

# GELOMBANG STASIONER

BAHAN AJAR MATA PELAJARAN FISIKA 3

## Standar Kompetensi

1. Menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang dalam menyelesaikan masalah

## Kompetensi Dasar:

1.1 Mendeskripsikan gejala dan ciri-ciri gelombang secara umum

## Indikator

- Mengidentifikasi persamaan gelombang stasioner
- Mengukur panjang gelombang pada tali melalui percobaan

## TUJUAN

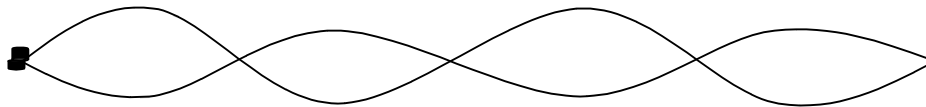
Setelah mengikuti kegiatan ini anda dapat:

1. Mendeskripsikan karakteristik gelombang stasioner
2. Mengidentifikasi persamaan gelombang stasioner
3. Menerapkan konsep dan prinsip gelombang stasioner pada pemecahan masalah

## MATERI

### A. Pendahuluan

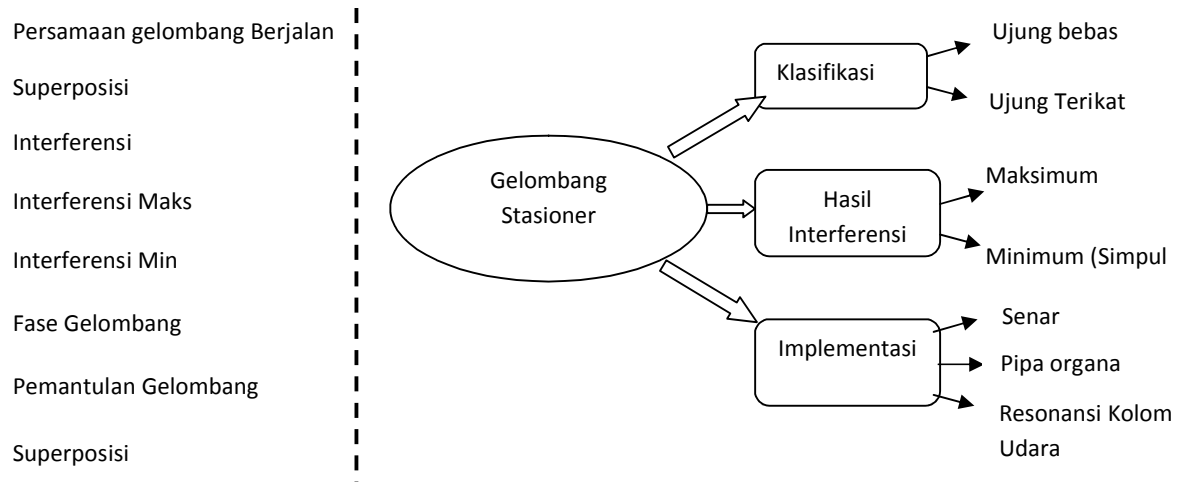
Pernahkah anda melihat getaran gelombang yang merambat pada seutas tali, namun tidak nampak gerakan rambatannya? Bahkan anda melihatnya seolah-olah tidak ada rambatan gelombang karena hanya terlihat gerak getarannya saja seperti tampak pada tampilan berikut ini. (Animasi pembentukan gelombang stasioner dapat anda ikuti melalui presentasi guru di kelas, atau melalui CD bahan ajar Fisika)



Bentuk gelombang seperti di atas merupakan gelombang stasioner atau gelombang berdiri. Anda dapat melihat dengan mudah senar gitar yang dipetik membentuk gelombang stasioner. Apakah gelombang stasioner itu? Mengapa gelombang stasioner dapat terjadi? Prinsip apa saja yang berlaku pada gelombang stasioner? Bagaimana penerapannya dalam kehidupan sehari-hari?

