

GELOMBANG : Traveling Wave, Standing Wave, Superposisi Gelombang

M. Ishaq

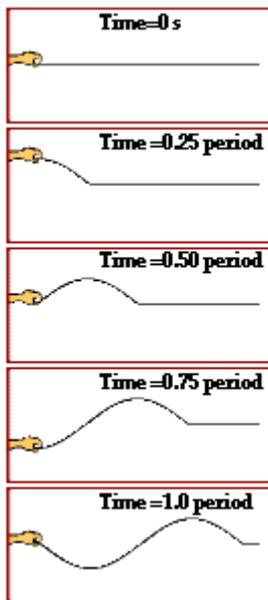
Salah satu fenomena fisis yang menarik dalam Fisika adalah gelombang dan dinamikanya. Dunia teknik mesin, sipil, elektronika, aeronautika, geosains, akustik, adalah sebagian kecil bidang yang sangat membutuhkan pemahaman pada fisika gelombang. Gelombang ada di manapun dalam kehidupan kita, secara sadar maupun tidak beberapa hal yang sering kita "lihat" sesungguhnya berbasiskan gelombang. Suara, cahaya, televisi, microwave, internet, komputer, handphone, dan banyak lagi ternyata adalah fenomena pemanfaatan gelombang semata. Dalam pembahasan kali ini, kita ingin memahami apa sesungguhnya gelombang itu. Untuk mengawali pembahasan kita tentang gelombang, ada baiknya anda kembali membaca pembahasan kita tentang gerak harmonik sederhana, mengingat beberapa terminologi seperti frekuensi, amplitudo, periode, persamaan gelombang dll akan banyak kita gunakan dalam bab ini.

PENGERTIAN GELOMBANG

Berbeda dengan Gerak Harmonik yang hanya bergetar (berosilasi) di satu tempat, gelombang adalah getaran yang menjalar melalui suatu medium dari satu titik (lokasi) menyebar ke titik yang lain. Dalam kasus gelombang suara (akustik) gelombang ini menyebar ke seluruh ruang 3 dimensi membentuk gelombang bola. Ketika kita di tengah suatu danau di atas sebuah perahu sampan, kemudian kita jatuhkan sebuah batu ke dalam sungai sehingga ketenangan permukaan danau "terganggu", maka kemudian "gangguan" yang berasal dari batu tersebut akan menjalar dan menyebar ke seluruh danau berupa riak-riak. Dalam kasus seperti ini kita biasa menamakan hal tersebut sebagai gelombang permukaan, dan yang menjadi mediumnya adalah air.



HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi



Kasus lain misalnya kita memiliki seutas tali yang salah satu ujungnya diikatkan pada tembok dan ujung lainnya kita pegang. Jika kita ganggu tali tersebut dengan cara menggetarkan ujung yang kita pegang maka kita akan melihat gangguan tadi menjalar sepanjang tali. Dalam gambar di samping gangguan tersebut menjalar dari kiri kemudian ke arah kanan. Dalam hal ini medium yang dipakai gelombang adalah tali.

Walaupun demikian tidak semua gelombang memerlukan medium. Cahaya (atau gelombang elektromagnet umumnya) adalah salah satu contoh gelombang yang sama sekali tidak membutuhkan medium, bahkan dalam ruang hampa cahaya dapat merambat. Bukankah kita dapat melihat cahaya bintang di malam hari yang jauhnya berjuta-

juta kilometer dalam ruang hampa udara ?

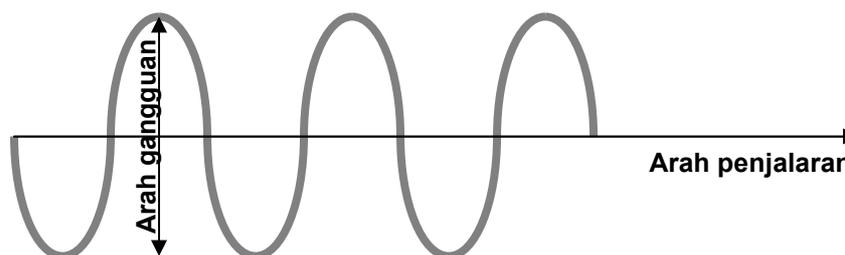
Namun, gelombang selain elektromagnetik pada umumnya memerlukan medium (perantara) untuk merambat, misalnya gelombang suara, gelombang elastik, gelombang listrik dan lain-lain

JENIS-JENIS GELOMBANG

Menurut penjarannya, kita biasa membagi gelombang dalam dua jenis :

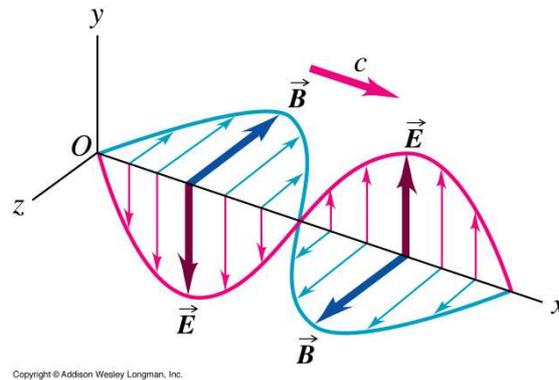
1. Gelombang Transversal

Yaitu gelombang yang arah gangguannya tegak lurus terhadap arah perambatan. Contohnya adalah perambatan gelombang tali pada gambar di atas. Gangguan yang kita berikan adalah vertikal (turun-naik) sedangkan penjarannya berarah horizontal.



Gelombang Transversal

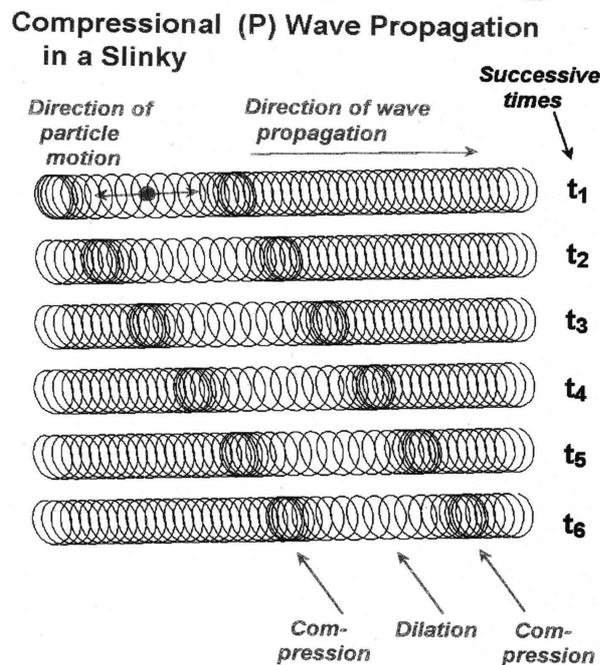
Gelombang cahaya, atau gelombang elektromagnetik pada umumnya merupakan salah satu contoh gelombang transversal, gelombang permukaan air, gelombang tali adalah contoh lainnya



