



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

FISIKA



KELAS
XI



GELOMBANG BERJALAN & GELOMBANG STASIONER
FISIKA KELAS XI

PENYUSUN

SUJOKO, M.Pd
SMA N 32 Jakarta

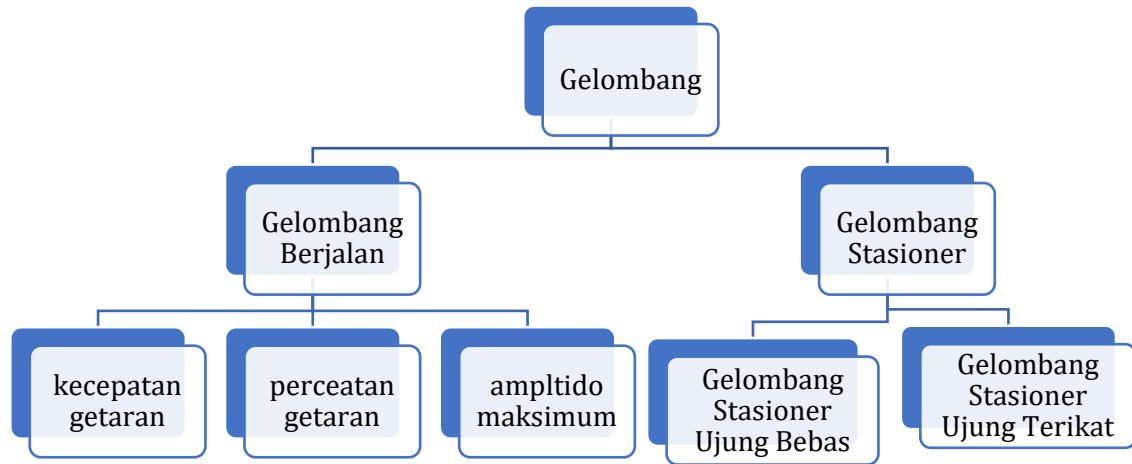
DAFTAR ISI

PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	4
PETA KONSEP	5
PENDAHULUAN	6
A. Identitas Modul	6
B. Kompetensi Dasar	6
C. Deskripsi Singkat Materi	6
D. Petunjuk Penggunaan Modul	6
E. Materi Pembelajaran	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	8
GELOMBANG BERJALAN	8
A. Tujuan Pembelajaran	8
B. Uraian Materi	8
C. Rangkuman	13
D. Latihan Soal	13
E. Penilaian Diri	15
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	16
GELOMBANG STASIONER	16
A. Tujuan Pembelajaran	16
B. Uraian Materi	16
C. Rangkuman	20
D. Latihan Soal	21
E. Penilaian Diri	24
EVALUASI	25
KUNCI JAWABAN	27
DAFTAR PUSTAKA	28

GLOSARIUM

- Gelombang berjalan** : adalah gelombang yang memiliki amplitudo tetap.
- Sudut fase** : adalah sudut yang ditempuh oleh benda yang bergetar
- Fase gelombang** : adalah besaran yang berkaitan dengan simpangan dan arah gerak gelombang
- Beda fase** : adalah perbedaan fase gelombang atau tahapan gelombang.
- Superposisi gelombang** : adalah penggabungan dua gelombang atau lebih yang merambat pada medium yang sama
- Gelombang stasioner** : adalah hasil perpaduan dua buah gelombang yang amplitudonya selalu berubah.
- Gelombang stasioner ujung tetap** : adalah gelombang stasioner yang salah satu ujung talinya diikat erat.
- Gelombang stasioner ujung bebas** : adalah gelombang stasioner yang salah satu ujung talinya diikat longgar

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: FISIKA
Kelas	: XI MIPA
Alokasi Waktu	: 8 JP
Judul Modul	: Gelombang Mekanik

B. Kompetensi Dasar

- 3.3 Menganalisis besaran-besaran fisis gelombang berjalan dan gelombang stasioner pada berbagai kasus nyata.
- 4.3 Melakukan percobaan gelombang berjalan dan gelombang stasioner, beserta presentasi hasil percobaan dan makna fisisnya.

C. Deskripsi Singkat Materi

Pernahkah Anda melemparkan batu ke kolam atau sungai? Apa yang terjadi dengan permukaan air tersebut? Anda akan melihat lingkaran-lingkaran kecil terbentuk di tempat jatuhnya batu. Selanjutnya, lingkaran-lingkaran kecil itu melebar menjauhi titik pusatnya. Jika terdapat sehelai daun di atas permukaan air, lingkaran-lingkaran tadi dapat menggerakkan daun tersebut turun naik. Mengapa daun tersebut bergerak? Variabel apa saja yang ada pada suatu gelombang?

Anda akan dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut dengan mempelajari modul yang Anda pegang ini. Modul ini terdiri dari dua kegiatan belajar, yaitu:

1. Kegiatan belajar pertama akan menguraikan tentang Gelombang Berjalan;
 2. Kegiatan Belajar kedua menguraikan tentang Gelombang Stasioner.
- Bagaimana menggunakan modul ini agar memperoleh hasil belajar yang maksimal?

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Agar memperoleh hasil belajar yang maksimal, Anda diharapkan mengikuti petunjuk penggunaan modul berikut ini.