## B. Ruang Lingkup

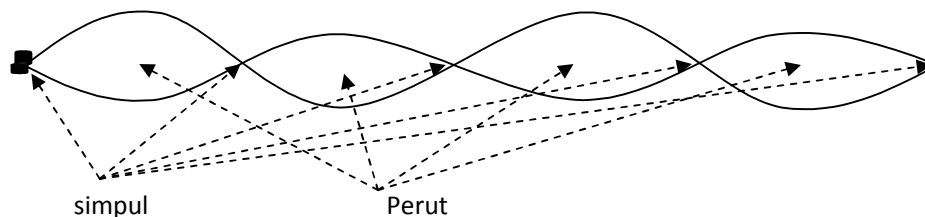
Pemahaman konsep dan prinsip gelombang stasioner berkaitan dengan konsep lain yang telah dijelaskan, yaitu konsep tentang superposisi dan interferensi gelombang, pemantulan gelombang, fase gelombang, dan lain-lain. Keterkaitan konsep dan ruang lingkup gelombang stasioner digambarkan sebagai berikut



## C. Uraian Materi

Gelombang stasioner merupakan perpaduan (superposisi) antara dua gelombang yang berlawanan arahnya. Kedua gelombang yang berpadu memiliki amplitudo, panjang gelombang, dan frekuensi sama atau hampir sama. Kedua gelombang ini dapat dikatakan sebagai gelombang yang koheren sehingga menimbulkan interferensi pada setiap titik yang dilewati gelombang.

Interferensi pada setiap titik berpeluang untuk menghasilkan gelombang baru berbentuk gelombang stasioner dengan karakteristik tertentu. Titik-titik yang terjadi interferensi maksimum menghasilkan gelombang dengan amplitudo paling besar sehingga membentuk titik perut (anti node). Sedangkan titik-titik yang terjadi interferensi minimum menghasilkan gelombang dengan amplitudo terkecil atau nol sehingga membentuk titik simpul (node). Ilustrasi titik simpul dan perut diperlihatkan pada gambar berikut.



Bagaimana terjadinya gelombang stasioner? Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa gelombang stasioner merupakan hasil perpaduan dua gelombang koheren yang arahnya berlawanan. Untuk mendapatkan dua gelombang koheren berlawanan dapat dilakukan seperti langkah berikut.

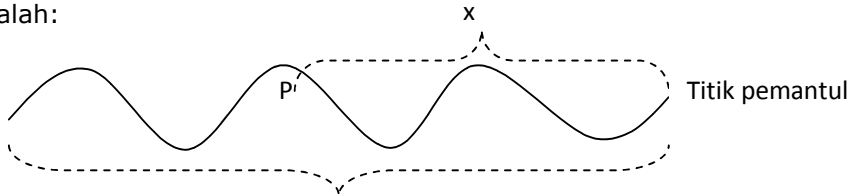
1. Rentangkan tali kemudian getarkan garpu tala atau sumber getar lain pada salah satu ujung tali

- Amatilah tali, maka akan terbentuk gelombang stasioner yang terdiri dari simpul dan perut

Ketika sumber getar menyentuh tali (O), maka gelombang datang merambat ke ujung tali lain dengan persamaan

$$Y_D = A \sin (\omega t - kx)$$

Berdasarkan gambar berikut ini, maka persamaan gelombang datang pada titik P adalah:



$$Y_D = A \sin \omega \left( t - \frac{L-x}{v} \right)$$

Keterangan:

$Y_D$  = persamaan gelombang datang

$A$  = Amplitudo

$\omega = 2\pi.f \rightarrow f$  = frekuensi

$L$  = panjang tali

$x$  = jarak titik P dari ujung pemantul

Setelah sampai di titik pemantul gelombang akan berbalik arah, menghasilkan gelombang pantul dengan persamaan tertentu. Jika titik pantul merupakan ujung tali dengan ikatan kuat (ujung terikat) maka gelombang pantul akan mengalami pembalikan fase. Sedangkan jika titik pantul merupakan ujung tali dengan ikatan longgar (ujung bebas) maka gelombang pantul tidak mengalami pembalikan fase. Dengan demikian terdapat dua kemungkinan persamaan gelombang pantul, yaitu:

