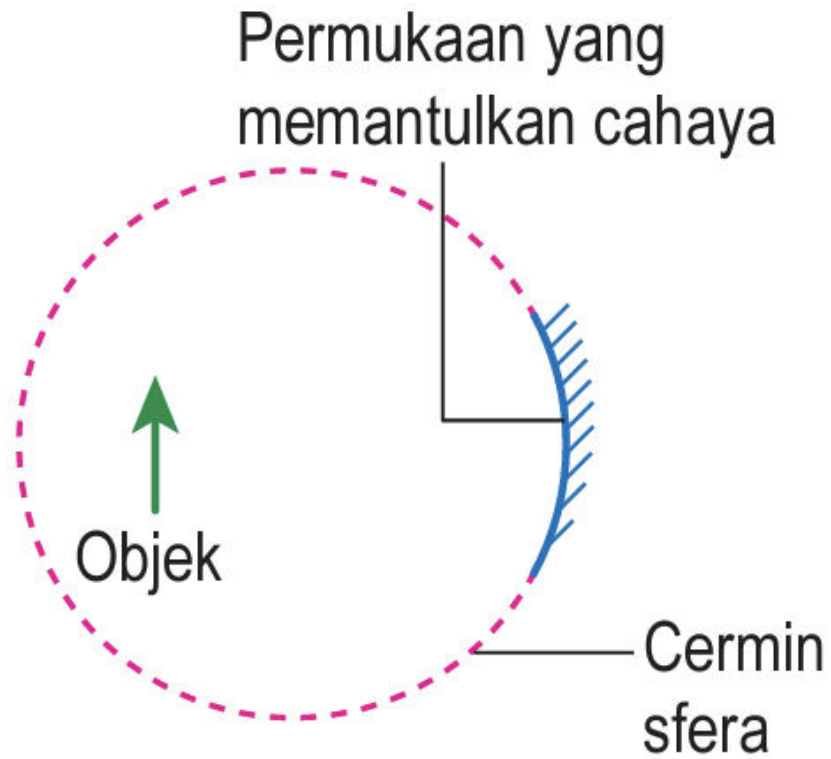


## CONCAVE VS. CONVEX

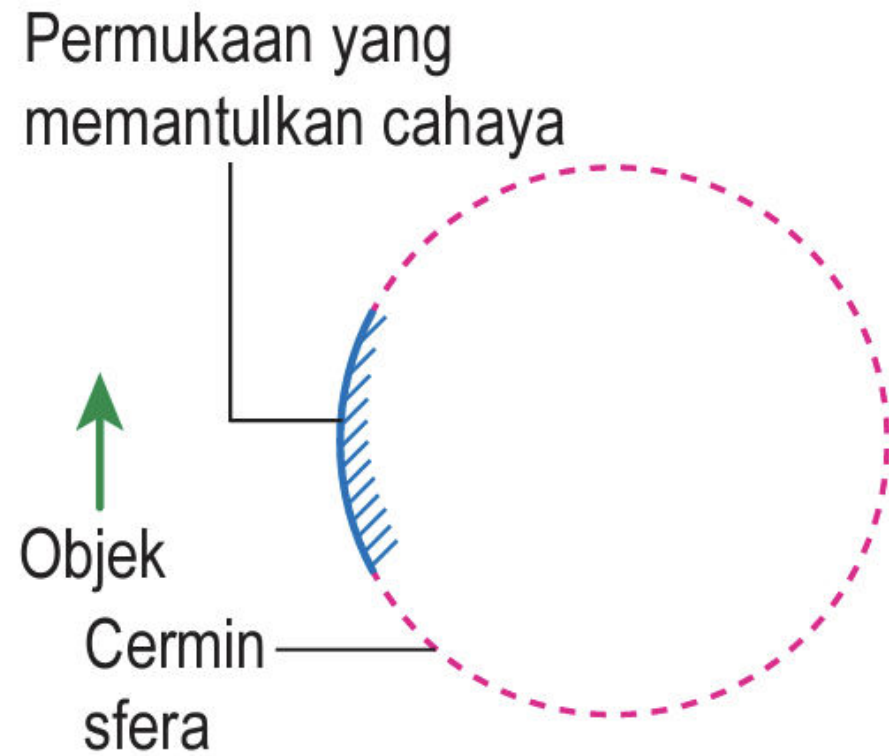


Pembentukan Imej oleh Cermin Sfera

- **Jika permukaan dalam bahagian yang terpotong itu memantulkan cahaya, cermin itu ialah cermin cekung.**
- **Jika permukaan luar bahagian yang terpotong itu memantulkan cahaya, cermin itu ialah cermin cembung.**