1. Bacalah dan pahami secara seksama uraian-uraian materi yang ada pada masing-masing kegiatan belajar;
2. Pelajari dan pahami contoh soal yang diberikan;
3. Isilah penilaian diri dengan jujur;
4. Upayakan penilaian diri yang Anda lakukan jawabannya sudah ya semua;
5. Kerjakan semua latihan yang ada pada modul;
6. Jika nilai latihan Anda sudah di atas 75 lanjutkan pada kegiatan belajar selanjutnya, jika belum, pelajari kembali bagian materi yang Anda belum kuasai.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi **2** kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Gelombang Berjalan

Kedua : Gelombang Stasioner

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

GELOMBANG BERJALAN

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan Anda dapat memiliki kemampuan sebagai berikut.

1. Memahami Gelombang Berjalan
2. Menerapkan Persamaan simpangan
3. Menerapkan Persamaan kecepatan
4. Menerapkan Persamaan percepatan
5. Menerapkan Sudut fase gelombang
6. Menerapkan Fase gelombang
7. Menerapkan Beda fase

B. Uraian Materi

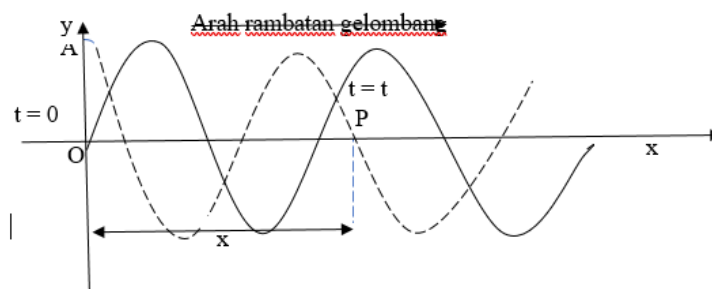
1. Gelombang Berjalan

Apakah Anda pernah memperhatikan bentuk dari tali setelah digetarkan? Bagaimana polanya? Bagaimana bentuk persamaan gelombangnya? Bagaimana menghitung kecepatan gelombangnya? Bagaimana menentukan percepatan gelombangnya? Mau tahu apa jawabannya? Mari kita pahami materi gelombang berjalan yang sedang Anda pelajari.

Gelombang berjalan adalah gelombang yang amplitudo dan fasenya sama di setiap titik yang dilalui gelombang. Suatu gelombang dimana setiap titik yang dilalui oleh gelombang tersebut bergetar harmonis dengan amplitudo yang sama besar. Amplitudo pada tali yang digetarkan terus menerus akan selalu tetap, oleh karenanya gelombang yang memiliki amplitudo yang tetap setiap saat disebut gelombang berjalan.

2. Persamaan simpangan

Seutas tali yang cukup panjang digetarkan sehingga pada tali terbentuk gelombang transversal berjalan. Gelombang merambat dari titik O sebagai pusat koordinat menuju arah sumbu $-x$ positif. Mari kita perhatikan gambar berikut:



Gambar 9.1, Perambatan Gelombang

Jika titik O telah bergetar secara periodik selama t detik, maka simpangan gelombang di titik O akan memenuhi simpangan getaran harmonis, yaitu

$$y = A \sin \omega t \quad (9 - 1)$$

Dengan:

y = simpangan gelombang atau simpangan getaran titik yang dilalui (m)

A = Amplitudo atau simpangan maksimum (m)

ω = kecepatan sudut (rads^{-1})

$\omega = 2\pi f$, dengan f adalah frekuensi getar (Hz)

t = lamanya titik O telah bergetar (s)

Oleh karena $\omega = 2\pi f$ atau bisa juga ditulis $\omega = 2\pi \frac{1}{T}$, maka persamaan 9 - 1 dapat ditulis menjadi

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad \text{atau} \quad y = A \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad (9 - 2)$$

Bagaimana jika Anda menginginkan mencari fase gelombangnya? Dari persamaan di atas Anda dapat tuliskan sebagai

$$y = A \sin 2\pi \varphi \quad (9 - 3)$$

Maka Anda dapat menentukan persamaan fase gelombang yaitu $\varphi = \frac{t}{T}$ atau $\varphi = ft$

Bagaimana dengan sudut fase? Anda tinggal mengambil variabel di dalam sinus, yaitu

$$\theta = \omega t$$

Gelombang merambat dari titik O sepanjang sumbu-x positif. Sebuah titik P bergerak x dari titik O akan ikut bergetar karena adanya rambatan getaran dari titik O ke titik P. Gelombang yang terbentuk itu disebut gelombang berjalan. Waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk merambat dari titik O ke titik P adalah $t_p = \frac{x}{v}$ sekon.

Jika titik O telah bergetar selama t sekon dan waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk merambat sampai di titik P adalah $t_p = \frac{x}{v}$, maka titik P baru bergetar selama $(t - t_p) = \left(t - \frac{x}{v}\right)$ sekon. Sehingga Anda dapat menentukan persamaan simpangan gelombang di titik P menjadi

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

Anda dapat membuat persamaan di atas menjadi persamaan yang biasa digunakan dengan mensubstitusikan nilai $= \frac{2\pi}{T}$, sehingga persamaannya dapat Anda tulis menjadi

$$y_p = A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

Persamaan di atas dapat Anda tulis menjadi

$$y_p = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{Tv} \right)$$

Anda sudah tahu bahwa $Tv = \lambda$, maka persamaan di atas Anda dapat tulis juga sebagai

$$y_p = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$$

Mari Anda ganti $\omega = \frac{2\pi}{T}$ disebut kecepatan sudut (rads^{-1}) dan $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ disebut bilangan gelombang (radm^{-1})

$$y_p = A \sin(\omega t - kx) \quad (9 - 4)$$

Dapat Anda simpulkan persamaan simpangan gelombang secara lengkap adalah

$$y_p = \pm A \sin(\omega t \mp kx) \quad (9 - 5)$$

Anda tentu dapat membuat kesimpulan berhubungan dengan tanda di depan amplitudo A dan bilangan gelombang k , yaitu:

- + A berarti simpangan awal gelombang ke atas
- A berarti simpangan awal gelombang ke bawah
- k berarti gelombang merambat ke kanan
- + k berarti gelombang merambat ke kiri

Keterangan:

- y = simpangan (m);
- A = amplitudo gelombang (m);
- ω = kecepatan sudut gelombang (rads^{-1});
- t = lamanya gelombang beretar (s);
- T = periode gelombang (s);
- k = bilangan gelombang (radm^{-1});
- x = jarak titik ke sumber getar (m); dan
- λ = panjang gelombang (m).

