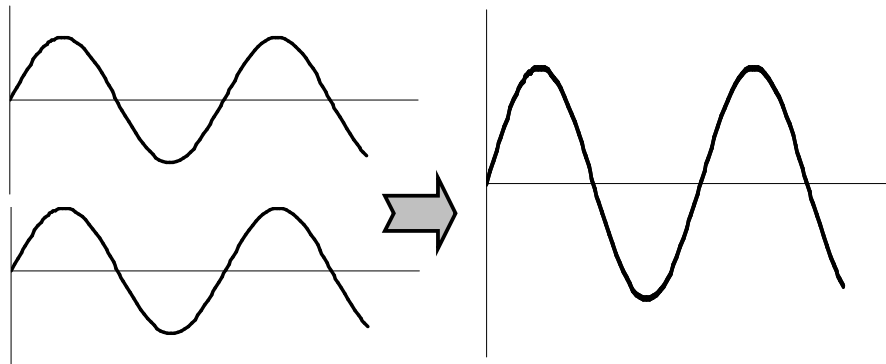


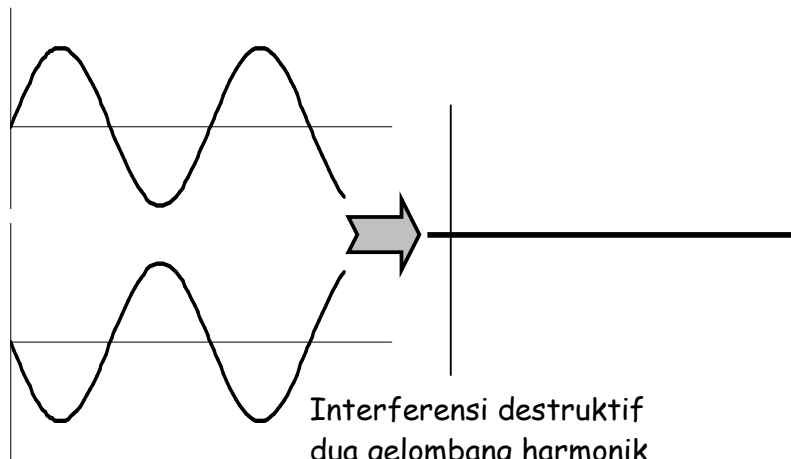
# Interferensi dan Difraksi

## Interferensi

Interferensi merupakan gejala superposisi gelombang.