(a) *Cermin cekung*



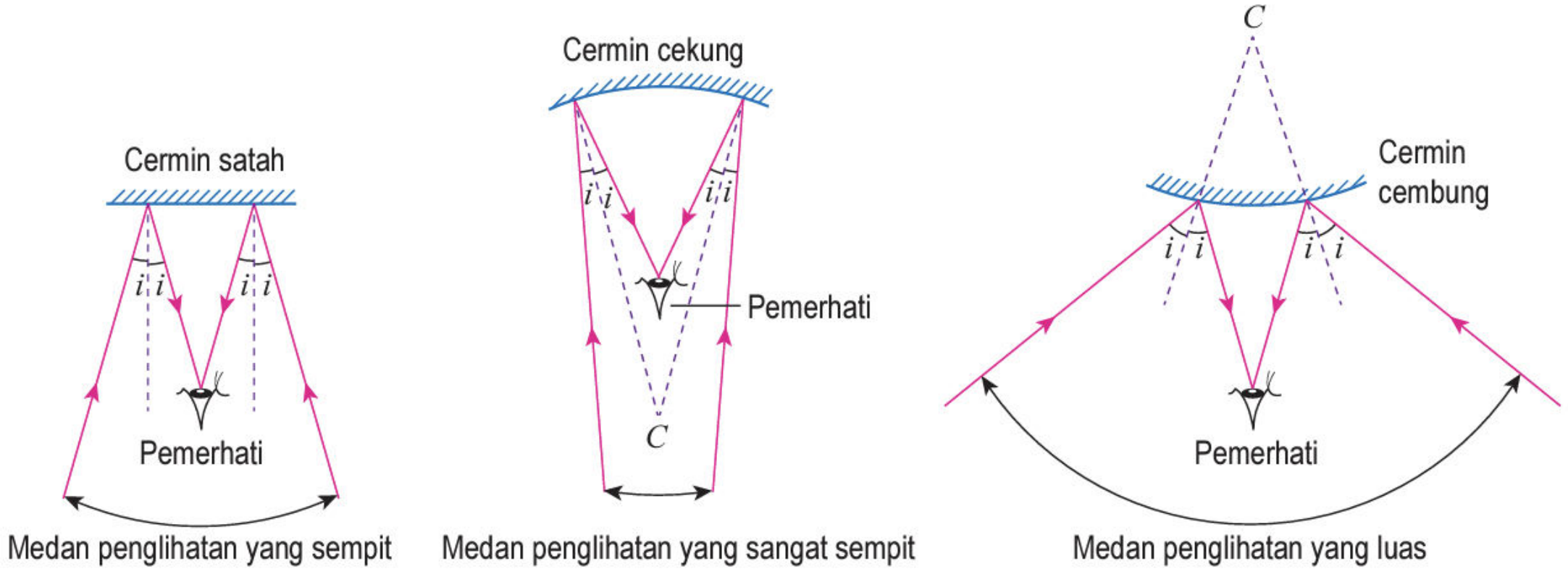
(b) *Cermin cembung*

**Rajah 6.42** *Cermin sfera daripada sfera berongga*