Gelombang Elektromagnetik

2. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya searah dengan arah gangguannya. Tidak banyak gelombang yang menjalar dengan cara seperti ini, salah satunya adalah gelombang rapat (slinky wave) yang terjadi jika kita memiliki sebuah pegas yang cukup panjang kemudian kita ganggu dengan cara menggerakannya secara horizontal. Maka perambatannya akan terlihat sebagai rapat - tidak rapat - rapat - tidak rapat dan seterusnya. Contoh yang paling populer dari gelombang longitudinal adalah gelombang slinky :

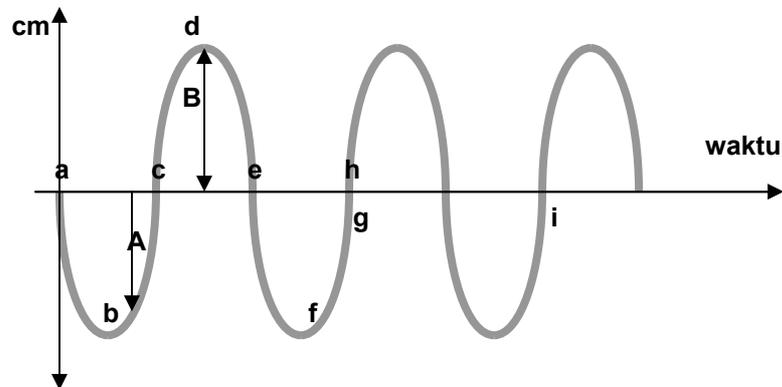


Slinky Wave

Gelombang suara, gelombang P pada gempa bumi merupakan contoh lain gelombang longitudinal.

HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi ANATOMI GELOMBANG

Marilah kita coba lihat bagaimana anatomi gelombang diuraikan dalam fisika. Sebagai contoh kita perhatikan gelombang transversal yang dihasilkan oleh gangguan kita pada tali seperti di atas, kita "potret" dan kita plot dalam sebuah koordinat kartesius :



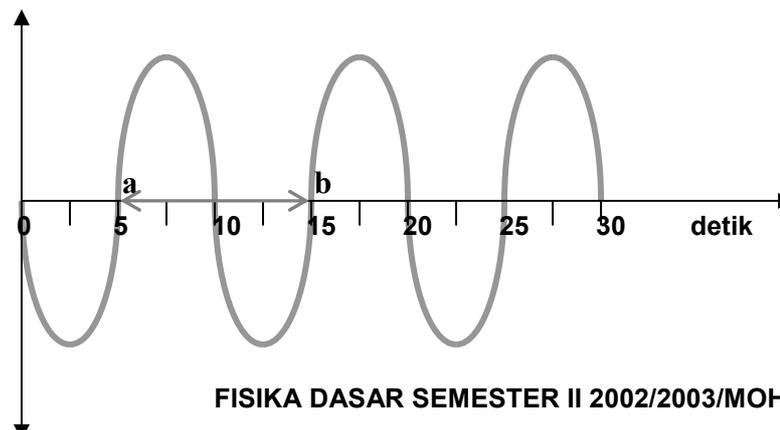
Untuk menyegarkan ingatan anda saya ulang beberapa istilah dalam anatomi gelombang :

- Amplitudo : jarak simpangan dari titik setimbangnya (panah A)
Amplitudo Maksimum : jarak maksimum dari titik setimbang (panah B)
Satu (Panjang) Gelombang : Adalah jarak satu titik ke titik berikutnya yang fasanya sama (Misal dari a-e, b-f, g-I, dll)
Periode : Waktu yang diperlukan gelombang untuk menempuh satu panjang gelombang
Frekuensi : Banyaknya gelombang dalam 1 detik

PROPERTI GELOMBANG

PERIODE (T)

- Adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk menempuh satu panjang gelombang.
- Satuan dari periode dalam SI adalah detik
- Dalam gambar di bawah satu periode adalah waktu dari a ke b



FREKUENSI (f)

- Frekuensi suatu gelombang menunjukkan seberapa cepat gelombang bergetar bolak-balik di sekitar titik setimbangnya. Semakin besar frekuensi gelombang maka semakin cepat dia beresilasi di sekitar titik setimbang.

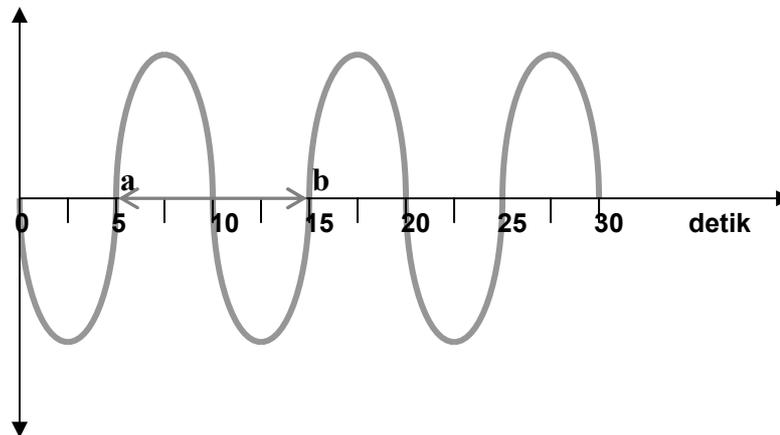


Frekuensi gelombang di sebelah kanan lebih besar

- Satuan frekuensi adalah Hertz atau detik⁻¹.
- Frekuensi bisa dihitung melalui periodanya melalui hubungan :

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

Sebagai contoh perhatikan gelombang berikut ini :



Kita ambil satu panjang gelombang dari a ke b. Waktu yang ditempuh dari a ke b adalah 10 detik. Kita katakan periode gelombang 10 detik sehingga frekuensinya adalah :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10} = 0,1\text{Hz}$$

KECEPATAN RAMBAT GELOMBANG (v)

Ada dua jenis kecepatan gelombang : *pertama*, kecepatan osilasi yaitu kecepatan gelombang bolak-balik di sekitar titik setimbang, dan *kedua*, kecepatan gelombang untuk menjalar, yang disebut dengan kecepatan rambat gelombang