Interferensi konstruktif  
dua gelombang harmonik

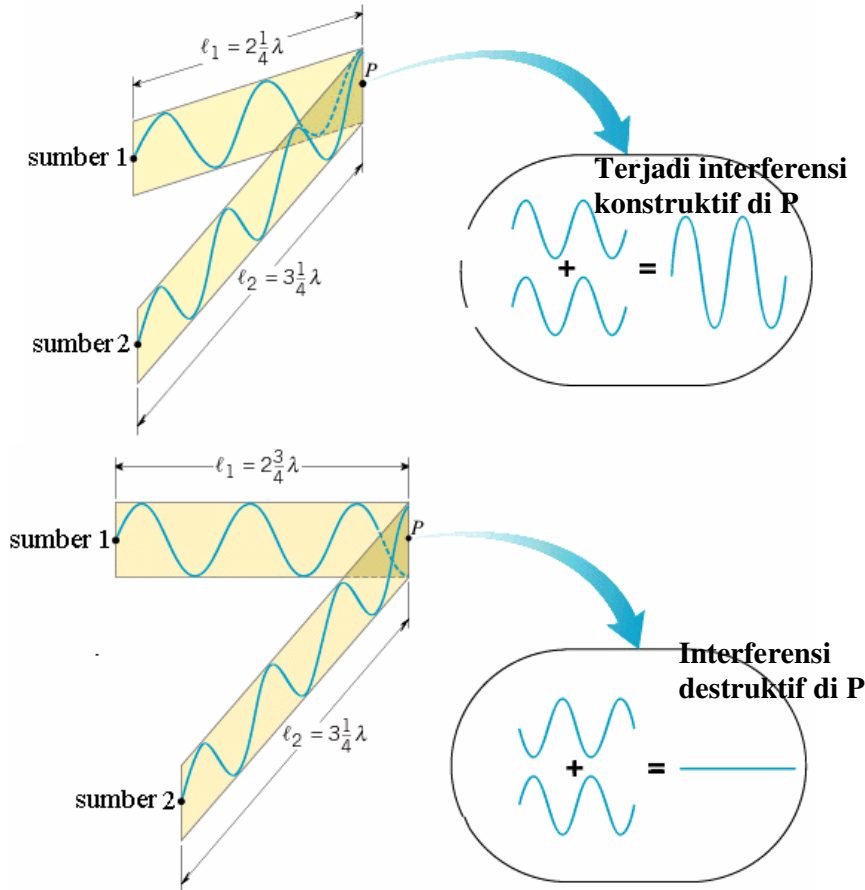


Interferensi destruktif  
dua gelombang harmonik

Interferensi konstruktif terjadi jika kedua gelombang mempunyai fasa yang sama sedangkan interferensi destruktif terjadi jika kedua gelombang mempunyai beda fasa sebesar  $\pi$ .

$\Delta\varphi = m2\pi \rightarrow \text{interferensi konstruktif}$ $\Delta\varphi = \left(m + \frac{1}{2}\right)2\pi \rightarrow \text{interferensi destruktif}$
---

Beda fasa dua gelombang yang bersuperposisi di suatu tempat dapat terjadi karena perbedaan jarak tempuhnya meskipun pada sumbernya keduanya sefasa.



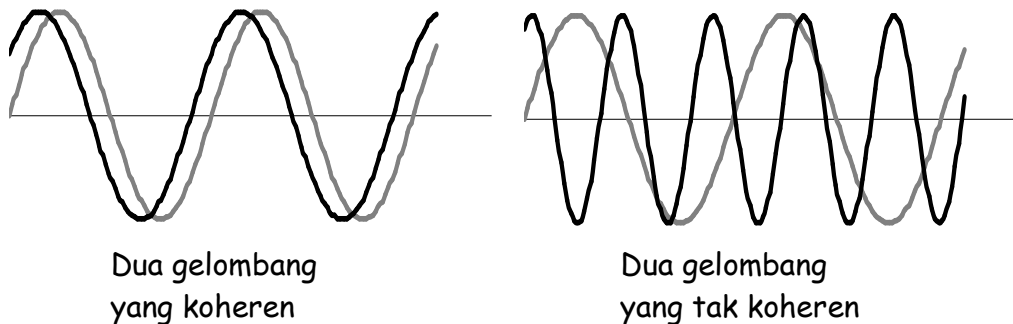
Bila beda fasa dua gelombang di suatu tempat terjadi karena perbedaan panjang lintasan yang ditempuh oleh masing-masing gelombang, maka

$\Delta x = m\lambda$	$\rightarrow$ interferensi konstruktif	$m$ adalah bilangan bulat: 0,1,2,...
$\Delta x = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$	$\rightarrow$ interferensi destruktif	

Agar interferensi konstruktif/destruktif dapat terjadi terus menerus di suatu tempat, maka sumber-sumber

gelombangnya harus menghasilkan gelombang yang koheren.

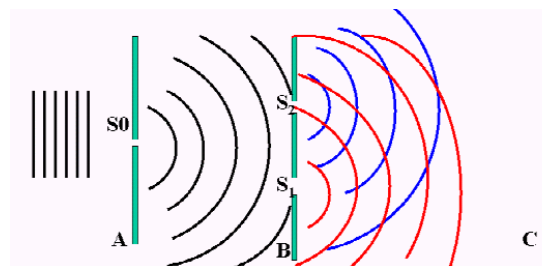
Dua gelombang dikatakan koheren jika beda fasanya tetap.