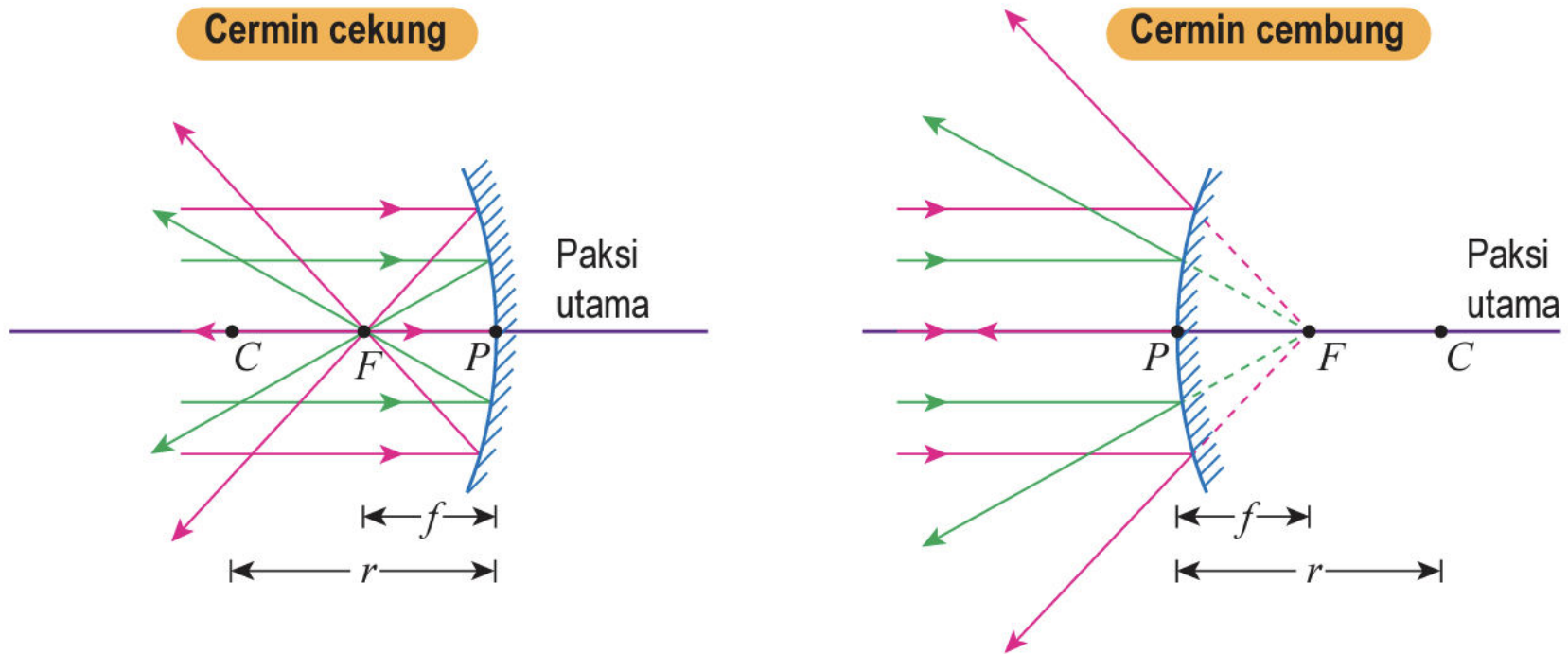
**Permukaan cekung dan permukaan cembung sudu keluli bertindak sebagai cermin cekung dan cermin cembung.**