Jika anda berada di tepi laut dan menyaksikan gelombang laut menuju anda yang kita lihat adalah bagian puncak dari gelombangnya menempuh panjang laut. Kecepatan gelombang laut ditunjukkan oleh seberapa cepat dia menuju anda, secara matematis dirumuskan sebagai jarak per satuan waktu , sebagai contoh jika gelombang laut

HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi

menempuh 10 meter dalam waktu 5 detik, maka kita katakan kecepatan rata-ratanya 2 m/detik. Secara umum :

$$\text{kecepatan} = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{waktu}}$$

atau dalam gelombang kita rumuskan :

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (1)$$

atau :

$$v = \lambda \cdot f \quad (2)$$

Kecepatanambat gelombang biasanya dipengaruhi oleh jenis medium yang dipakai :

Jenis Gelombang/Mediumnya	Kecepatan Rambatnya	Keterangan
Tali/Tali	$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$	F : tegangan tali; μ : massa jenis tali
Suara/Udara(fluida)	$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$	K : Modulus Bulk; ρ : massa jenis udara
Elastik/Padat	$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	E : Modulus Elastik
Elektromagnetik/-	$V=c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$	Kecepatannya konstan dan tidak memerlukan medium untuk merambat, hal ini merupakan kekecualian

FUNGSI GELOMBANG TRAVELING WAVE

Ingat kembali pembahasan kita tentang gerak harmonik sederhana, dimana solusi persamaan diferensialnya berbentuk :

$$y(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

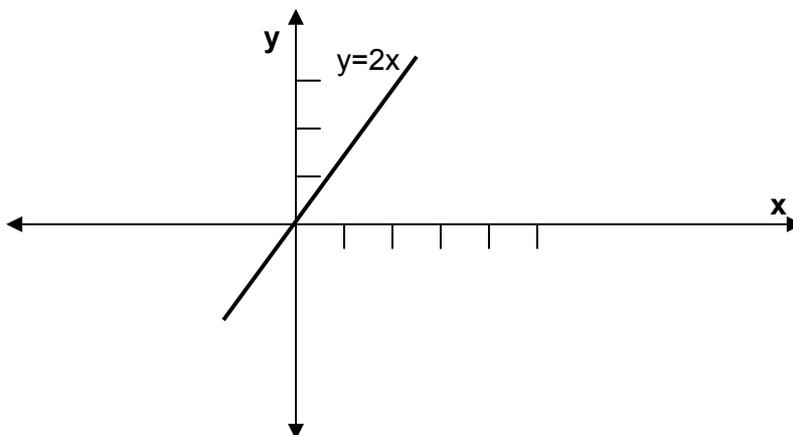
persamaan ini hanya mengandung variabel waktu t , artinya osilasi hanya terjadi di satu posisi dan tidak berpindah ke posisi lain. Jelas solusi seperti ini tidak memadai untuk mewakili fungsi gelombang. Kita membutuhkan variabel lain agar osilasi juga berpindah dari satu posisi ke posisi lain. Ini berarti bahwa kita harus memasukan variabel posisi pada solusi gerak harmonik sederhana. Untuk memudahkan marilah kita pandang persoalan satu dimensi dimana posisi kita nyatakan hanya pada arah x saja.

HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi

Sebelum itu, perhatikan sebuah fungsi sederhana berikut y yang merupakan fungsi dari x :

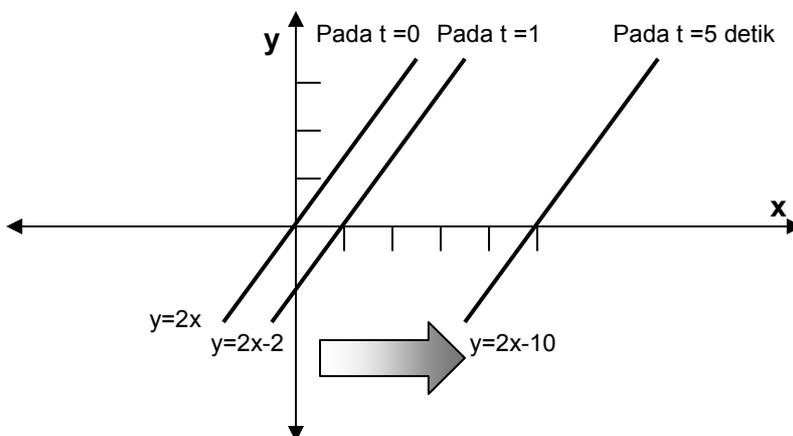
$$y(x) = 2x$$

jika kita sketsa dalam grafik :



Apa yang harus kita lakukan agar fungsi ini berpindah setiap saat ? cara yang harus ditempuh adalah dengan mengkombinasikannya dengan variabel waktu t . Mari kita ubah fungsi ini dengan memasukan variabel t dan lihat apa yang terjadi :

$$y(x,t) = 2(x-t)$$

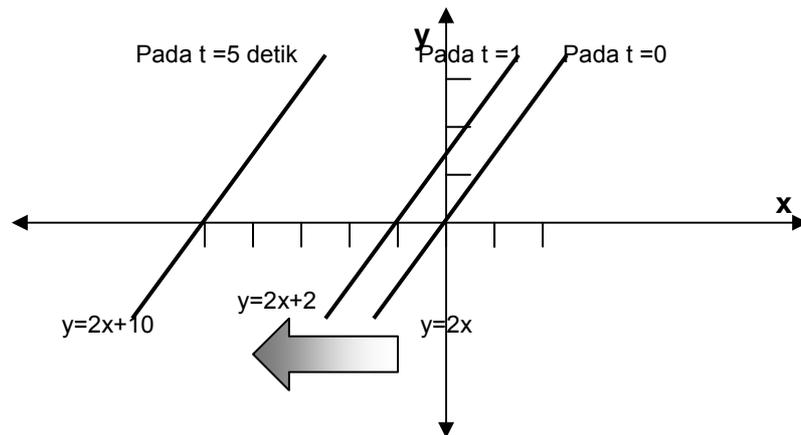


Fungsi ternyata berpindah setiap saat ke arah kanan.

Apa yang harus kita lakukan agar fungsi berpindah ke arah kiri ? Mari kita coba ubah fungsi di atas menjadi :

$$y(x,t) = 2(x+t)$$

dan perhatikan apa yang terjadi :



Kita berhasil membuat arah pergerakan grafik menjadi bergeser ke kiri.