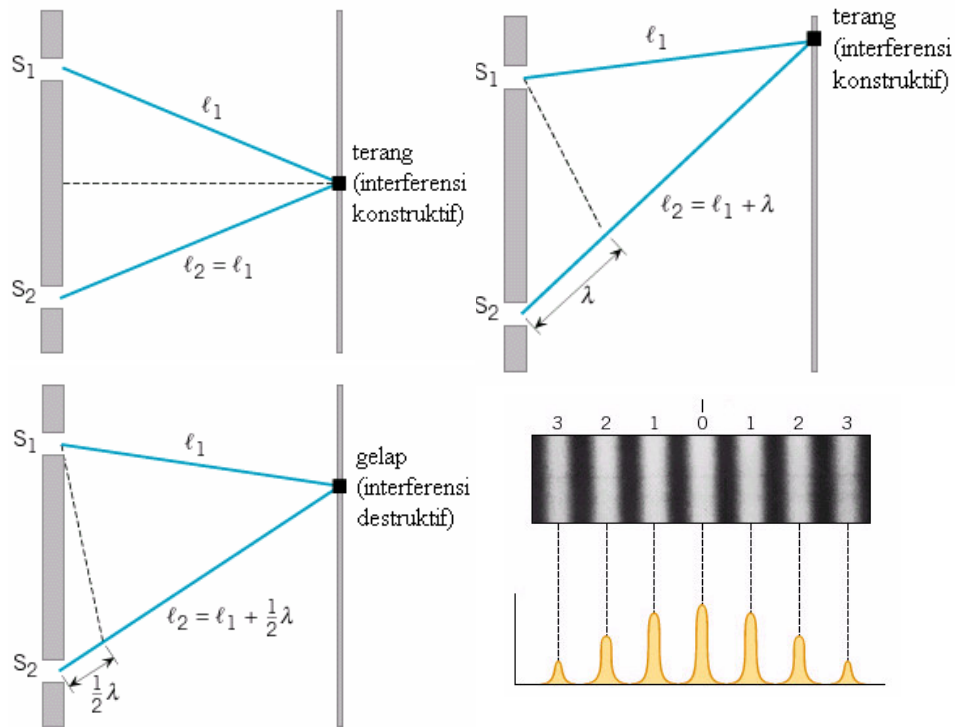
Cahaya juga merupakan gelombang (yaitu gelombang EM) sehingga prinsip superposisi linear juga berlaku pada cahaya. Fenomena interferensi (konstruktif dan destruktif) juga dapat ditemui pada gelombang cahaya.

Interferensi celah ganda (percobaan Young)

Untuk menghasilkan dua gelombang yang sefase (koheren), digunakan satu sumber cahaya monokromatik yang dilewatkan pada dua celah sempit.

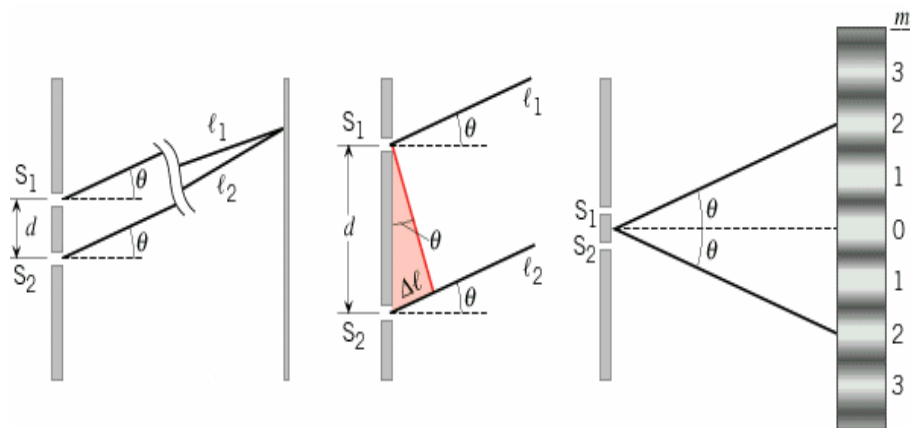


Kedua celah  $S_1$  dan  $S_2$  masing-masing bertindak sebagai sumber yang koheren. Pola interferensi konstruktif-destruktif yang bergantian dapat diamati pada layar.



Adanya pola interferensi disebabkan karena superposisi dua gelombang yang menempuh jarak berbeda untuk mencapai suatu titik pada layar.

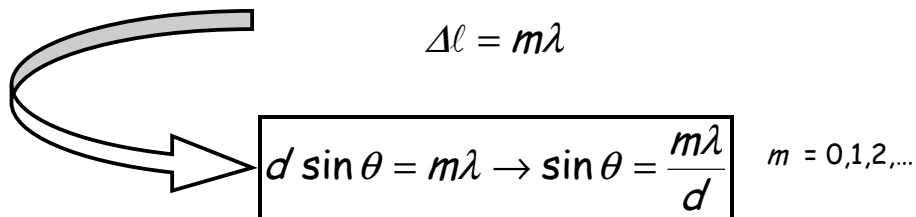
Penentuan posisi terang-gelap pada layar dapat dilakukan dengan menganggap jarak layar dari celah sangat besar (dibandingkan jarak antara kedua celah). Dengan anggapan ini, maka kedua berkas dapat dianggap sejajar.