3. Persamaan kecepatan

Seperti Anda ketahui bahwa kecepatan merupakan turunan pertama dari jarak atau simpangan. Dengan demikian, persamaan kecepatan gelombang berjalan adalah persamaan yang diturunkan dari persamaan simpangan. Secara matematis, jika Anda ambil persamaan gelombang yang simpangan awal ke atas dan arah rambatnya ke kanan maka Anda dapat turunkan persamaannya sebagai berikut:

$$v = \frac{dy}{dt}$$

$$v = \frac{d(A \sin(\omega t - kx))}{dt}$$

$$v = A \cos(\omega t - kx) \cdot \omega$$

Sehingga Anda dapat tulis

$$v = A\omega \cos(\omega t - kx)$$

(9 - 6)

Bagaimana jika Anda ditanya kecepatan maksimum, maka Anda tinggal ambil variabel sebelum cos yaitu $A\omega$, jadi kecepatan maksimum dapat Anda tuliskan

$$v_m = A\omega$$

Keterangan:

v = kecepatan (m/s); dan

y = simpangan gelombang (m).

4. Persamaan percepatan

Seperti halnya kecepatan, Anda dapat mencari persamaan percepatan merupakan turunan pertama dari kecepatan atau percepatan merupakan turunan kedua dari simpangan. Secara matematis, Anda dapat mencari persamaan percepatan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$a = \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{dv}{dt}$$

$$a = \frac{d(A\omega \cos(\omega t - kx))}{dt}$$

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

Sehingga akhirnya Anda dapat menulis persamaan gelombang berjalan sebagai berikut:

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t - kx)$$

Dari persamaan di atas, Anda pasti dapat menentukan percepatan maksimum gelombang berjalan, yaitu:

$$a = A\omega^2$$

Keterangan:

a = percepatan (ms^{-2});

v = kecepatan gelombang (ms^{-1}); dan

y = simpangan (m).

5. Sudut Fase, Fase dan Beda fase Gelombang Stasioner

Pada gelombang berjalan Anda juga dapat menentukan sudut fase dan fase gelombang serta beda fase. Sudut fase adalah sudut yang ditempuh oleh benda yang bergetar. Sudut fase dinyatakan dalam fungsi sinus dari persamaan umum gelombang. Fase gelombang adalah besaran yang berkaitan dengan simpangan dan arah gerak gelombang. Beda fase adalah perbedaan fase gelombang atau tahapan gelombang.

Tiga variabel tersebut dapat Anda turunkan dengan mudah dari persamaan gelombang berjalan, mari Anda turunkan. Tuliskan persamaan umum gelombang berjalan, misalnya Anda ambil persamaan simpangan gelombang yang simpangan awalnya ke atas dan arah rambatnya ke kanan,

$$y_p = A \sin(\omega t - kx) \quad (9 - 8)$$

Maka sudut fase $\theta_p = \omega t - kx$, bagaimana dengan fase gelombang? Fase Anda bisa peroleh dengan membagi sudut fase dengan 2π , maka Anda akan dapatkan

$$\varphi = \frac{\theta_p}{2\pi} = \frac{\omega t - kx}{2\pi} = \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \quad (9 - 9)$$

Tinggal Anda tentukan beda fase kan? Beda berarti selisih kan? Maka beda fase Anda dapat artikan selisih fase

Beda fase disimbulkan dengan $\Delta\varphi$. Jika Anda mau turunkan persamaan beda fase maka Anda bisa mengikuti langkah-langkah berikut ini:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\Delta\varphi = \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda}\right) - \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right)$$

$$\Delta\varphi = -\frac{x_2}{\lambda} - \left(-\frac{x_1}{\lambda}\right)$$

$$\Delta\varphi = -\frac{x_2}{\lambda} + \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\Delta\varphi = -\left(\frac{x_2 - x_1}{\lambda}\right)$$

$$\Delta\varphi = -\left(\frac{\Delta x}{\lambda}\right) \quad (9 - 10)$$

Dua buah titik bisa memiliki fase sama dengan syarat sebagai berikut.

$$\theta_p = 2n\pi \text{ atau } \Delta\varphi = n \text{ dengan } n = 0,1,2,3, \dots$$

Dua buah titik bisa memiliki fase berlawanan dengan syarat sebagai berikut.

$$\theta_p = (2n + 1)\pi \text{ atau } \Delta\varphi = \frac{1}{2}(2n + 1) \text{ dengan } n = 0,1,2,3, \dots$$