*Gambar foto 6.8 Imej-imej yang dibentuk oleh permukaan sudu*



**Rajah 6.43** Medan penglihatan di hadapan cermin satah, cermin cekung dan cermin cembung



*Rajah 6.44 Gambar rajah sinar cermin sfera*

Gambar rajah sinar cermin sfera

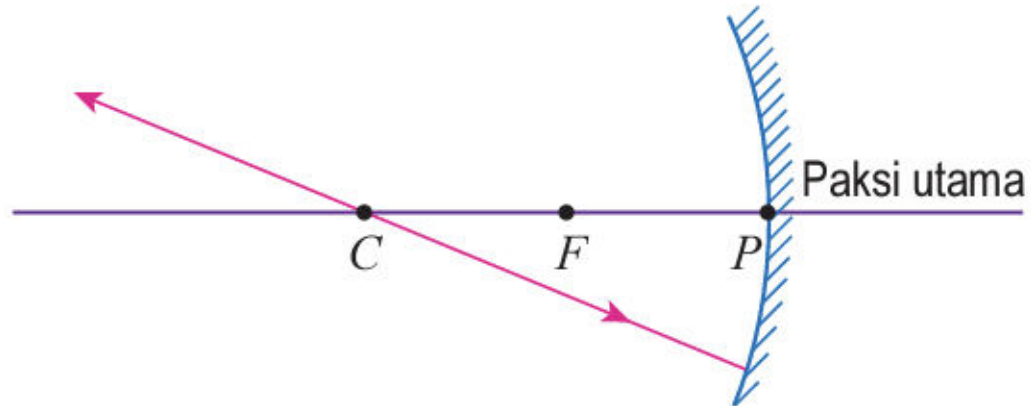
**Jadual 6.12** Penerangan bagi istilah optik yang berkaitan dengan cermin sfera

Istilah Optik	Penerangan
Paksi utama	Garis lurus yang menerusi pusat kelengkungan dan kutub cermin sfera, $P$
Pusat kelengkungan, $C$	Pusat sfera yang menghasilkan cermin cekung atau cermin cembung
Jejari kelengkungan cermin, $r$	Jarak di antara kutub cermin sfera, $P$ dengan pusat kelengkungan, $C$
Titik fokus, $F$	Satu titik yang terletak pada paksi utama cermin sfera, <ul style="list-style-type: none"><li>• untuk cermin cekung, sinar cahaya yang selari dengan paksi utama akan tertumpu pada titik ini</li><li>• untuk cermin cembung, sinar cahaya yang selari dengan paksi utama seolah-olah tercapah dari titik ini</li></ul>
Jarak objek, $u$	Jarak dari objek ke kutub cermin sfera, $P$
Jarak imej, $v$	Jarak dari imej ke kutub cermin sfera, $P$
Panjang fokus, $f$	Jarak di antara titik fokus, $F$ dengan kutub cermin sfera, $P$