Kita sekarang bisa simpulkan bahwa tanda negatif pada variabel t membuat kurva bergerak ke kanan, sedang tanda positif sebaliknya

$$y = y(x + t)$$

Bergerak ke kiri

$$y = y(x - t)$$

Bergerak ke kanan

Setelah kita bisa memanipulasi arah pergerakan kurva, sekarang kita ingin membuat pergerakan kurva menjadi lebih cepat (atau bisa juga lebih lambat), yang anda lakukan tinggal mengalikan t dengan sebuah konstanta lebih dari +1 agar lebih cepat bergerak ke kanan dan lebih kecil dari -1 agar lebih cepat bergerak ke kiri. Jika anda ingin memperlambatnya kalikanlah variabel t dengan nilai diantara -1 dan 1. Konstanta pengali ini sesungguhnya merupakan kecepatan penjalaran kurva.

$$y = y(x \pm v t)$$

Dengan demikian untuk membuat gelombang sinus (GHS) bergerak ke kanan dengan kecepatan v, kita tuliskan :

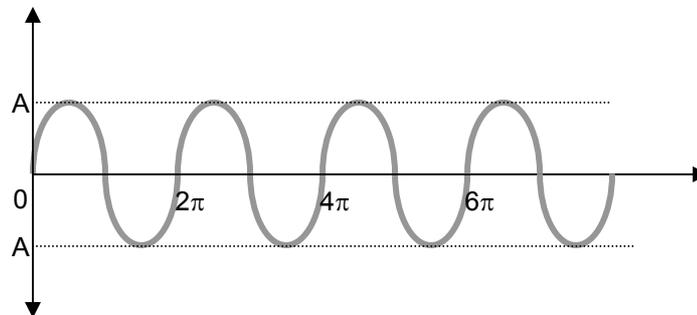
$$y(x, t) = A \cdot \sin(x - vt) \quad (3)$$

Namun dalam fisika, bentuk penulisan fungsi gelombang tersebut tidaklah terlalu populer, tapi tentu saja tidak berarti salah, karena untuk kepentingan banyak hal persamaan tersebut kurang memberikan informasi yang lengkap. Gelombang seperti disebut "traveling wave"

Kita definisikan dua besaran baru yang disebut bilangan gelombang k , dan frekuensi sudut ω . Dinamakan frekuensi sudut karena $\omega = 2\pi f$. k berhubungan dengan x (komponen ruang/spatial pada persamaan gelombang) dan ω berkaitan dengan t (waktu dalam persamaan 4 di atas), di mana :

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}, \text{ dan} \quad (4)$$

dengan kata lain kita ingin “menghubungkan” variabel x dan t pada persamaan (3) dengan sifat periodik (perulangan) fungsi sinus “asli” (istilah saya pribadi untuk menunjukkan fungsi sinus yang paling sederhana), yaitu 2π :
sebab $y = A \sin(x)$, periodik pada 2π :



Fungsi “asli” sinus periodik melalui penambahan 2π pada x

Kita tuliskan kembali persamaan (3) :

$$y(x, t) = A \cdot \sin(v \cdot t - x)$$

mengalikan argumen persamaan ini dengan konstanta tidak mengubah esensi dari persamaan gelombang :

$$\begin{aligned} y(x, t) &= A \cdot \sin k(v \cdot t - x) \\ &= A \cdot \sin(kvt - kx) \end{aligned}$$

tapi :

$$\begin{aligned} kv &= \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) \frac{\lambda}{T} \\ &= \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f \equiv \omega \end{aligned}$$

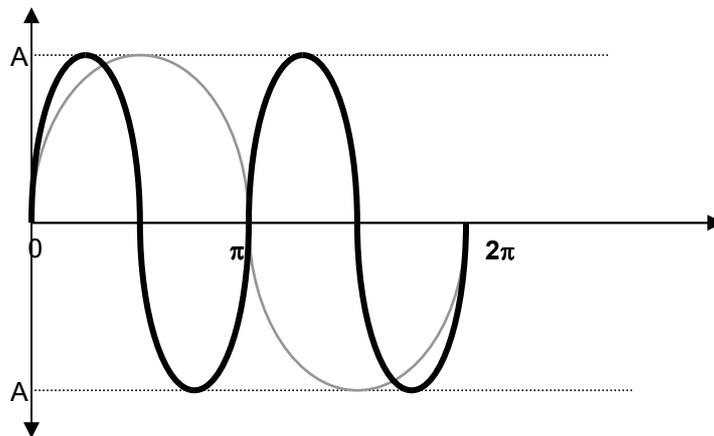
sehingga didapatkan persamaan gelombang :

$$y(x, t) = A \cdot \sin(kx - \omega t) \quad (5)$$

dibandingkan persamaan (4) persamaan (5) lebih informatif karena :

HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi

1. Menunjukkan perbandingan terhadap fungsi “asli” sinus, sehingga darinya bisa kita bayangkan perbandingan grafiknya, jika $k >$ artinya ia lebih cepat berosilasi dibanding fungsi sinus “asli”nya begitu juga jika $\omega > 1$.



Kurva tebal menunjukan fungsi $y = A \sin 2x$ yang Berosilasi lebih cepat dibanding $y = A \sin x$

2. Memberikan nilai frekuensi yang diperoleh dari ω , di mana f merupakan besaran fisis paling penting dalam suatu gelombang
3. Memberikan informasi panjang gelombang. Panjang gelombang adalah informasi tentang jenis gelombang yang menjalar
4. Kecepatan rambat gelombang bisa kita peroleh melalui hubungan :

$$v = \frac{\omega}{k}$$

Contoh :

Misalkan diketahui sebuah persamaan gelombang $y = 0,2 \sin(2x-4t)$, jelaskanlah makna fisis dari persamaan gelombang tersebut.

Jawab :

Maknanya adalah :

Amplitudo maksimumnya = 0,2

Panjang gelombangnya = $(2\pi/\lambda) = 2$ sehingga $\lambda = \pi = 3,14 \text{ rad} = 180^\circ$

Frekuensinya = $(2\pi f) = 4$ sehingga $f = 2/\pi \text{ Hz}$

Kecepatannya = $-4/2 = -2 \text{ m/s}$ (arah kanan)

KECEPATAN OSILASI GELOMBANG

Jika pada poin terdahulu kita telah sebutkan cepat rambat gelombang, maka kecepatan osilasi gelombang adalah tidak lain merupakan turunan pertama dari persamaan gelombang (5) yaitu :

$$y(x, t) = A \cdot \sin(kx - \omega t)$$
$$\frac{dy}{dt} = -A\omega \cdot \cos(kx - \omega \cdot t) \quad (6)$$

PERCEPATAN OSILASI GELOMBANG

Pecepatan osilasi gelombang adalah turunan kedua dari persamaan gelombang atau turunan pertama dari kecepatannya :

$$y(x, t) = A \cdot \sin(kx - \omega \cdot t)$$
$$\frac{d^2y}{dt^2} = A \cdot \omega^2 \sin(kx - \omega \cdot t) \quad (7)$$

ENERGI YANG DITRANSMISIKAN PADA GELOMBANG

Jika energi potensial gravitasi diabaikan dan satu-satunya energi yang terlibat adalah energi kinetik, maka energi kinetik pada suatu satuan massa Δm :

$$\begin{aligned} \Delta E &= \frac{1}{2}(\Delta \cdot m)v^2 \\ &= \frac{1}{2}(\mu \cdot \Delta x)(A \cdot \omega)^2 \\ &= \frac{1}{2}(\mu \cdot v \cdot \Delta t)(A \cdot \omega)^2 \end{aligned}$$

dengan demikian energi yang ditransmisikan setiap suatu satuan waktu Δt :

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot v \cdot A^2 \cdot \omega^2 \quad (8)$$

Kita lihat bahwa daya (atau energi persatuan waktu) sebanding dengan amplitudo dan kecepatan gelombang.