- Gelombang pantul ujung bebas dengan persamaan

$$Y_p = A \sin \omega \left( t - \frac{L+x}{v} \right)$$

- Gelombang pantul ujung terikat dengan persamaan

$$Y_p = -A \sin \omega \left( t - \frac{L+x}{v} \right)$$

$Y_p$  = persamaan gelombang pantul

Oleh karena itu terdapat terdapat dua jenis gelombang stasioner, yaitu pada ujung bebas dan ujung terikat

- Gelombang Stasioner Ujung Bebas

Dengan menjumlahkan gelombang datang dan pantul maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut

$$Y_s = Y_D + Y_p$$

$$Y_s = A \sin \omega \left( t - \frac{L-x}{v} \right) + A \sin \omega \left( t - \frac{L+x}{v} \right)$$

Dengan menggunakan penjumlahan  $\sin A + \sin B = 2A \sin \frac{jml}{2} \cos \frac{selisih}{2}$ , maka diperoleh persamaan

$$Y_S = 2A \sin \omega \left( t - \frac{2L}{v} \right) \cos \omega \left( \frac{2x}{v} \right), \text{ atau menjadi}$$

$$Y_S = 2A \sin \omega \left( t - \frac{L}{v} \right) \cos kx$$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ , adalah bilangan gelombang.

Persamaan gelombang stasioner ujung bebas sering ditulis

$Y_S = 2A \cos kx \sin \omega \left( t - \frac{L}{v} \right)$  dengan  $2A \cos kx$  dinamakan amplitude gelombang stasioner. Dengan demikian ditulis:

$$A_S = 2A \cos kx$$

$A_S$  = Amplitudo gelombang stasioner ujung bebas

Besaran  $A_S$  tidak bergantung terhadap waktu namun ditentukan oleh posisinya terhadap ujung tali yang diikat bebas. Karena terdapat kemungkinan nilai  $\cos kx$  maksimum dan minimum, maka akan terdapat nilai  $A_S$  yang maksimum dan minimum. Pada  $x$  tertentu dengan  $A_S$  maksimum maka titik itu akan membentuk perut. Sementara jika  $A_S$  minimum titik itu membentuk simpul.

Jadi titik perut jika  $\cos kx =$  maksimum, yaitu pada sudut  $0, \pi, 2\pi$ , dst

Untuk titik simpul jika  $\cos kx =$  nol, yaitu pada sudut  $\pi/2, 3\pi/2, 5\pi/2$  dst.

Oleh karena  $\frac{x}{\lambda} = \frac{\theta}{2\pi}$ , maka letak perut dan simpul gelombang stasioner ujung bebas adalah sebagai berikut.

Letak perut  $x = 0, \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2$  dst atau  $x = \frac{\lambda}{4}x(0, 2, 4, \text{ dst})$

Letak simpul  $x = \lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4$  dst atau  $x = \frac{\lambda}{4}x(1, 3, 5, \text{ dst})$

## 2. Gelombang Stasioner Ujung Tetap

Dengan menjumlahkan gelombang datang dan pantul maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut

$$Y_S = Y_D + Y_P$$

$$Y_S = A \sin \omega \left( t - \frac{L-x}{v} \right) - A \sin \omega \left( t - \frac{L+x}{v} \right)$$

Dengan menggunakan penjumlahan  $\sin A - \sin B = 2A \cos \frac{jml}{2} \sin \frac{selisih}{2}$ , maka diperoleh persamaan

$$Y_s = 2A \cos \left( \frac{2L}{v} \right) \sin \left( \frac{2x}{v} \right), \text{ atau menjadi}$$

$$Y_s = 2A \cos \omega \left( t - \frac{L}{v} \right) \sin kx$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \text{ adalah bilangan gelombang.}$$