*Jadual 6.13 Panduan melukis gambar rajah sinar cermin sfera*

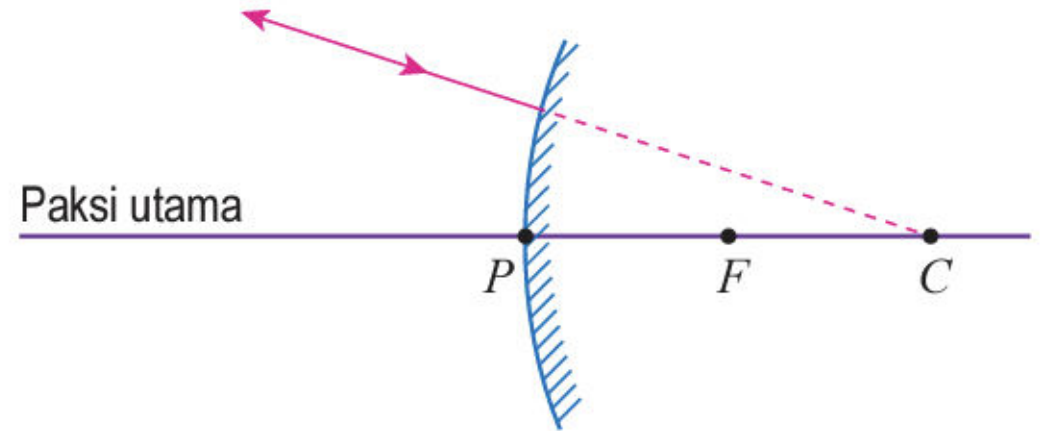
**Cermin cekung**

1. Sinar cahaya yang melalui  $C$  dipantulkan balik mengikut lintasan asal.



**Cermin cembung**

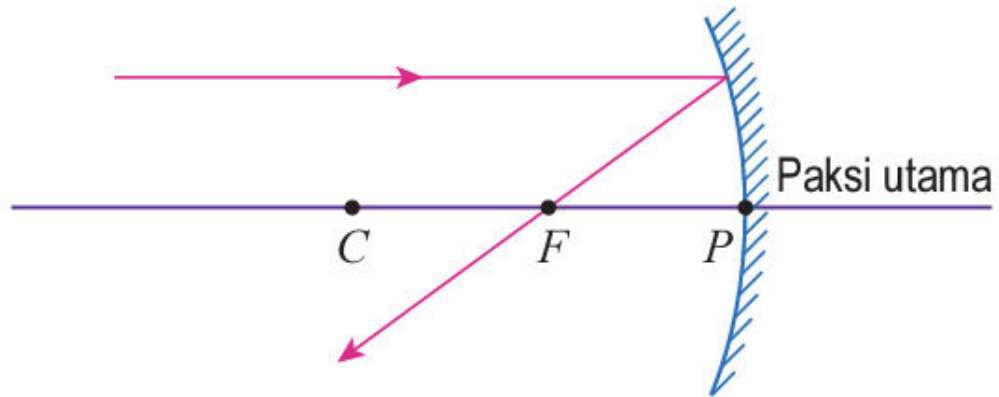
1. Sinar cahaya yang menuju  $C$  dipantulkan balik mengikut lintasan asal.