C. Rangkuman

1. Gelombang berjalan adalah gelombang yang amplitudo dan fasenya sama di setiap titik yang dilalui gelombang.

2. Simpangan gelombang berjalan

$$y_p = \pm A \sin(\omega t \mp kx)$$

3. Kecepatan gelombang berjalan

$$v = A\omega \cos(\omega t - kx)$$

4. Percepatan gelombang berjalan

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t - kx)$$

5. Sudut Fase

$$\theta_p = \omega t - kx$$

6. Fase

$$\varphi = \frac{\theta_p}{2\pi} = \frac{\omega t - kx}{2\pi} = \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}$$

7. Beda Fase

$$\Delta\varphi = - \left(\frac{\Delta x}{\lambda} \right)$$

8. Dua buah titik bisa memiliki fase sama dengan syarat sebagai berikut.

$$\theta_p = 2n\pi \text{ atau } \Delta\varphi = n \text{ dengan } n = 0,1,2,3, \dots$$

9. Dua buah titik bisa memiliki fase berlawanan dengan syarat sebagai berikut.

$$\theta_p = (2n + 1)\pi \text{ atau } \Delta\varphi = \frac{1}{2}(2n + 1) \text{ dengan } n = 0,1,2,3, \dots$$

D. Latihan Soal

1. Persamaan gelombang transversal yang merambat pada suatu tali dinyatakan sebagai berikut.

$$y = 10 \sin 2\pi (0,5x - 2t)$$

Jika x dan y dalam meter, serta t dalam sekon, tentukanlah cepat rambat gelombang tersebut.

2. Suatu gelombang yang frekuensinya 500 Hz merambat dengan kecepatan 300 m/s. Berapakah jarak antara dua titik yang berbeda sudut fase 60° ?

Pembahasan :**Solusi Soal Nomor 1**

Pembahasan:

$$y = 10 \sin 2\pi (0,5 x - 2 t)$$

$$y = 10 \sin(2\pi \cdot 0,5 x - 2\pi \cdot 2 t)$$

$$y = 10 \sin(\pi \cdot x - 4\pi t)$$

Dari persamaan tersebut, diketahui:

$$\omega = 4\pi$$

$$2 \pi f = 4 \pi$$

$$f = 2 \text{ Hz}$$

$$k = \pi$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \pi$$

$$\lambda = 2 \text{ m}$$

Dengan demikian, cepat rambat gelombangnya dapat ditentukan sebagai berikut.

$$v = \lambda f$$

$$= 2 \cdot 2$$

$$= 4 \text{ m/s}$$

Jadi, cepat rambat gelombang tersebut adalah 4 m/s.

Solusi Soal Nomor 2

Pembahasan

Diketahui :

$$f = 500 \text{ Hz}$$

$$v = 300 \text{ m/s}$$

$$\Delta \theta_p = 60^\circ$$

Ditanya : $\Delta x = \dots ?$

Dijawab :

Tentukan dahulu Panjang gelombangnya.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5} \text{ m}$$

Kemudian, gunakan rumus beda fase berikut.

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

$$\Delta x = \varphi \lambda$$

$$= \frac{3}{5} \frac{\Delta \theta_p}{2 \pi}$$

$$= \frac{3}{5} \frac{60}{360}$$

$$= \frac{1}{10} = 0,1 \text{ m}$$

Jadi jarak antara dua titik yang berbeda sudut fase 60° adalah 0,1 meter.

E. Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Ananda memahami konsep Gelombang Berjalan ?		
2	Apakah Ananda mengetahui dan memahami konsep-konsep kecepatan dan percepatan gelombang yang merupakan turunan dari persamaan gelombang berjalan?		
3	Apakah Ananda mampu memahami dan menganalisa contoh-contoh soal dan latihan soal yang diberikan telah diberikan tentang konsep Gelombang berjalan ?		
Jumlah			

Catatan:

- Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran.
- Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

GELOMBANG STASIONER

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan dapat :

1. menganalisis gelombang stasioner ujung bebas.
2. menganalisis gelombang stasioner ujung tetap.

B. Uraian Materi

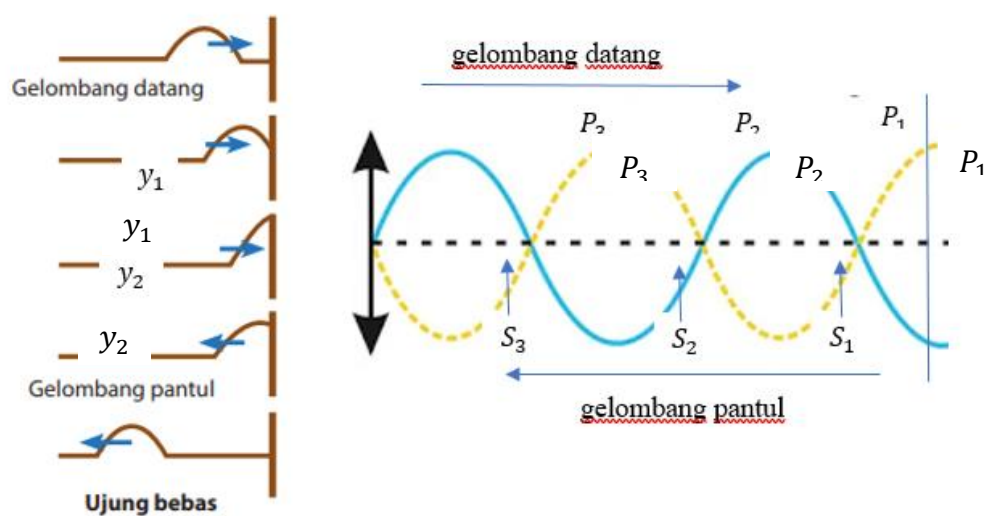
Gelombang stasioner adalah jenis gelombang yang mempunyai amplitudo tidak tetap atau berubah-ubah. Gelombang stasioner adalah hasil perpaduan dua buah gelombang yang amplitudonya selalu berubah. Artinya, tidak semua titik yang dilalui gelombang ini memiliki amplitudonya sama. Saat membahas gelombang stasioner, Anda akan bertemu dengan istilah perut dan simpul. Perut adalah titik amplitudo maksimum, sedangkan simpul adalah titik amplitudo minimum.