Persamaan gelombang stasioner ujung tetap sering ditulis

$$Y_s = 2A \sin kx \cos \omega \left( t - \frac{L}{v} \right) \text{ dengan } 2A \sin kx \text{ dinamakan amplitudo gelombang stasioner.}$$

Dengan demikian ditulis:

$$A_s = 2A \sin kx$$

$$A_s = \text{Amplitudo gelombang stasioner ujung bebas}$$

Besaran  $A_s$  tidak bergantung terhadap waktu namun ditentukan oleh posisinya terhadap ujung tali yang diikat bebas. Karena terdapat kemungkinan nilai  $\sin kx$  maksimum dan minimum, maka akan terdapat nilai  $A_s$  yang maksimum dan minimum. Pada  $x$  tertentu dengan  $A_s$  maksimum maka titik itu akan membentuk perut. Sementara jika  $A_s$  minimum titik itu membentuk simpul.

Jadi titik perut jika  $\sin kx = \text{maksimum}$ , yaitu pada sudut  $\pi/2, 3\pi/2, 5\pi/2$  dst.

Untuk titik simpul jika  $\sin kx = \text{nol}$ , yaitu pada sudut  $0, \pi, 2\pi$ , dst.

Oleh karena  $\frac{x}{\lambda} = \frac{\theta}{2\pi}$ , maka letak perut dan simpul gelombang stasioner ujung tetap adalah sebagai berikut.

$$\text{Letak simpul } x = 0, \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2 \text{ dst atau } x = \frac{\lambda}{4}x(0, 2, 4, \text{ dst})$$

$$\text{Letak perut } x = \lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4 \text{ dst atau } x = \frac{\lambda}{4}x(1, 3, 5, \text{ dst})$$

Prinsip gelombang stasioner terjadi pada bunyi yang dihasilkan alat music seperti senar gitar dan biola, serta pipa organa seperti terompet, suling, dan lain-lain. Penerapan masalah resonansi kolom udara juga menggunakan konsep gelombang stasioner.

#### D. Latihan Kompetensi

1. Gelombang stasioner merambat pada tali yang panjangnya 2 m dengan persamaan  $Y = 0.2 \sin 2\pi \left( \frac{x}{3} \right) \cos 2\pi(2t - 5)$

- a. Berapa amplitudo gelombang datang
- b. Berapa cepat rambat gelombang
- c. Tentukan letak titik simpul ke dua

Penyelesaian

- a. amplitudo gelombang datang: A

dari persamaan gelombang  $Y_s = 2A \sin kx \cos \omega (t - \frac{L}{v})$  didapat bahwa  $2A = 0,2$ , maka  $A = 0.1$  m

b. cepat rambat gelombang:  $v$

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{4\pi}{2\pi/3} = 6 \text{ m.s}^{-1}$$

c. letak simpul ke dua:  $S_2$

karena termasuk jenis ujung tetap maka letak simpul

$$S = \frac{\lambda}{4} (\text{bil.genap}) \quad \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{2\pi/3} = 3 \text{ m}$$

$$S_2 = \frac{3}{4}(2) = 1.5 \text{ m}$$

2.

E. Lembar Kerja

**Petunjuk Praktikum**

1. Bacalah terlebih dahulu tujuan percobaan secara cermat, kemudian lakukan persiapan percobaan sesuai dengan tujuan!
2. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan, kemudian lakukan identifikasi ketelitian alat ukur!
3. Susun langkah kerja, kemudian siapkan format data yang diharapkan dari setiap langkah kerja yang dilakukan!
4. Lakukan langkah kerja dengan cermat dan teliti, kemudian catat data dalam format yang sudah disiapkan!
5. Olah data yang diperoleh, kemudian sajikan secara sistematis!
6. Lakukan analisis terhadap pengolahan data kemudian buatlah kesimpulan berdasarkan analisis data!