Jika kedua berkas dianggap sejajar, maka beda panjang lintasan keduanya adalah

$$\Delta l = d \sin \theta$$

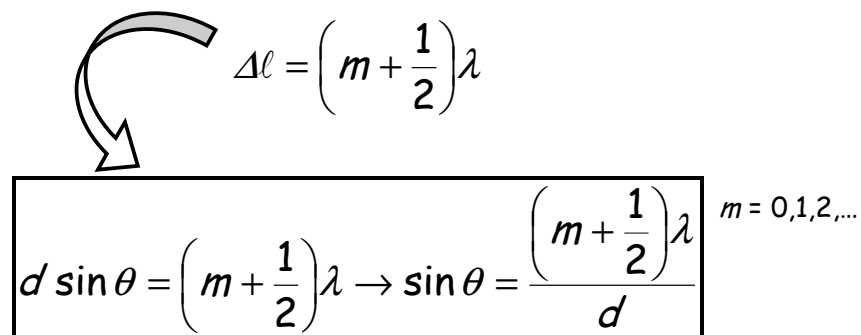
Interferensi maksimum (interferensi konstruktif) yang menghasilkan pola terang di layar terjadi jika beda panjang lintasan antara kedua gelombang merupakan kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang



$$\Delta l = m\lambda$$

$$d \sin \theta = m\lambda \rightarrow \sin \theta = \frac{m\lambda}{d} \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

Sedangkan interferensi minimum (interferensi destruktif) yang menghasilkan pola gelap terjadi jika beda panjang lintasan antara kedua gelombang adalah



$$\Delta l = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \rightarrow \sin \theta = \frac{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda}{d} \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

Misalkan bentuk gelombang dari sumber 1 di suatu posisi pada layar adalah  $E_1 = A \cos(\omega t)$  sedangkan akibat gelombang dari sumber 2 adalah  $E_2 = A \cos(\omega t + \varphi)$ .

$$E_T = E_1 + E_2 = 2A \cos \frac{\varphi}{2} \sin \left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$I \propto (\text{amplitudo})^2$$

$$I \propto \left( \cos \frac{\varphi}{2} \right)^2$$

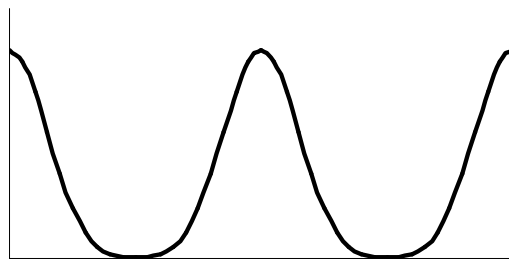
sedangkan

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (\Delta \ell) = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

Jadi

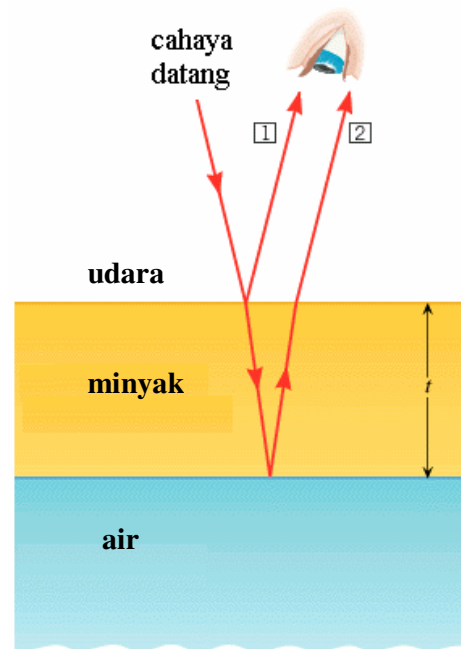
$$I \propto \left( \cos \left( \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right) \right)^2$$