Gelombang stasioner ini dikenal juga dengan nama gelombang berdiri atau gelombang tegak. Gelombang stasioner ini dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu:

- a. Gelombang stasioner yang diakibatkan oleh pemantulan di ujung terikat
- b. Gelombang stasioner dengan ujung bebas

1. Gelombang Stasioner Ujung Bebas

Gelombang stasioner ujung bebas tidak mengalami pembalikan fase. Artinya, fase gelombang datang dan pantulnya sama. Dengan demikian, beda fasenya sama dengan nol.



Gambar 9.3, Gelombang Stasioner Ujung bebas

Bagaimana Anda dapat menuliskan persamaan gelombang stasioner ujung bebas? Anda bisa memperhatikan gambar gelombang di atas.

$y_1 = A \sin(\omega t - kx)$, karena gelombang datang simpangan awalnya ke atas dan merambat ke kanan

$y_2 = A \sin(\omega t + kx)$, karena gelombang pantul simpangan awalnya juga ke atas dan merambat ke kiri

Anda dapat menjumlahkan kedua gelombang di atas, maka Anda dapat tulis

$$y_p = y_1 + y_2$$

$$y_p = A \sin(\omega t - kx) + A \sin(\omega t + kx)$$

$$y_p = A (\sin(\omega t - kx) + \sin(\omega t + kx)), \text{ ingat } \sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

Jadi bisa Anda tuliskan,

$$y_p = A (2 (\sin \frac{1}{2}((\omega t - kx) + (\omega t + kx))) \cos \frac{1}{2}((\omega t - kx) - ((\omega t + kx)))$$

$$y_p = 2A (\sin \frac{1}{2}(\omega t - kx + \omega t + kx) \cos \frac{1}{2}(\omega t - kx - \omega t - kx))$$

$$y_p = 2A \sin \frac{1}{2}(2\omega t) \cos \frac{1}{2}(-2kx)$$

$y_p = 2A \sin(\omega t) \cos(-kx)$, ingat $\cos(-\theta) = \cos \theta$, sehingga Anda bisa tulis

$y_p = 2A \sin(\omega t) \cos(kx)$, ingat bentuk persamaan dasar gelombang adalah $y = A \sin(\omega t)$, maka y_p , dapat Anda tulis dalam bentuk

$$y_p = 2A \cos(kx) \sin(\omega t)$$

jadi perpaduan antara gelombang datang dan gelombang pantul pada gelombang stasioner ujung bebas menghasilkan persamaan berikut:

$$Y_p = 2A \cos(kx) \sin(\omega t) \quad (9 - 11)$$

Anda langsung bisa menyimpulkan bahwa amplitudo gelombang stasioner ujung bebas adalah

$$A_p = 2A \cos(kx) \quad (9 - 12)$$

Karena nilai $\sin \omega t$ nilai maksimumnya adalah 1

Keterangan:

A_p = amplitudo gelombang stasioner (m);

Y_p = simpangan gelombang stasioner (m);

ω = kecepatan sudut gelombang (rad/s);

t = lamanya gelombang beretar (s);

k = bilangan gelombang; dan

x = jarak titik ke sumber getar (m)

Untuk menentukan letak perut dari ujung bebas, Anda bisa menggunakan persamaan berikut.

$$P_n = \frac{1}{2} \lambda n \quad (9 - 13)$$

Dengan $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

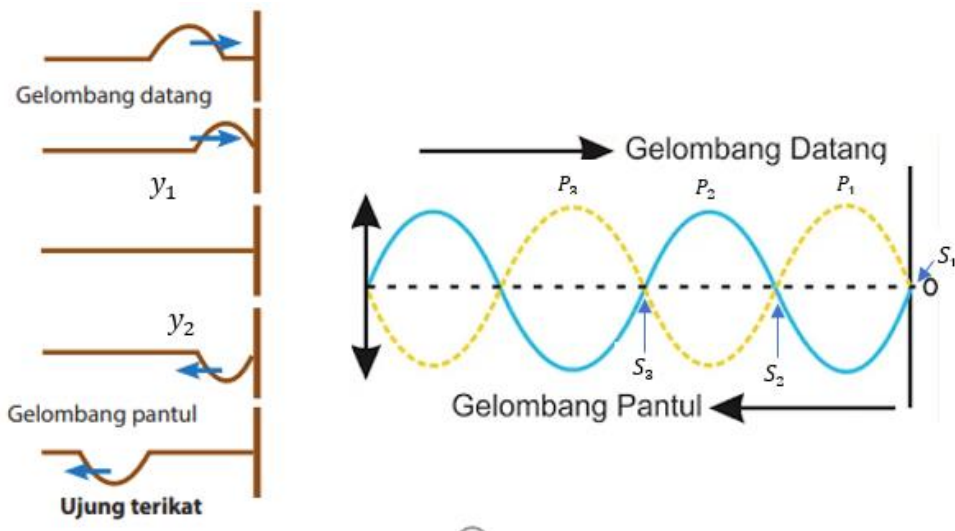
Untuk menentukan letak simpul dari ujung bebas, Anda bisa menggunakan persamaan berikut.