**Tujuan**

Menganalisis karakteristik gelombang stasioner pada tali atau dawai

**Waktu dan Tempat**

Waktu percobaan : .....

Tempat percobaan : .....

**Bahan dan Alat**

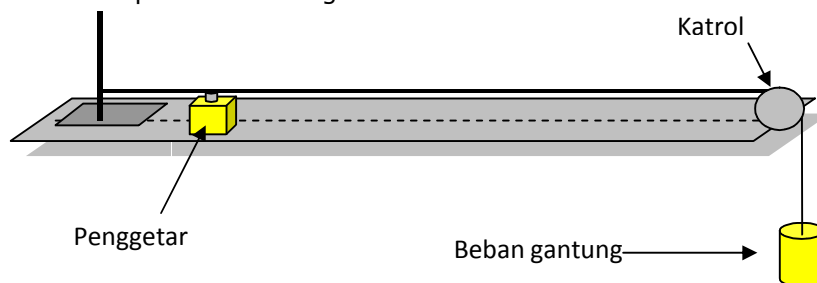
No	Gambar Alat	Nama Alat	Kegunaan dan/atau ketelitian

No	Gambar Alat	Nama Alat	Kegunaan dan/atau ketelitian
1.			
2.			
3.			
4.			
5			

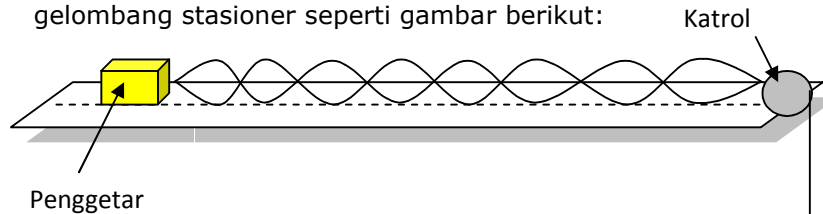
No	Gambar Alat	Nama Alat	Kegunaan dan/atau ketelitian
6.			
7.			

### Langkah Kerja

1. Susunlah peralatan sebagai berikut:



2. Hidupkan penggetar (dapat diganti dengan garpu tala) sehingga terbentuk gelombang stasioner seperti gambar berikut:



#### Informasi:

Untuk memperoleh gelombang stasioner yang terdiri dari simpul dan perut dapat diatur frekuensi penggetar yang digunakan dan atau mengubah jarak penggetar terhadap katrol sebagai ujung terikat.

Jarak dari simpul ke simpul terdekat sama dengan setengah gelombang.

Jika jarak simpul ke simpul =  $x$ , maka panjang gelombang dapat dihitung dengan persamaan  $\lambda = 2.X$



- Lakukan percobaan untuk mencari hubungan antara cepat rambat gelombang pada tali dengan tegangan tali. Lakukan percobaan untuk empat beban yang berbeda.

**Informasi:**

percobaan dilakukan dengan cara mengganti beban kemudian sesuaikan frekuensi penggetar supaya didapatkan gelombang stasioner yang paling mudah diamati.

Tegangan tali disebabkan karena beban gantung, sehingga besar tegangan tali  $F = w = m.g$

- Lakukan pula percobaan untuk mencari hubungan antara jenis tali (yang dinyatakan dengan massa per satuan panjang tali) dengan cepat rambat gelombang.. Lakukan percobaan untuk empat tali yang berbeda.