Plot intensitas pola interferensi dua celah



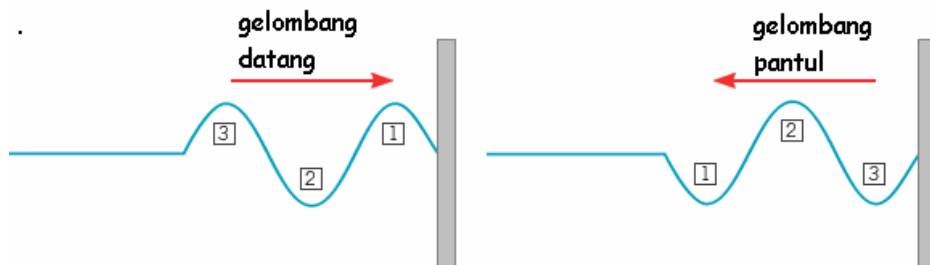
### Interferensi lapisan tipis

Cahaya monokromatik yang dikenakan pada suatu permukaan lapisan tipis dapat menunjukkan fenomena interferensi. Hal ini terjadi karena ada beda fasa antara berkas cahaya yang langsung dipantulkan (berkas 1) dengan cahaya yang mengalami pembiasan lebih dulu (berkas 2).



Perbedaan fasa antara berkas 1 dan 2 disebabkan adanya beda panjang lintasan dan juga karena pembalikan fasa saat gelombang dipantulkan oleh medium yang lebih rapat.

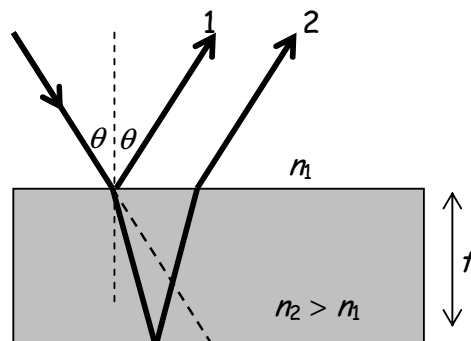
Analoginya seperti gelombang tali



Gelombang yang menjalar dari suatu medium menuju medium yang lebih rapat akan mengalami pemantulan oleh medium yang lebih rapat dan mengalami perubahan fasa sebesar  $\pi$ .

Sedangkan gelombang yang menjalar dari suatu medium menuju medium yang kurang rapat tidak mengalami perubahan fasa.

Misalkan fasa berkas gelombang datang adalah  $\varphi$ , maka berkas gelombang 1 mempunyai fasa yang berubah karena adanya pemantulan dari medium yang kurang rapat ( $n_1$ ) ke medium yang lebih rapat ( $n_2$ ).



Fasa gelombang 1 adalah  $\varphi_1 = \varphi + \pi$

Sedangkan berkas gelombang 2 fasanya berubah karena adanya perbedaan lintasan tempuh.

Jika  $\theta \approx 0$ , maka beda panjang lintasan yang ditempuh berkas gelombang 2 dibandingkan berkas gelombang 1 adalah  $2t$ . Beda panjang lintasan ini menimbulkan beda fasa sebesar

$$\Delta\varphi = \left( \frac{2t}{\lambda_{n_2}} \right) 2\pi = \frac{4\pi t}{\lambda_{n_2}}$$

Fasa gelombang 2 adalah  $\varphi_2 = \varphi + \Delta\varphi = \varphi + \frac{4\pi t}{\lambda_{n_2}}$

Beda fasa antara gelombang 1 dan 2 adalah

$$\Delta\varphi_{12} = |\varphi_2 - \varphi_1| = \left| \frac{4\pi t}{\lambda_{n_2}} - \pi \right| = \pi \left| \frac{4t}{\lambda_{n_2}} - 1 \right|$$

Interferensi maksimum (konstruktif) terjadi jika beda fasa total tersebut sama dengan bilangan bulat dikalikan dengan  $2\pi$ .

$$\pi \left( \frac{4t}{\lambda_{n_2}} - 1 \right) = 2m\pi \rightarrow 2t = \left( m + \frac{1}{2} \right) \lambda_{n_2}$$

