



FISIKA

KARAKTERISTIK GELOMBANG

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut.

1. Memahami pengertian gelombang dan jenis-jenisnya.
2. Dapat menentukan besaran-besaran yang terlibat dalam pembahasan gelombang.
3. Memahami karakteristik gelombang yang meliputi pembiasan, difraksi, pemantulan, dispersi, interferensi, efek Doppler, dan polarisasi.
4. Dapat menyelesaikan permasalahan terkait karakteristik gelombang.

A. Pengertian Gelombang

Gelombang adalah gejala rambatan dari suatu getaran/usikan. Gelombang dapat diamati dengan mudah melalui gejala yang ditimbulkannya, misalnya pada gelombang air laut. Ketika angin berhembus dari lautan ke arah pantai, air laut akan terusik atau bergetar. Usikan yang terlihat merambat pada permukaan air laut inilah yang merupakan salah satu contoh gelombang.

Jika di atas permukaan air laut yang sedang terusik tersebut terdapat perahu, medium air tidak akan merambatkan perahu tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa air sebagai medium dan perahu sebagai materi tidak ikut merambat bersama gelombang. Pada gelombang, yang merambat hanyalah energinya.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa gelombang adalah proses pemindahan energi dari suatu tempat ke tempat lainnya. Saat pemindahan energi, medium tidak ikut berpindah.

B. Macam-Macam Gelombang

1. Berdasarkan medium perambatannya, gelombang dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik.

a. Gelombang mekanik

Gelombang mekanik adalah gelombang yang dalam proses perambatannya memerlukan medium (zat perantara). Artinya, jika tidak ada medium, gelombang tidak akan terjadi. Contoh:

- gelombang bunyi yang zat perantaranya adalah udara. Jika tidak ada udara, bunyi tidak akan terdengar;
- gelombang tali yang zat perantaranya adalah tali itu sendiri; dan
- gelombang air laut yang zat perantaranya adalah air.

Gelombang mekanik memiliki beberapa sifat khusus, yaitu sebagai berikut.

- Gelombang mekanik memiliki frekuensi yang terbatas.
- Gelombang mekanik hanya dapat didengar oleh manusia pada frekuensi tertentu (20 – 20.000 Hz).

b. Gelombang elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dalam proses perambatannya tidak memerlukan medium. Contoh dari gelombang ini adalah gelombang cahaya, gelombang radio, sinar-X, dan sebagainya.

Gelombang elektromagnetik memiliki beberapa sifat khusus, yaitu sebagai berikut.

- Gelombang elektromagnetik memiliki frekuensi antara 10^3 Hz sampai 10^{20} Hz.
- Gelombang elektromagnetik dapat membentuk spektrum gelombang.
- Gelombang elektromagnetik tidak sensitif terhadap pendengaran, tetapi ada yang sensitif terhadap penglihatan, seperti cahaya tampak.

2. Berdasarkan arah getar dan arah rambatnya, gelombang dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

a. Gelombang Transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambatnya. Bentuk getaran pada gelombang ini berupa lembah dan bukit. Contohnya adalah gelombang tali, gelombang cahaya, gelombang air, gelombang seismik sekunder, gelombang Rayleigh (permukaan), dan sebagainya.

b. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatnya. Bentuk getaran pada gelombang ini berupa rapatan dan regangan. Contohnya adalah gelombang bunyi, gelombang pegas, dan gelombang seismik primer.

3. Berdasarkan amplitudonya, gelombang dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang berjalan dan gelombang stasioner.

a. Gelombang Berjalan

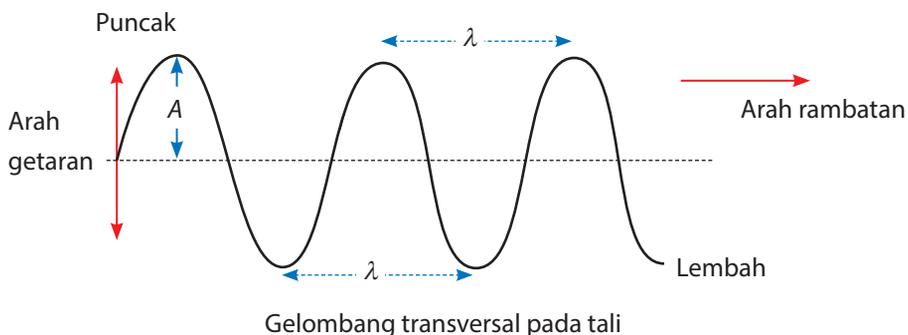
Gelombang berjalan adalah gelombang yang amplitudonya tetap setiap saat. Artinya, setiap titik yang dilalui oleh gelombang bergetar secara harmonik dengan amplitudo yang sama besar. Contohnya adalah gelombang bunyi.