$$S_n = \frac{1}{4} \lambda (2n + 1) \quad (9 - 14)$$

Dengan $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

2. Gelombang Stasioner Ujung Tetap

Bagaimana Anda bisa menurunkan persamaan gelombang stasioner ujung terikat? Berbeda dengan gelombang stasioner ujung bebas, pada ujung tetap terjadi pembalikan fase sebesar $\varphi = \frac{1}{2} \pi$ sehingga beda fasenya menjadi $\Delta\varphi = \frac{1}{2} \pi$



Gambar 9.4, Gelombang Stasioner Ujung Tetap

Anda bisa memulai dengan menuliskan persamaan gelombang datang dan gelombang pantul

$y_1 = A \sin(\omega t - kx)$, karena gelombang datang simpangan awalnya ke atas dan merambat ke kanan

$y_2 = -A \sin(\omega t + kx)$, karena gelombang pantul simpangan awalnya ke bawah dan merambat ke kiri

Anda dapat menjumlahkan kedua gelombang di atas, maka Anda dapat tulis

$$y_p = y_1 + y_2$$

$$y_p = A \sin(\omega t - kx) + (-A \sin(\omega t + kx))$$

$$y_p = A (\sin(\omega t - kx) - \sin(\omega t + kx)), \text{ ingat } \sin \alpha - \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta)$$

Jadi bisa Anda tuliskan,

$$y_p = A (2 (\sin \frac{1}{2}((\omega t - kx) - (\omega t + kx))) \cos \frac{1}{2}((\omega t - kx) + (\omega t + kx)))$$

$$y_p = 2A (\sin \frac{1}{2}(\cancel{\omega t} - kx - \cancel{\omega t} - kx)) \cos \frac{1}{2}(\omega t - \cancel{kx} + \omega t + \cancel{kx})$$

$$y_p = 2A \sin \frac{1}{2}(-2kx) \cos \frac{1}{2}(2\omega t)$$

$$y_p = 2A \sin(-kx) \cos(\omega t), \text{ ingat } \sin(-\theta) = -\sin \theta,$$

sehingga Anda bisa tulis

$$y_p = -2A \sin(kx) \cos(\omega t),$$

ingat tanda - (negatif) di depan A (amplitudo) adalah tanda gelombang tersebut simpangan awalnya ke bawah, jadi Anda bisa tuliskan hanya dalam bentuk persamaan:

$$y_p = 2A \sin(kx) \cos(\omega t),$$

jadi perpaduan antara gelombang datang dan gelombang pantul pada gelombang stasioner ujung tetap menghasilkan persamaan berikut:

$$Y_p = 2A \sin(kx) \cos(\omega t) \quad (9 - 15)$$

Anda langsung bisa menyimpulkan bahwa amplitudo gelombang stasioner ujung tetap adalah

$$A_p = 2A \sin(kx) \quad (9 - 16)$$

Karena nilai $\cos \omega t$ nilai maksimumnya adalah 1

Keterangan:

A_p = amplitudo gelombang stasioner (m);

Y_p = simpangan gelombang stasioner (m);

ω = kecepatan sudut gelombang (rad/s);

t = lamanya gelombang beretar (s);

k = bilangan gelombang; dan

x = jarak titik ke sumber getar (m).

Untuk menentukan letak perut dari ujung tetap, Anda bisa menggunakan persamaan berikut.

$$P_n = \frac{1}{4} \lambda(2n + 1) \quad (9 - 17)$$

Dengan $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Untuk menentukan letak simpul dari ujung tetap, Anda bisa menggunakan persamaan berikut.

$$S_n = \frac{1}{2} \lambda n \quad (9 - 18)$$

Dengan $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Belajar konsep dasar sudah, kira-kira belajar apa lagi ya? Bagaimana jika selanjutnya berlatih soal? *Nah*, untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang gelombang berjalan dan stasioner, simak contoh soal berikut ini.

C. Rangkuman

1. Gelombang stasioner adalah hasil perpaduan dua buah gelombang yang amplitudonya selalu berubah.
2. Perpaduan antara gelombang datang dan gelombang pantul pada ujung bebas
 $Y_p = 2A \cos(kx) \sin(\omega t)$
 $A_p = 2A \cos(\omega t)$
3. Untuk menentukan letak perut dari ujung bebas, gunakan persamaan berikut
 $x_p = \frac{1}{2} \lambda n$
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
4. Untuk menentukan letak simpul dari ujung bebas, gunakan persamaan berikut
 $x_s = \frac{1}{4} \lambda(2n + 1)$
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
5. Persamaan simpangan gelombang stasioner ujung tetap
 $Y_p = 2A \sin kx \cos \omega t$
 $A_p = 2A \sin(kx)$
6. Untuk menentukan letak simpul dari ujung tetap, gunakan persamaan berikut
 $x_s = \frac{1}{2} \lambda n$
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

7. Untuk menentukan letak perut dari ujung tetap, gunakan persamaan berikut

$$x_p = \frac{1}{4}\lambda (2n + 1)$$
$$n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

D. Latihan Soal

1. Pada gelombang stasioner, titik simpul ke-10 berjarak 1,33 m dari ujung bebasnya. Jika diketahui frekuensi gelombang 50 Hz. Tentukan panjang gelombang dan cepat rambatnya gelombangnya.
2. Suatu gelombang mempunyai persamaan $y = 0,2 \cos (4\pi x) \sin (5\pi t)$. Jika y dan x dalam meter, serta t dalam sekon, tentukanlah jarak antara titik perut dan titik simpul yang berdekatan.
3. Sebuah tali yang panjangnya 95 cm direntangkan. Salah satu ujung tali tersebut digetarkan harmonik naik-turun dengan amplitudo 8 cm dan frekuensi 14 Hz. Sementara itu, ujung tali lainnya terikat. Jika getaran tersebut merambat dengan kecepatan 3 cm/s, Tentukan letak simpul ke-5 dan perut ke-2 dari titik asal getaran.