*Jadual 6.13 Panduan melukis gambar rajah sinar cermin sfera*

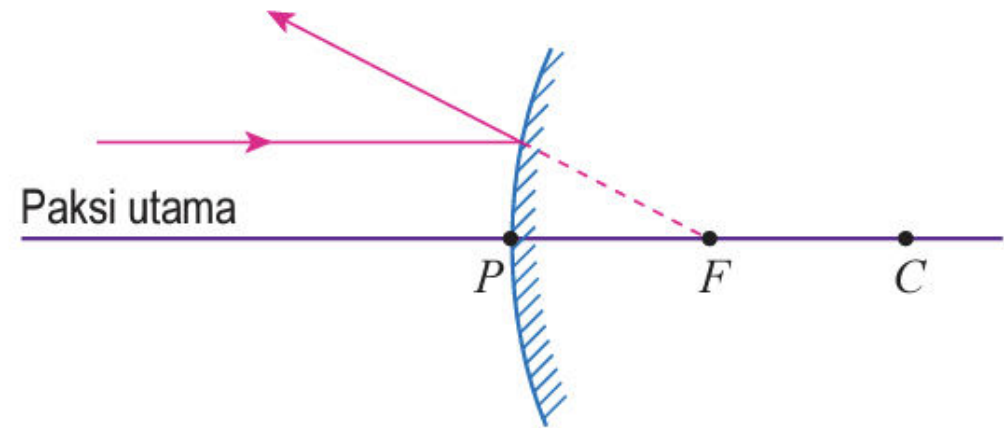
**Cermin cekung**

2. Sinar cahaya yang selari dengan paksi utama dipantulkan melalui titik fokus,  $F$ .



**Cermin cembung**

2. Sinar cahaya yang selari dengan paksi utama dipantulkan seolah-olah berpunca dari titik fokus,  $F$ .

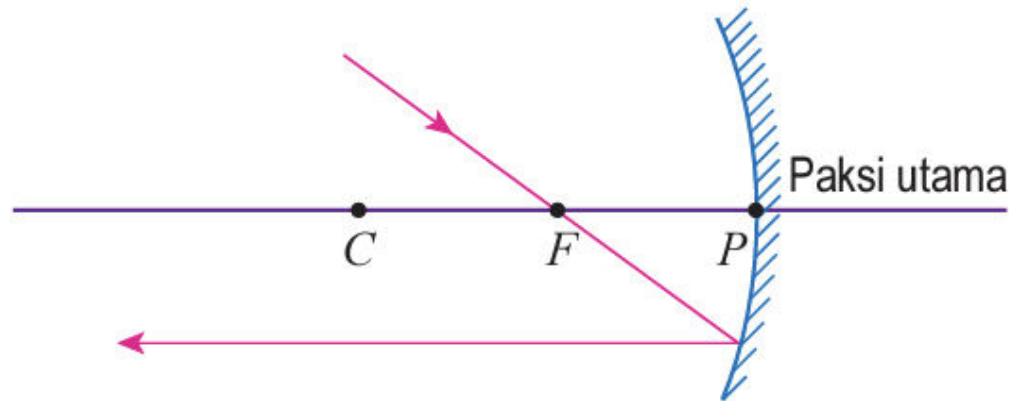




*Jadual 6.13 Panduan melukis gambar rajah sinar cermin sfera*

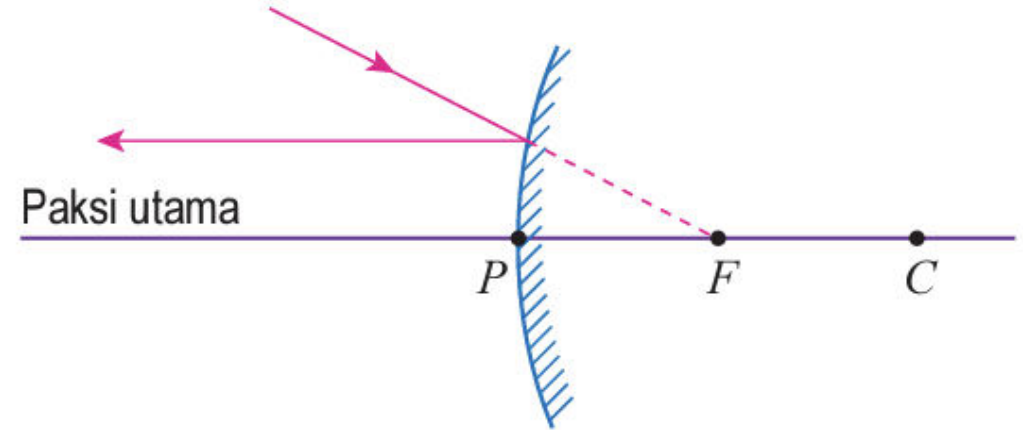
**Cermin cekung**

3. Sinar cahaya yang melalui  $F$  dipantulkan selari dengan paksi utama.

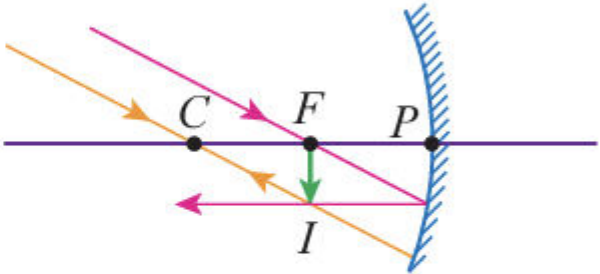
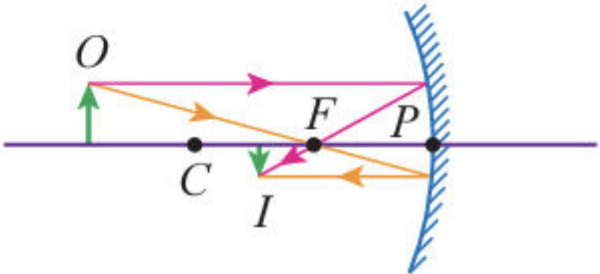