**Informasi:**

massa per satuan panjang tali biasanya dinyatakan dengan lambang  $\mu \rightarrow \mu = \frac{m}{L}$

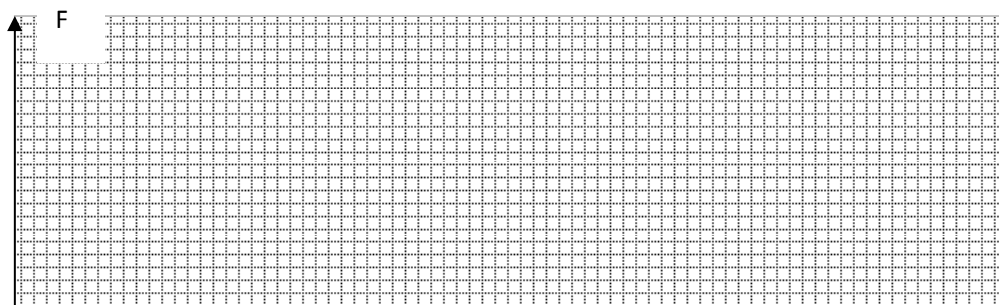
- Catatlah data hasil percobaan dalam tabel, kemudian buatlah grafik sesuai data tabel yang diperoleh!

**Data Hasil Percobaan**

- Data hasil percobaan untuk mendapatkan hubungan antara cepat rambat gelombang dengan tegangan tali

NO	Massa Beban (Kg)	Tegangan Tali (N), <b>F</b>	Jarak Simpul - Simpul (m), <b>x</b>	Panjang Gelombang (m), <b>λ</b>	Frekuensi (Hz), <b>f</b>	Cepat Rambat (m/s), <b>v</b>	<b>v<sup>2</sup></b>
1							
2							
3							
4							
5							

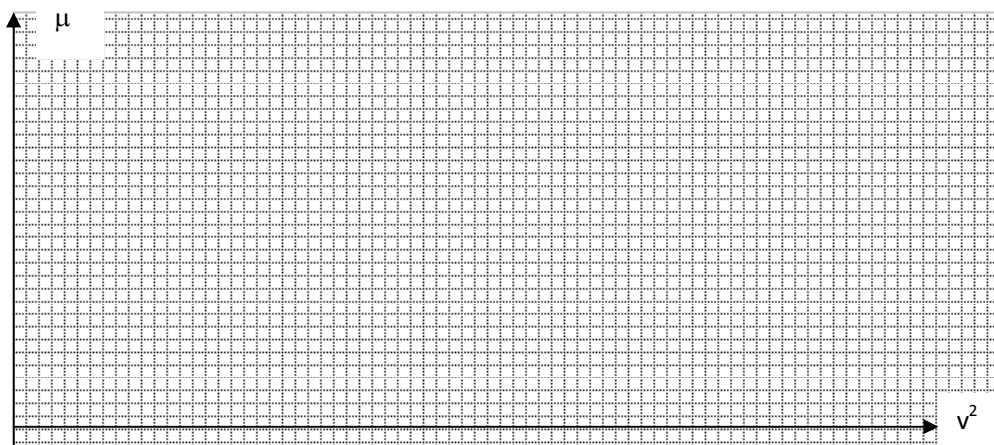
- Buatlah grafik hubungan antara tegangan tali (F) dengan kuadrat kecepatan (v<sup>2</sup>)



3. Data hasil percobaan untuk mencari hubungan antara jenis tali dengan cepat rambat gelombang

NO	Massa Tali (Kg) m	Panjang Tali (m) L	$\mu = \frac{m}{L}$	Jarak Simpul ke Simpul (m) x	Panjang Gelombang (m) $\lambda$	Frekuensi (Hz) f	Cepat Rambat (m/s) v	$v^2$
1								
2								
3								
4								
5								