PRINSIP SUPERPOSISI GELOMBANG DAN STANDING WAVE

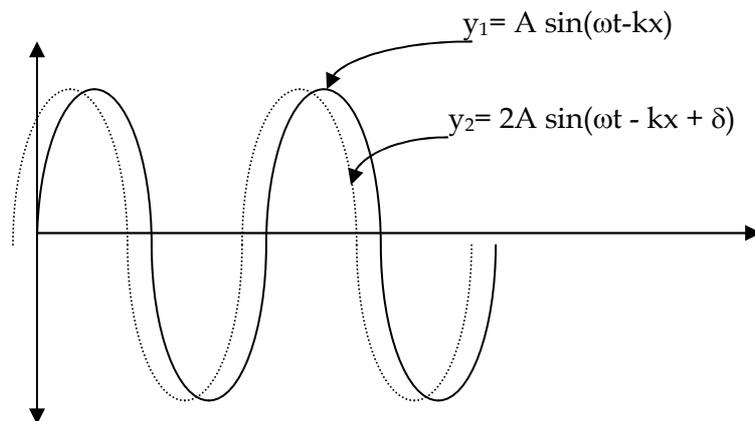
Bagaimana jika seandainya ada dua gelombang bertemu ? Apa yang terjadi ? apakah akan saling menguatkan atau melemahkan dan apakah yang mempengaruhinya ?

Perpaduan gelombang diistilahkan dengan superposisi gelombang atau penjumlahan gelombang.

Misalkan terdapat dua gelombang y_1 dan y_2 yang berbeda fase sebesar δ , dengan persamaan gelombang :

$$y_1 = A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx)$$

$$y_2 = 2A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx + \delta)$$



misalkan gelombang hasil superposisi adalah Y

$$Y = y_1 + y_2 = A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx) + 2A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx + \delta)$$

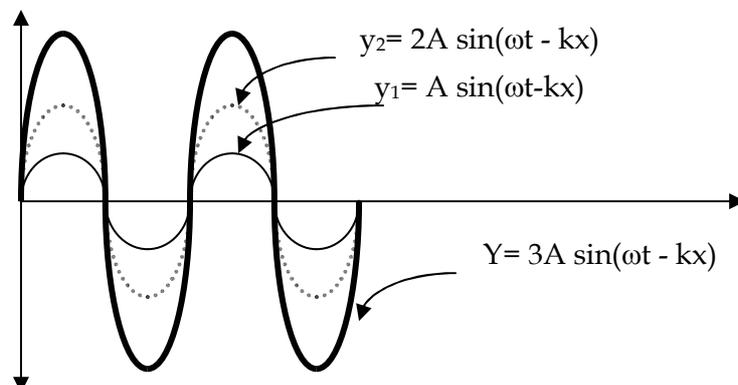
Ada berbagai kemungkinan yang bisa terjadi :

Jika $\delta = 0$

$$\begin{aligned} Y &= y_1 + y_2 = 2A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx) + A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx + 0) \\ &= 3A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx) \end{aligned}$$

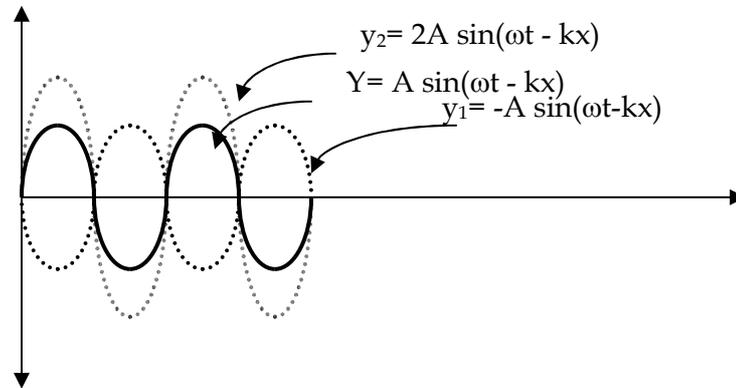
yang disebut juga interferensi konstruktif, karena kedua gelombang saling menguatkan.

Syarat interferensi konstruktif adalah jika fasanya sama.



Jika $\delta = 180^\circ$

$$\begin{aligned} Y &= y_1 + y_2 = 2A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx) + A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx + 180^\circ) \\ &= 2A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx) - A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx) \\ &= A \cdot \sin(\omega \cdot t - kx) \end{aligned}$$



Fenomena ini disebut interferensi destruktif karena satu gelombang melemahkan yang lain sehingga amplitudo berkurang, yang akibatnya amplitudo hasil superposisi mengecil (sehingga energinya pun berkurang).

Hasil superposisi bisa bervariasi bergantung frekuensi, amplitudo, fasa dll. Namun, superposisi gelombang bisa dihitung dengan cara yang sama, tentunya dengan sedikit pengetahuan trigonometri.

Agar intuisi anda lebih tajam, saya berikan contoh dengan menggunakan program MATLAB, anda bisa mencobanya di rumah dengan memakai *excel* :