Pembahasan :**Solusi Soal Nomor 1**

Diketahui

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$x_{10} = 1,33 \text{ m} = 133 \text{ cm (simpul ke 10 berarti } n = 9 \text{)}$$

ditanya $\lambda = \dots ?$ Dan $v = \dots ?$

Pada ujung bebas letak simpul dirumuskan sebagai berikut :

$$x_{10} = \frac{1}{4} \lambda (2n + 1)$$

$$133 = \frac{1}{4} \lambda (2(9) + 1)$$

$$19\lambda = 532$$

$$\lambda = 28 \text{ cm} = 0,28 \text{ m}$$

Oleh karena $\lambda = 28 \text{ cm} = 0,28 \text{ m}$, maka cepat rambat gelombangnya dapat di tentukan dengan rumus berikut :

$$v = \lambda f$$

$$= 0,28 (50)$$

$$= 14 \text{ m/s}$$

Jadi panjang gelombang dan cepat rambatnya berturut turut adalah 0,28 dan 14 m/s.

Solusi Soal Nomor 2

Pembahasan

Diketahui

$$y = 0,2 \cos(4\pi x) \sin(5\pi t)$$

Ditanya jarak perut dan simpul yang berdekatan ?

Jawab

Mula mula tentukan Panjang gelombangnya

Dari persamaan $y = 0,2 \cos(4\pi x) \sin(5\pi t)$ diketahui :

$$k = 4\pi$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda} = 4\pi$$

$$\lambda = 0,5 \text{ m}$$

Untuk menentukan jarak perut dan simpul yang berdekatan, tentukan dahulu nilai saat $n = 0$.

$$x_p = \frac{1}{2} \lambda \cdot n = 0$$

$$x_s = \frac{1}{4} \lambda (2 \cdot n + 1) = \frac{1}{4} \lambda (2 \cdot 0 + 1) = \frac{1}{4} \lambda$$

Dengan demikian, jarak perut dan simpul yang berdekatan adalah

$$x_s - x_p = \frac{1}{4} \lambda$$

$$= \frac{1}{4} (0,5)$$

$$= \frac{1}{8} = 0,125 \text{ m}$$

Jadi, jarak perut dan simpul yang berdekatan adalah 0,125 m atau 12,5 cm

Solusi Soal Nomor 3

Pembahasan

Diketahui

$$L = 95 \text{ cm}$$

$$A = 8 \text{ cm}$$

$$f = \frac{1}{4} \text{ Hz}$$

$$v = 3 \text{ cm/s}$$

Ditanya

$$x_{s5} = \dots? \text{ Dan } x_{p2} = \dots?$$

Jawab

Mula-mula, tentukan panjang gelombangnya.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3}{\frac{1}{4}} = 12 \text{ cm}$$

Kemudian, tentukan letak simpul ke-5 dari ujung terikat. Simpul ke-5 berarti $n = 4$ sehingga:

$$x_{s5} = \frac{1}{2} \lambda \cdot n$$

$$x_{s5} = \frac{1}{2} 12 \cdot (4) = 24 \text{ cm}$$

Dengan demikian, letak simpul ke-5 dari sumber getarnya adalah sebagai berikut.

$$L - x_{s5} = 95 - 24 = 71 \text{ cm}$$

Selanjutnya, tentukan letak perut ke-2 dari ujung terikat. Perut ke-2 berarti $n = 1$, sehingga:

$$x_s = \frac{1}{4} \lambda (2 \cdot n + 1)$$

$$= \frac{1}{4} 12 (2 \cdot 1 + 1) = 9 \text{ cm}$$

Dengan demikian letak perut ke 2 dari dari sumber getarnya adalah sebagai berikut.

$$L - x_2 = 95 - 9 = 86 \text{ cm}$$

Jadi, letak simpul ke-5 dan perut ke-2 dari titik asal getaran berturut-turut adalah 71 cm dan 86 cm 86 cm

E. Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Ananda memahami konsep Gelombang stasioner ?		
2	Apakah Ananda mengetahui dan memahami konsep-konsep menentukan letak perut dan simpul ?		
3	Apakah Ananda mampu memahami dan menganalisa contoh-contoh soal dan latihan soal yang diberikan telah diberikan tentang konsep Gelombang berjalan ?		
Jumlah			

Catatan:

- Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran.
- Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