**Cermin cembung**

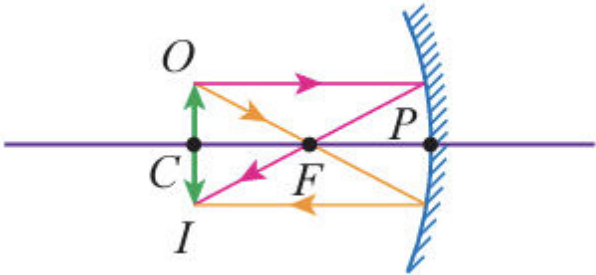
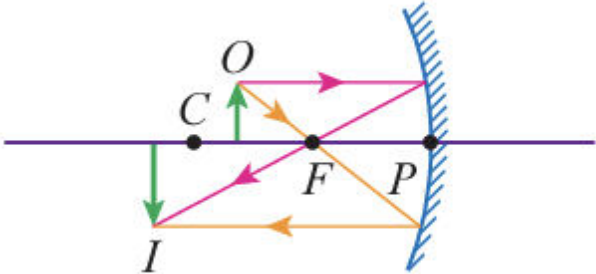
3. Sinar cahaya yang menuju  $F$  dipantulkan selari dengan paksi utama.



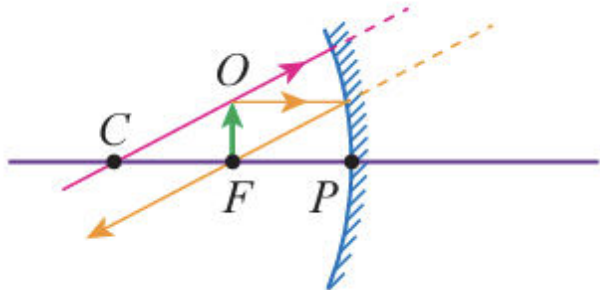
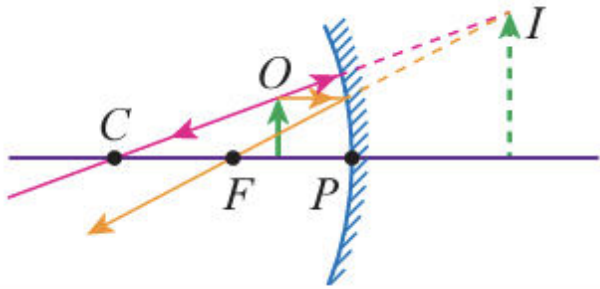
**Jadual 6.16** Kedudukan imej dan ciri-ciri imej yang dibentuk oleh cermin cekung

Kedudukan objek	Gambar rajah sinar	Kedudukan imej	Ciri-ciri imej
Objek di infiniti		<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarak imej: <math>v = f</math></li> <li>Di hadapan cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nyata</li> <li>Songsang</li> <li>Diperkecil</li> </ul>
Objek lebih jauh dari C ( $u > 2f$ )		<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarak imej: <math>f &lt; v &lt; 2f</math></li> <li>Di hadapan cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nyata</li> <li>Songsang</li> <li>Diperkecil</li> </ul>