Misalkan dua gelombang :

$$Y_1 = 0,25\sin(2\pi \cdot 100 - 2\pi/1)$$

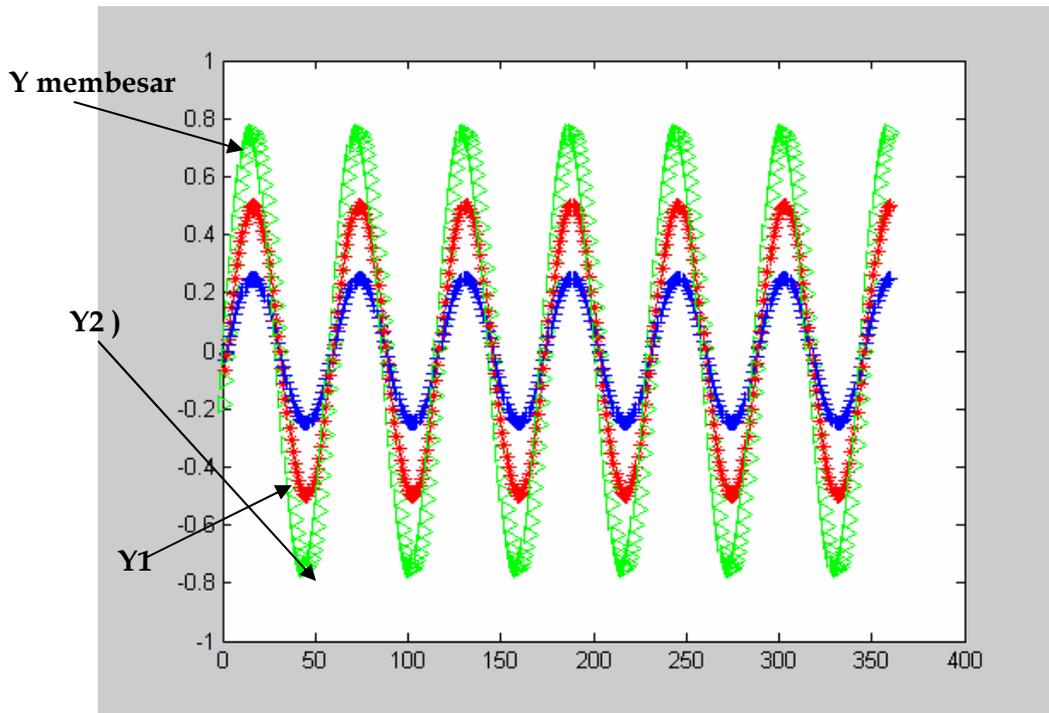
$$Y_2 = 0,5\sin(2\pi \cdot 100 - 2\pi/1 + \delta)$$

Dari kedua gelombang di atas kita ketahui bahwa frekuensi gelombang adalah 100 Hz dan panjang gelombangnya 1 meter.

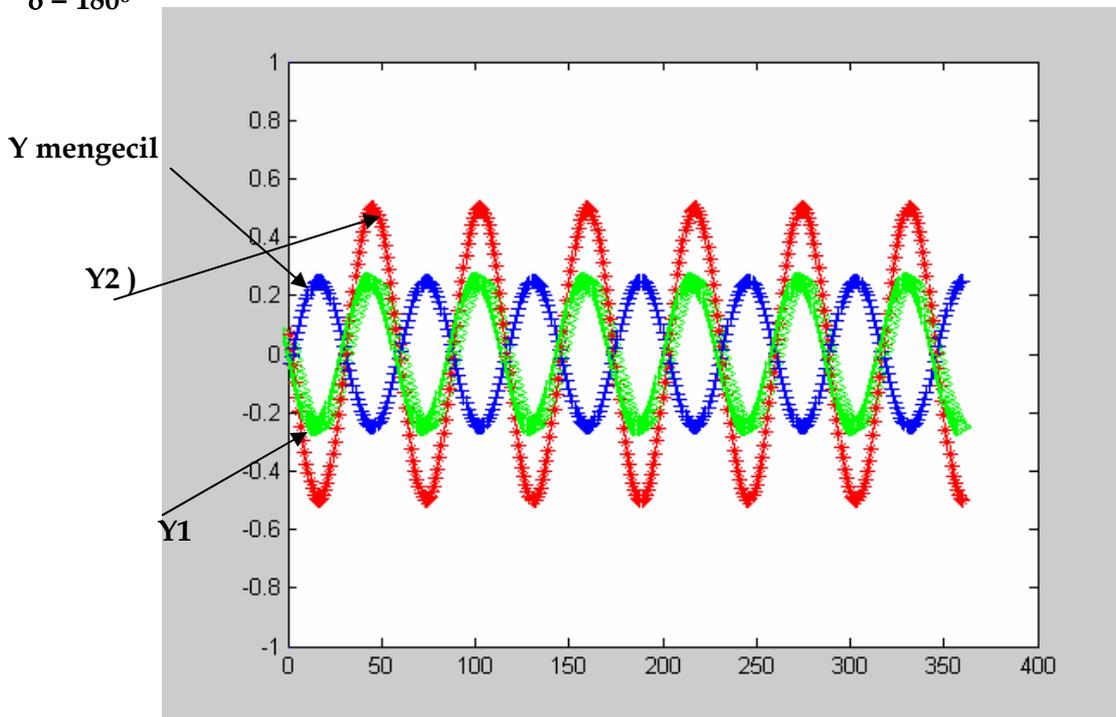
Sekarang kita akan bermain-main dengan nilai δ , dengan cara mengubah-ubah harga δ kemudian kita akan kita jumlahkan kedua gelombang dan melihat hasilnya :

$$\delta = 0^\circ$$

Hasilnya



$$\delta = 180^\circ$$



Perhatikan grafik Y, anda lihat ketika $\delta = 0$ kedua gelombang Y1 dan Y2 tidak berbeda fasa dan saling memperkuat atau biasa disebut **berinterferensi konstruktif**, sehingga menghasilkan gelombang yang lebih besar amplitudonya. Hal yang berlawanan anda lihat

HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi
pada $\delta = 180$, amplitudo gelombang Y menjadi kecil karena fasa gelombang Y1 dan Y2 menjadi berlawanan sehingga **berinterferensi destruktif**.

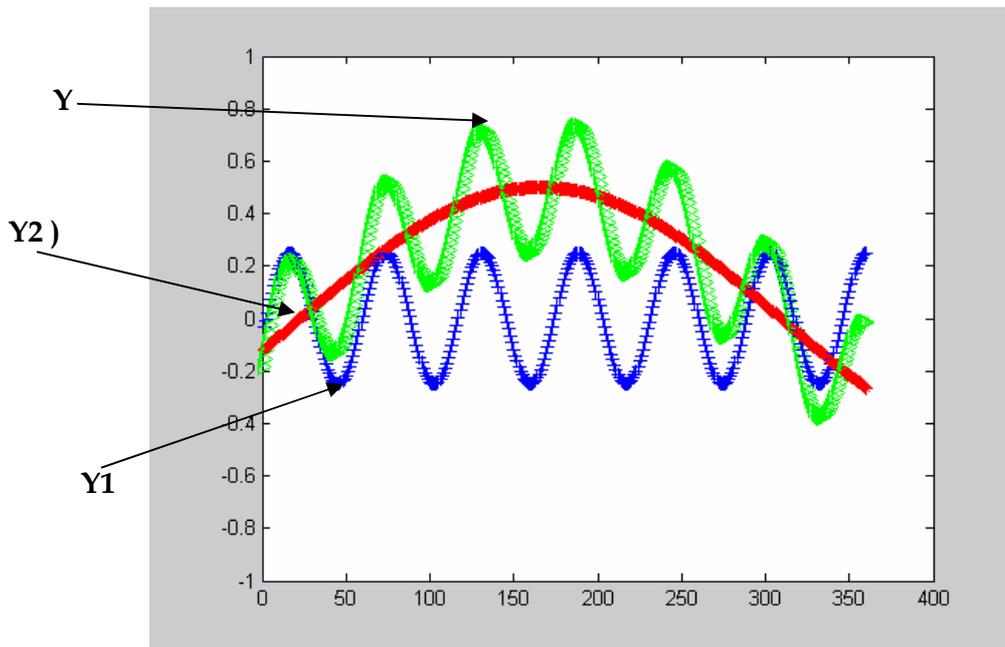
Kita juga akan bermain-main dengan panjang gelombang Y1 dan Y2 dan kemudian menjumlahkannya :