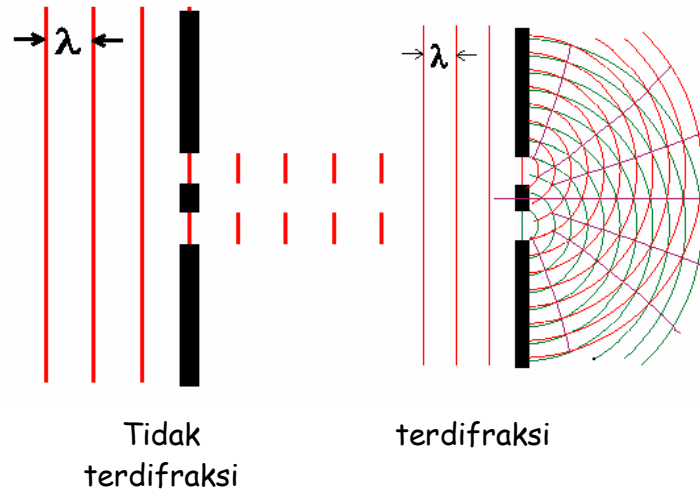
$\theta$

Interferensi minimum (destruktif) terjadi jika beda fasa total sama dengan setengah bilangan bulat dikalikan dengan  $2\pi$ .

$$\pi \left( \frac{4t}{\lambda_{n_2}} - 1 \right) = \left( m + \frac{1}{2} \right) 2\pi \rightarrow 2t = (m + 1) \lambda_{n_2}$$

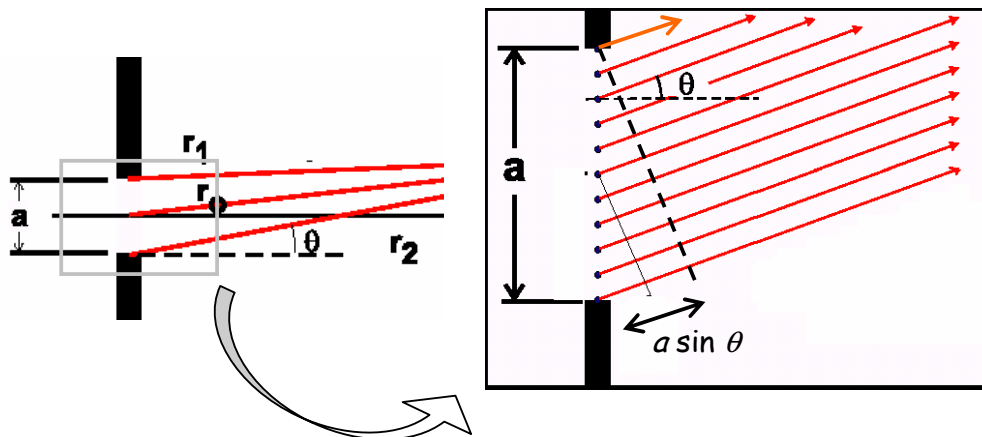
## Difraksi

Difraksi adalah peristiwa pembelokan gelombang saat melewati suatu objek (misalnya berupa rintangan ataupun celah).

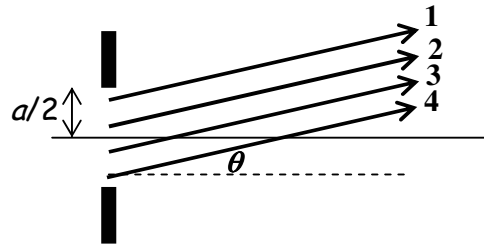


Berdasarkan prinsip Huygen, gelombang yang melewati celah dapat dipandang sebagai terdiri dari banyak sumber.

Jika posisi layar dapat dianggap sangat jauh dibandingkan dengan lebar celah  $a$ , maka berkas-berkas gelombang tersebut dapat dianggap sejajar.



Tinjau celah yang lebarnya  $a$  dan dipandang sebagai terdiri dari 4 sumber gelombang.



Jika gelombang 1 dan 3 panjang lintasannya berbeda sebesar  $\lambda/2$ , maka kedua gelombang ini akan menghasilkan interferensi destruktif. Hal yang sama juga akan terjadi untuk gelombang 2 dan 4.

Secara umum dapat dikatakan bahwa gelombang yang berasal dari sumber yang terpisah sejauh  $a/2$  dan mempunyai beda panjang lintasan sebesar  $m\lambda/2$  maka akan terjadi interferensi minimum.