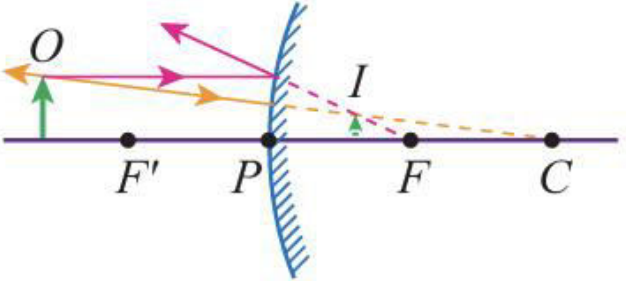
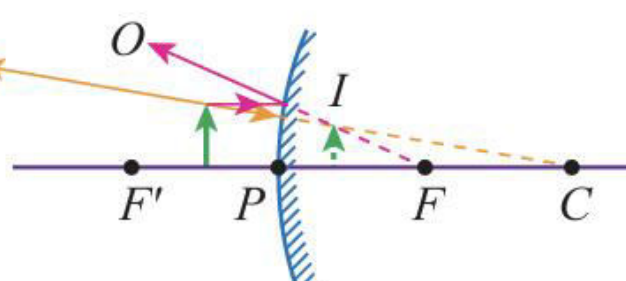
**Jadual 6.16** Kedudukan imej dan ciri-ciri imej yang dibentuk oleh cermin cekung

Kedudukan objek	Gambar rajah sinar	Kedudukan imej	Ciri-ciri imej
Objek pada $C$ $(u = 2f)$		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v = 2f</math></li> <li>• Di hadapan cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nyata</li> <li>• Songsang</li> <li>• Sama saiz dengan objek</li> </ul>
Objek di antara $F$ dengan $C$ $(f < u < 2f)$		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v &gt; 2f</math></li> <li>• Di hadapan cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nyata</li> <li>• Songsang</li> <li>• Diperbesar</li> </ul>

**Jadual 6.16** Kedudukan imej dan ciri-ciri imej yang dibentuk oleh cermin cekung

Kedudukan objek	Gambar rajah sinar	Kedudukan imej	Ciri-ciri imej
Objek pada $F$ $(u = f)$		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imej di infiniti</li> <li>• Di belakang cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperbesar</li> </ul>
Objek di antara $F$ dengan $P$ $(u < f)$		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v &gt; u</math></li> <li>• Di belakang cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperbesar</li> </ul>

**Jadual 6.17** Kedudukan imej dan ciri-ciri imej yang dibentuk oleh cermin cembung

Kedudukan objek	Gambar rajah sinar	Kedudukan imej	Ciri-ciri imej
Objek lebih jauh dari $F$ $(u > f)$		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v &lt; f</math></li> <li>• Di belakang cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperkecil</li> </ul>
Objek di antara $F$ dengan $P$ $(u < f)$		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak imej: <math>v &lt; f</math></li> <li>• Di belakang cermin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maya</li> <li>• Tegak</li> <li>• Diperkecil</li> </ul>

Aplikasi Cermin Cekung dan  
Cermin Cembung dalam  
Kehidupan Harian



- **Cermin bintik buta**
- **Cermin ini ialah sejenis cermin cembung.**



- **Aplikasi Cermin Cekung dalam Kehidupan Harian**



## Cermin solek

- Cermin cekung digunakan sebagai cermin solek untuk menghasilkan imej yang diperbesar bagi memudahkan persolekan





## Pemantul dalam lampu hadapan kereta

- Cermin parabola cekung digunakan sebagai pemantul dalam lampu hadapan kereta untuk mengekalkan keamatan cahaya pada jarak yang jauh, terutama semasa memandu kereta pada waktu malam



- **Aplikasi Cermin Cembung dalam Kehidupan Harian**

## Cermin keselamatan jalan

**Cermin cembung diletakkan di selekoh tajam yang berbahaya untuk meluaskan medan penglihatan pemandu.**





Cermin  
keselamatan  
dalam  
bangunan

**Cermin cembung  
dipasangkan di  
dalam bangunan atau  
pusat beli-belah  
untuk tujuan  
pengawasan.**



Cermin pandang  
belakang kendaraan

- **Cermin pandang belakang menyediakan medan penglihatan yang luas untuk membolehkan pemandu melihat kendaraan yang datang dari arah belakang.**



**TAMAT**