$$Y_1 = 0,25\sin(2\pi \cdot 100 - 2\pi/1)$$

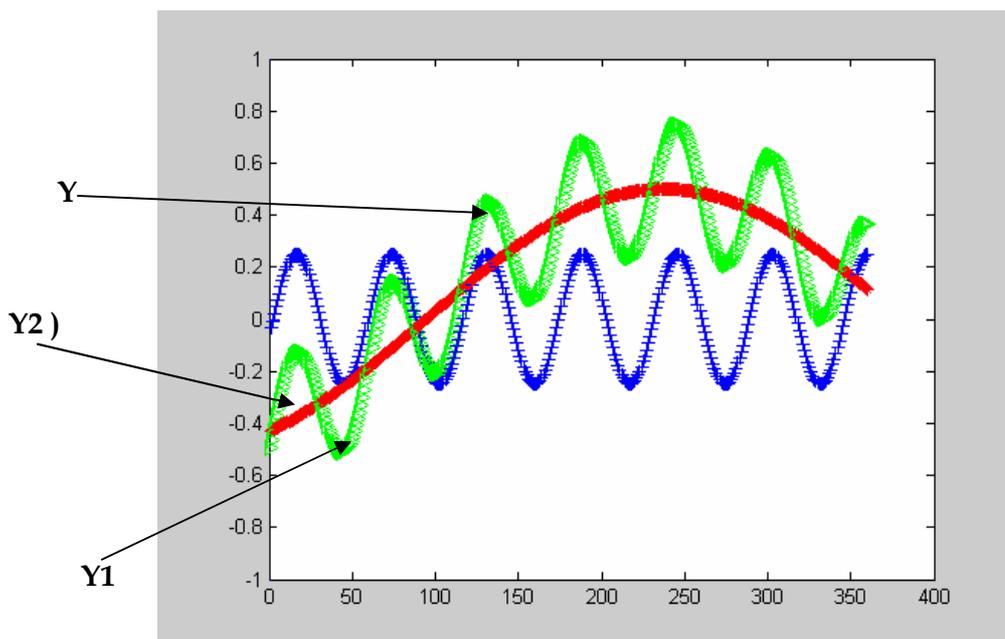
$$Y_2 = 0,5\sin(2\pi \cdot 100 - 2\pi/2 + \phi)$$

Panjang gelombang Y1 1 meter dan panjang gelombang Y2 2 meter, kita akan jumlahkan untuk beda fasa ϕ .

$$\phi = 0$$



$$\phi = 45$$

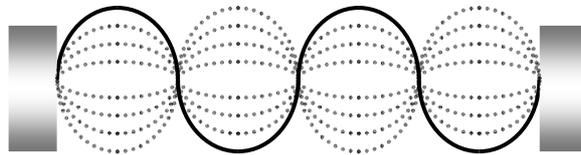


HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi

Kita lihat bahwa ketika gelombang Y_1 dijumlahkan dengan Y_2 , seakan-akan gelombang yang memiliki panjang gelombang lebih kecil Y_1 "menumpang" pada gelombang berpanjang gelombang lebih besar Y_2 .

Dalam pembahasan sebelumnya, kita hanya membatasi diri pada pembahasan gelombang pada medium yang tidak terbatas. Pada beberapa kasus gelombang tersebut dibatasi oleh mediumnya. Misalnya gelombang pada dawai gitar atau biola, di mana penjarannya terbatas pada dawainya saja.

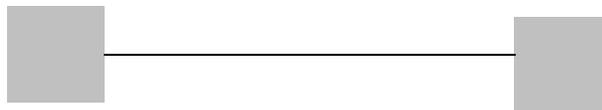
Gelombang yang datang, dipantulkan pada ujung medium kemudian berbalik arah dan bersuperposisi dengan gelombang awal, sehingga menghasilkan sebuah gelombang berdiri. Saya berikan ilustrasinya sebagai berikut :



Bagaimanakah mekanisme terjadinya gelombang berdiri ini ? Kita akan membagi pembahasan gelombang berdiri menjadi 2 bagian : *pertama*, gelombang berdiri dua ujung tetap dan *kedua*, gelombang berdiri satu ujung tetap

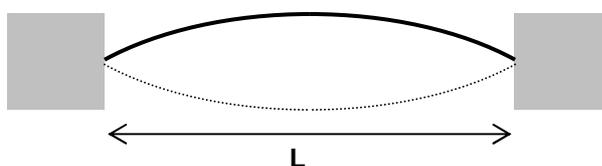
DUA UJUNG TETAP

Kita akan membahas gelombang berdiri ini melalui contoh sederhana yaitu sebuah dawai yang kedua ujungnya terikat seperti berikut :



jika dawai digetarkan, ada beberapa kemungkinan bentuk gelombang terjadi. Bentuk gelombang yang paling sederhana adalah :

(kita namakan $n=1$)



HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi

kemungkinan selanjutnya

(n=2)



atau :

(n=3)



dan seterusnya.