Sehingga interferensi minimum terjadi jika

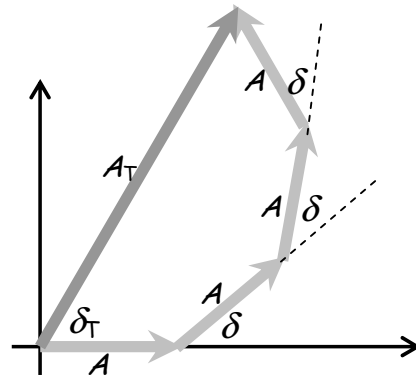
$$\frac{a}{2} \sin \theta = m \frac{\lambda}{2} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\sin \theta = m \frac{\lambda}{a}} \quad \text{Interferensi minimum}$$

Sedangkan posisi interferensi maksimum dapat diperoleh kira-kira di tengah dua posisi interferensi minimum yang berurutan.

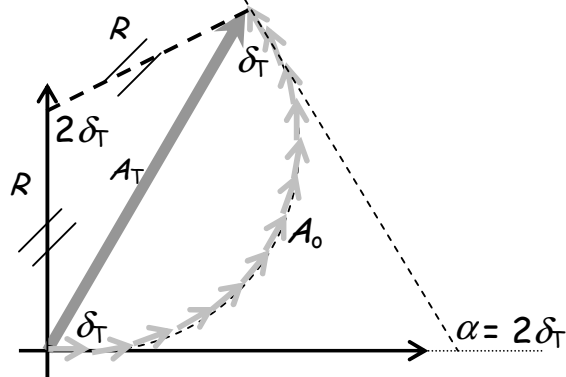
Misalkan celah tersebut dibagi menjadi 4 sumber gelombang dan beda fasa antara dua gelombang dari sumber yang berurutan adalah  $\delta$ .

$$\begin{aligned} E_1 &= A \cos(\omega t) & E_2 &= A \cos(\omega t + \delta) \\ E_3 &= A \cos(\omega t + 2\delta) & E_4 &= A \cos(\omega t + 3\delta) \end{aligned}$$

Superposisi gelombang-gelombang tersebut dapat diperoleh dengan cara fasor.



Pendekatan yang lebih tepat dapat dilakukan jika celah dipandang terdiri dari  $N$  ( $N \rightarrow \infty$ ) buah sumber gelombang.



$$\sin\left(\frac{2\delta_T}{2}\right) = \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{A_T}{2R} \rightarrow A_T = 2R \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Sedangkan panjang busur lingkaran adalah  $A_0$  yang sama dengan  $A_T$  jika  $\delta = 0$ . Hal ini berarti  $A_0$  menyatakan amplitudo gelombang yang segaris dengan titik tengah celah.

$$A_0 = R\alpha = R(2\delta_T) \rightarrow R = \frac{A_0}{2\delta_T} = \frac{A_0}{\alpha}$$

Sehingga

$$\frac{A_T}{A_0} = \left( \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \right)$$

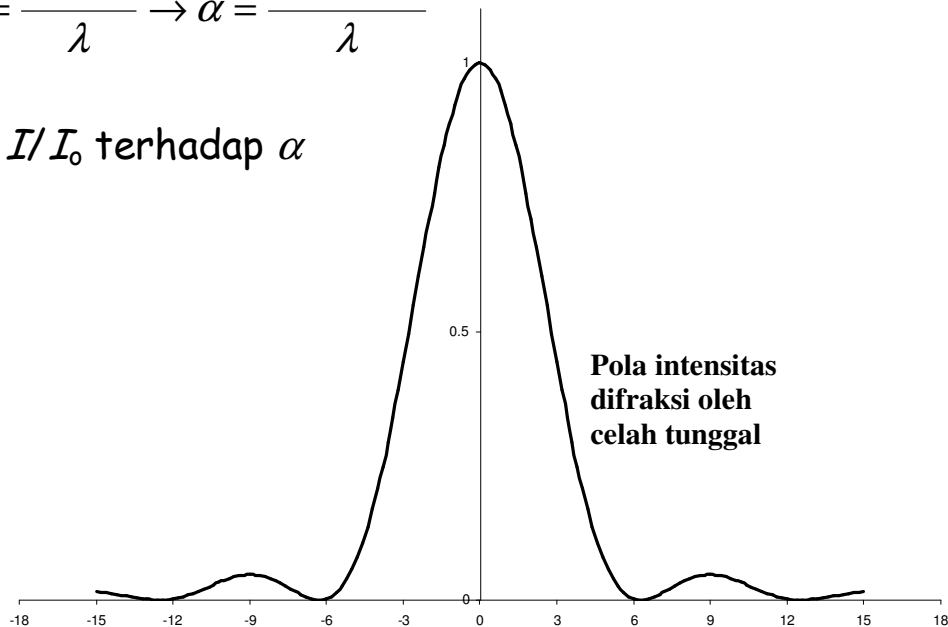
Karena intensitas sebanding dengan kuadrat amplitudo, maka

$$\frac{I}{I_0} = \left( \frac{\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2} \right)$$