EVALUASI

1. Suatu gelombang berjalan merambat pada tali yang sangat panjang dengan frekuensi 20 Hz dan cepat rambat gelombang 5 ms^{-1} . Jika amplitudo gelombang 10 cm, maka persamaan simpangan gelombang tersebut pada suatu titik yang berjarak x dari sumber gelombang jika arah simpangan awal ke bawah dan gelombang merambat ke kanan adalah
 - A. $y = -0,1 \sin 8\pi (5t - x)$
 - B. $y = -0,1 \sin 10\pi (t - 0,5x)$
 - C. $y = -0,1 \sin 20\pi (t - 0,2x)$
 - D. $y = 0,1 \sin 10\pi (t - 5x)$
 - E. $y = 0,1 \sin 10\pi (t - 0,2x)$
2. Suatu gelombang merambat dengan persamaan $y = 0,5 \sin 2\pi(3t - 0,2x)$. Jika y dan x dalam m dan t dalam s, besar frekuensi dan panjang gelombang masing-masing adalah
 - A. 3 Hz dan 4 m
 - B. 3 Hz dan 5 m
 - C. 3 Hz dan 6 m
 - D. 5 Hz dan 6 m
 - E. 5 Hz dan 8 m
3. Suatu gelombang berjalan memenuhi persamaan $y = 0,5 \sin 2\pi (30t - 2x)$ dengan y dan x dalam meter dan t dalam sekon. Cepat rambat gelombang tersebut adalah
 - A. 4,0 m/s
 - B. 6,0 m/s
 - C. 12 m/s
 - D. 15 m/s
 - E. 18 m/s
4. Suatu gelombang merambat dengan persamaan $y = 1,5 \sin \pi(3t - 0,9x)$. Jika y dan x dalam m dan t dalam s, kecepatan maksimum dari gelombang tersebut adalah
 - A. $2,5\pi \text{ ms}^{-1}$
 - B. $3,5\pi \text{ ms}^{-1}$
 - C. $4,5\pi \text{ ms}^{-1}$
 - D. $5,5\pi \text{ ms}^{-1}$
 - E. $6,5\pi \text{ ms}^{-1}$
5. Suatu gelombang yang frekuensinya 400 Hz merambat dengan kecepatan 200 ms^{-1} . Jarak antara dua titik yang berbeda sudut fase 60° adalah
 - A. $\frac{1}{12} \text{ m}$
 - B. $\frac{2}{12} \text{ m}$
 - C. $\frac{3}{12} \text{ m}$
 - D. $\frac{4}{12} \text{ m}$
 - E. $\frac{5}{12} \text{ m}$

6. Suatu gelombang stasioner ujung bebas mempunyai persamaan $y = 1,5 \cos 5\pi x \sin 15\pi t$, dengan y dan x dalam meter dan t dalam sekon. Amplitudo gelombang datang dan cepat rambat gelombang stasioner tersebut adalah
- 0,25 m dan 2 ms^{-1}
 - 0,25 m dan 4 ms^{-1}
 - 0,50 m dan 6 ms^{-1}
 - 0,75 m dan 4 ms^{-1}
 - 0,75 m dan 3 ms^{-1}
7. Dua buah gelombang memiliki Amplitudo sama tetapi arah berlawanan, kemudian kedua gelombang tersebut berinterferensi membentuk gelombang stasioner dengan persamaan $y = 2 \sin 6\pi x \cos 2\pi t$, y dan x dalam meter dan t dalam sekon. Jika $x = \frac{1}{12} \text{ m}$ dan $t = \frac{1}{6} \text{ s}$, simpangan gelombang stasioner gelombang tersebut adalah....
- 1 m
 - 2 m
 - 3 m
 - 4 m
 - 5 m
8. Salah satu ujung seutas tali yang panjangnya 100 cm digetarkan harmonik naik turun, sedang ujung lainnya bebas bergerak naik turun. Letak perut ke 4 dari ujung bebas adalah 20 cm, letak simpul ke lima diukur dari titik asal getarannya adalah ...
- 52,25 cm
 - 54,25 cm
 - 62,25 cm
 - 66,25 cm
 - 70,00 cm
9. Dua gelombang sinus bergerak dalam arah berlawanan. Kedua gelombang tersebut berinterferensi menghasilkan gelombang stasioner yang memiliki persamaan $y = 2,5 \sin(0,8\pi x) \cos (100\pi t)$, dengan y dan x dalam meter dan t dalam sekon. Jarak dua simpul terdekat pada gelombang tersebut adalah
- 5,25 m
 - 4,25 m
 - 3,25 m
 - 2,25 m
 - 1,25 m
10. Seutas tali yang panjangnya 110 cm direntangkan horizontal. Salah satu ujungnya digetarkan harmonik naik turun dengan frekuensi $\frac{1}{8} \text{ s}$ dan amplitudo 10 cm, sedangkan ujung lainnya terikat secara kuat. Getaran harmonik tersebut merambat ke kanan sepanjang kawat dengan cepat rambat 5,0 cm/s. Letak simpul ke 3 dan perut ke 4 dari asal getaran adalah
- 40 cm dan 60 cm
 - 40 cm dan 70 cm
 - 70 cm dan 40 cm
 - 70 cm dan 70 cm
 - 80 cm dan 70 cm

KUNCI JAWABAN

4. A
5. B
6. D
7. C
8. A
9. E
10. A
11. B
12. E
13. B

DAFTAR PUSTAKA

- Foster, Bob. 2004. *Terpadu Fisika SMA Kelas XI Jilid 2B*, Jakarta: Erlangga
- Handayani, Sri dan Ari Damari. 2009. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI (BSE)*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Kamajaya, Ketut. 2016. *Aktif dan Kreatif Belajar Fisika Kelas XI*. Bandung: Grafindo
- Kanginaan, Marten. 2006. *Fisika untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Nurachmandani, Setya. 2009. *Fisika 2 untuk SMA/MA Kelas XI (BSE)*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Pujianto, dkk. 2016. *Fisika untuk SMA/MA kelas XI*. Pt. Intan Pariwara. Klaten
- Saripudin, Aip. 2009. *Praktis Belajar Fisika 2. Fisika untuk Kelas XI Sekolah Menengah Atas / Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam*. Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Siswanto, Sukaryadi. 2009. *Fisika Untuk SMA/MA Kelas XI*. Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.