Jika panjang tali adalah L , maka :

Untuk $n=1$

$$L = \frac{1}{2} \cdot \lambda_1$$

untuk $n = 2$

$$L = 1 \cdot \lambda_2 = \frac{2}{2} \cdot \lambda_2$$

untuk $n = 3$

$$L = \frac{3}{2} \cdot \lambda_3$$

kita bisa menduga kemungkinan keempatnya ($n=4$) adalah :

$$L = \frac{3}{2} \cdot \lambda_4$$

secara umum kita bisa peroleh rumusan untuk gelombang berdiri dua ujung tetap :

$$L = \frac{n}{2} \cdot \lambda_n \quad (9)$$

dengan $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

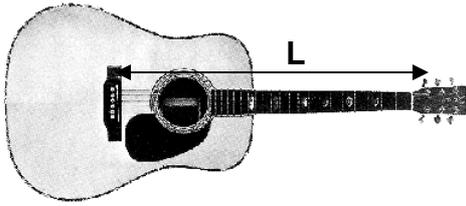
atau bisa kita tuliskan :

$$\lambda_n = \frac{2}{n} L$$

karena $\lambda = \frac{v}{f}$, sehingga :

$$f_n = n \frac{v}{2L} \quad (10)$$

HAND OUT FISIKA DASAR 2/GELOMBANG : Gelombang Tali, Gelombang berdiri, superposisi



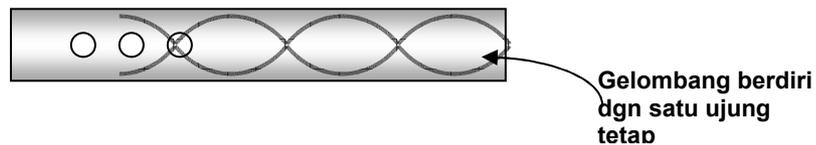
Ketika anda bermain gitar, sesungguhnya anda sedang bermain frekuensi dengan cara mengatur panjang L pada persamaan (10), caranya dengan menekan senar pada fret-fret (ruas gitar). Jadi sesungguhnya Fisika dan musik adalah dua hal yang sangat berhubungan. Alat musik lain seperti

biola, violin, kecapi dan alat musik string lain memiliki prinsip yang sama.

SATU UJUNG TETAP

Jika gitar merepresentasikan sebuah gelombang berdiri dengan dua ujung tetap, maka seruling merupakan salah satu contoh gelombang satu ujung tetap. Namun yang berperan sebagai gelombang bukan lagi dawai, tapi suara (hembusan nafas) dari mulut kita.

Jika kita sederhanakan anatomi suling kita dapatkan ilustrasi seperti berikut :

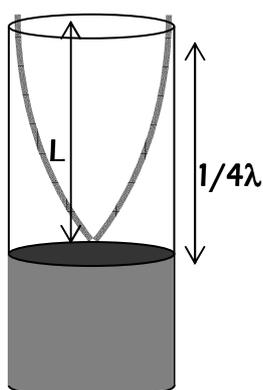


Berikut ini, kita akan membahas bagaimana mekanisme gelombang berdiri dengan satu ujung tetap.

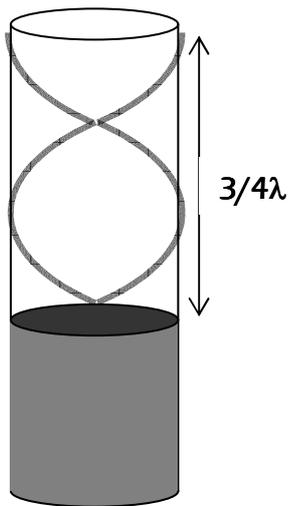
Kita akan membahas gelombang berdiri dengan satu ujung tetap ini melalui sebuah tabung yang salah satu ujungnya tertutup oleh permukaan air yang dapat diatur tinggi rendahnya. Kemudian ke dalam tabung dialirkan gelombang suara, misal dari sebuah garputala (anda telah menjumpai percobaan ini di Laboratorium Fisika pada semester I)

Ketika gelombang suara masuk ke dalam tabung ada beberapa kemungkinan bentuk gelombang yang akan terjadi. Gelombang yang paling sederhana adalah : (ingat bahwa bentuk gelombang suara tidak seperti gelombang tali namun merupakan gelombang berbentuk bola, gambar berikut menunjukkan ilustrasi saja)

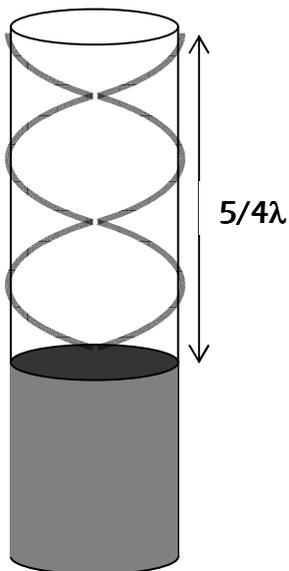
$n=1$



Untuk $n=2$



Untuk $n=3$



Tentu anda bisa menebak rumusan selanjutnya untuk $n=4$:

$$L = \frac{7}{4} \cdot \lambda$$

Secara umum kita formulasikan :

$$L = \frac{n}{4} \cdot \lambda_n$$

dengan $n = 1, 3, 5, \dots$

Saya akan mencukupkan pembahasan tentang gelombang sampai disini. Kita lanjutkan dengan pembahasan khusus tentang bunyi.

SOAL-SOAL

1. Cobalah interferensikan dua gelombang berikut menggunakan excel :

$$\text{Frekuensi 1} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Frekuensi 2} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Panjang gelombang 1} : 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang gelombang 2} ; 0,5 \text{ meter}$$

$$Y1 = 0,5 \sin (2\pi f_1 t - 2\pi/\lambda_1 x)$$

$$Y2 = 0,5 \sin (2\pi f_2 t - 2\pi/\lambda_2 x)$$

2. Cobalah interferensikan dua gelombang berikut menggunakan excel :

$$\text{Frekuensi 1} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Frekuensi 2} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Panjang gelombang 1} : 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang gelombang 2} ; 0,5 \text{ meter}$$

$$Y1 = 0,5 \sin (2\pi f_1 t - 2\pi/\lambda_1 x)$$

$$Y2 = 0,5 \sin (2\pi f_2 t - 2\pi/\lambda_2 x + \pi)$$

Ambillah kesimpulan dari dua hasil di atas

3. Cobalah interferensikan dua gelombang berikut menggunakan excel :

$$\text{Frekuensi 1} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Frekuensi 2} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Panjang gelombang 1} : 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang gelombang 2} ; 0,5 \text{ meter}$$

$$Y1 = 0,5 \sin (2\pi f_1 t - 2\pi/\lambda_1 x)$$

$$Y2 = 0,5 \sin (2\pi f_2 t - 2\pi/\lambda_2 x)$$

4. Cobalah interferensikan dua gelombang berikut menggunakan excel :

$$\text{Frekuensi 1} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Frekuensi 2} = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{Panjang gelombang 1} : 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang gelombang 2} ; 1 \text{ meter}$$

$$Y1 = 0,5 \sin (2\pi f_1 t - 2\pi/\lambda_1 x)$$

$$Y2 = 0,5 \sin (2\pi f_2 t - 2\pi/\lambda_2 x + \pi)$$

Ambillah kesimpulan dari grafik yang anda peroleh dari nomor 3 dan 4