$\alpha$  adalah beda fasa antara gelombang dari sumber di tepi atas dengan gelombang dari sumber di tepi bawah. Beda fasa ini disebabkan adanya beda panjang lintasan sebesar  $a \sin \theta$ .

$$\frac{\alpha}{2\pi} = \frac{a \sin \theta}{\lambda} \rightarrow \alpha = \frac{2\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

Plot  $I/I_0$  terhadap  $\alpha$



Kombinasi interferensi dan difraksi

Pembahasan tentang interferensi dua celah yang terdahulu didasarkan pada anggapan bahwa lebar celah

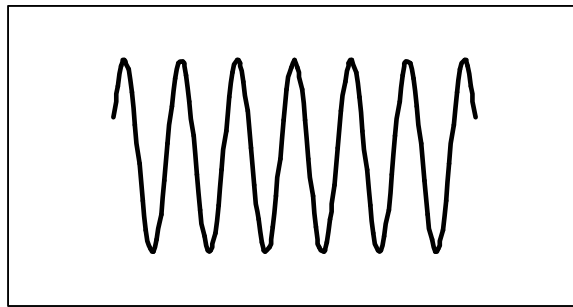
sangat kecil. Akibatnya interferensi maksimum yang didapat mempunyai bentuk yang rata.

Pada kenyataannya jika lebar celah tidak kecil, maka akan terjadi difraksi pada masing-masing celah. Akibatnya pola intensitas maksimum yang didapat tidak lagi rata.

Pola intensitas interferensi dua celah (yang celahnya mempunyai lebar tertentu) dapat diperoleh dengan mengalikan fungsi intensitas hasil interferensi dan fungsi intensitas hasil difraksi.

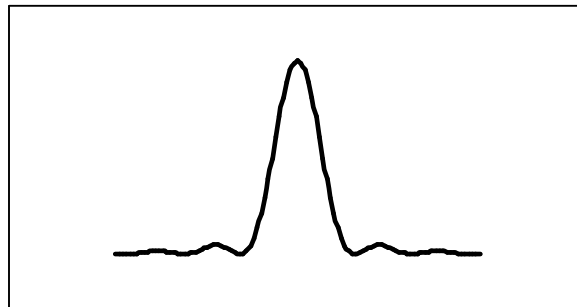
Fungsi intensitas interferensi dua celah yang jarak antar celahnya  $d$  adalah

$$I_{\text{int}} = \left( \cos\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta\right) \right)^2$$



Fungsi intensitas difraksi celah tunggal yang lebarnya  $a$  adalah

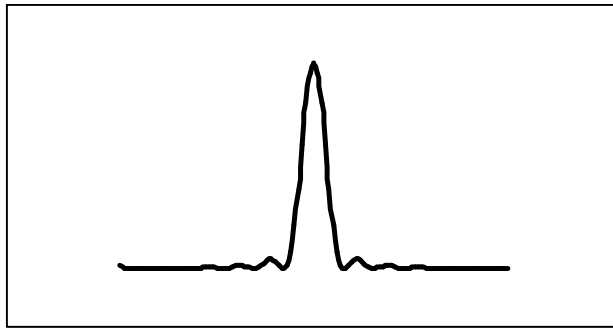
$$I_{\text{dif}} = \left( \frac{\sin^2\left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}\right)^2} \right)$$



Sehingga pola intensitas interferensi dua celah yang masing-masing celah lebarnya  $a$  dan jarak antar celah  $d$  adalah

$$I = (I_{\text{int}})(I_{\text{dif}})$$

$$= \left[ \cos^2\left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}\right) \frac{\sin^2\left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}\right)^2} \right]$$



Ada orde interferensi yang hilang, yaitu yang bertepatan dengan minimum yang dihasilkan pola difraksi.