4. Buatlah grafik hubungan antara  $\mu$  dengan kuadrat kecepatan ( $v^2$ )



**Analisis Data**

1. Dari tabel data yang diperoleh, kecenderungan apa yang dapat ditafsirkan pada massa beban dan cepat rambat gelombang? Berikan Alasan!  
.....  
.....
2. Berdasarkan grafik hubungan antara  $F$  dan  $v^2$ , hubungan apa yang terdapat antara kedua besaran? Bagaimana perkiraan rumusan atau formula yang sesuai?  
.....  
.....
3. Dari tabel data yang diperoleh, kecenderungan apa yang dapat ditafsirkan pada jenis tali dan cepat rambat gelombang? Berikan Alasan!  
.....  
.....
4. Berdasarkan grafik hubungan antara  $\mu$  dan  $v^2$ , hubungan apa yang terdapat antara kedua besaran? Bagaimana perkiraan rumusan atau formula yang sesuai?  
.....  
.....
5. Andaikata rumusan yang diperoleh antara nomor 2 dan 4 digabungkan, rumusan atau formula apakah yang dapat dituliskan  
.....  
.....
6. Dari table 1 dan 2 hitunglah besar kesalahan pengukuran yang terjadi pada masing-masing percobaan!  
.....  
.....

**Kesimpulan**

1. Gelombang stasioner terjadi karena  
.....  
.....
2. Pada gelombang stasioner terdapat titik dengan amplitudo yang tidak sama, diantaranya ada dua titik yang ekstrem, yaitu  
.....  
.....
3. Hubungan antara tegangan tali dengan cepat rambat gelombang pada tali adalah ..... sehingga makin besar tegangan tali maka .....  
.....
4. Hubungan antara jenis tali dengan cepat rambat gelombang pada tali adalah ....., sehingga makin besar massa per satuan panjang tali maka .....  
.....
5. Dengan demikian cepat rambat gelombang pada tali tergantung pada:  
.....  
.....

F. Tugas Untuk Didiskusikan

Andaikata hasil percobaan siswa tentang percobaan Melde adalah sebagai berikut.

- Massa beban yang digunakan 100 gram
- Massa tali persatuan panjang 10 gram/m

- Jarak simpul-simpul terdekat 12 cm
- Percepatan gravitasi dianggap  $10 \text{ m/s}^2$

Berapakah cepat rambat gelombang?

Berapa frekuensi getaran sumber?

#### G. Ringkasan Materi

Untuk mengingatkan kembali bahwa Gelombang stasioner dihasilkan dari perpaduan dua gelombang dengan frekuensi, amplitude, dan panjang gelombang sama namun arahnya berlawanan.

Persamaan gelombang stasioner ujung bebas adalah

$$Y_s = 2A \cos kx \sin \omega \left(t - \frac{L}{v}\right)$$

Persamaan gelombang stasioner ujung tetap adalah

$$Y_s = 2A \sin kx \cos \omega \left(t - \frac{L}{v}\right)$$

Letak simpul dan perut ujung bebas adalah

$$\text{Letak perut } x = 0, \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2 \text{ dst atau } x = \frac{\lambda}{4}x(0, 2, 4, \text{ dst})$$

$$\text{Letak simpul } x = \lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4 \text{ dst atau } x = \frac{\lambda}{4}x(1, 3, 5, \text{ dst})$$

Letak simpul dan perut ujung tetap adalah

$$\text{Letak simpul } x = 0, \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2 \text{ dst atau } x = \frac{\lambda}{4}x(0, 2, 4, \text{ dst})$$

$$\text{Letak perut } x = \lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4 \text{ dst atau } x = \frac{\lambda}{4}x(1, 3, 5, \text{ dst})$$

Cepat rambat gelombang stasioner pada tali bergantung pada tegangan tali dan jenis tali

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

#### H. Uji Kompetensi

Soal uraian (5 nomor)

Soal Piihan Ganda (10 nomor)

DAFTAR PUSTAKA

[www.e-dukasi.net](http://www.e-dukasi.net)

[www.edumedia.com](http://www.edumedia.com)

Kanginan, Marthen. Fisika untuk SMS Kelas 3. Penerbit Erlangga. Jakarta: 2005

Foster, Bob. Fisika SMS kelas 3. Penerbit erlangga. Jakarta: 2006