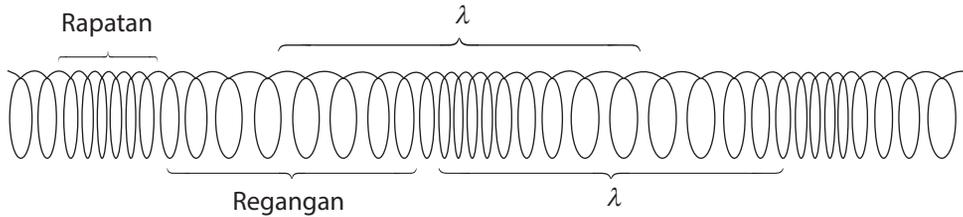
b. Gelombang Stasioner

Gelombang stasioner merupakan hasil perpaduan dua gelombang (gelombang datang dan gelombang pantul) yang amplitudo dan frekuensinya sama, tetapi arah rambatnya berlawanan. Pada gelombang ini, tidak semua titik yang dilalui mempunyai amplitudo yang sama. Ada titik-titik yang bergetar dengan amplitudo maksimum yang disebut **perut (p)** dan ada titik-titik yang bergetar dengan amplitudo minimum yang disebut **simpul (s)**.

C. Persamaan Dasar Gelombang

Perhatikan gambar berikut.





Gelombang longitudinal pada pegas

Besaran-besaran yang terlibat dalam pembahasan gelombang adalah sebagai berikut.

1. Amplitudo gelombang (A)

Amplitudo gelombang (A) atau simpangan maksimum adalah jarak puncak gelombang ke titik acuan (biasanya titik nol). Satuan amplitudo gelombang adalah meter.

2. Panjang gelombang (λ)

Pada gelombang transversal, panjang gelombang didefinisikan sebagai jarak antara dua puncak atau dua lembah yang berdekatan. Sementara itu, pada gelombang longitudinal, panjang gelombang didefinisikan sebagai jarak antara dua rapatan atau dua regangan yang berdekatan. Satuan panjang gelombang adalah meter.

3. Frekuensi gelombang (f)

Frekuensi gelombang (f) adalah banyaknya gelombang tiap satuan waktu. Satuan frekuensi gelombang adalah hertz (Hz).

$$f = \frac{n}{t}$$

Keterangan:

n = jumlah gelombang yang terbentuk;

t = waktu yang ditempuh gelombang (s); dan

f = frekuensi gelombang (Hz).

4. Periode gelombang (T)

Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk menempuh satu panjang gelombangnya. Satuan periode gelombang adalah sekon (s).

$$T = \frac{n}{t}$$

Keterangan:

n = jumlah gelombang yang terbentuk;

t = waktu yang ditempuh gelombang (s);

f = frekuensi gelombang (Hz); dan

T = periode gelombang (s).

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

5. Cepat rambat gelombang (v)

Cepat rambat gelombang (v) adalah jarak yang ditempuh gelombang tiap sekon. Satuan cepat rambat gelombang adalah m/s.

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

Keterangan:

v = cepat rambat gelombang (m/s);

λ = panjang gelombang (m);

f = frekuensi gelombang (Hz); dan

T = periode gelombang (s).

Contoh Soal 1

Gelombang air laut mendekati perahu dengan cepat rambat 10 m/s. Jika jarak antara dua puncak gelombang yang berdekatan adalah 2 meter, periode dan frekuensi gelombang tersebut adalah

Pembahasan:

Diketahui:

$$v = 10 \text{ m/s}$$

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

Ditanya: T dan $f = \dots?$

Dijawab:

Berdasarkan rumus cepat rambat gelombang, diperoleh:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = v \cdot T$$

$$\Leftrightarrow 2 = 10 \cdot T$$

$$\Leftrightarrow T = 0,2 \text{ s}$$

Oleh karena frekuensi kebalikan dari periode, maka:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ Hz}$$

Jadi, periode gelombangnya adalah 0,2 s dan frekuensi gelombangnya adalah 5 Hz.

D. Karakteristik Gelombang

Ada beberapa karakteristik/sifat gelombang yang berlaku umum, baik pada gelombang mekanik, gelombang elektromagnetik, gelombang transversal, maupun gelombang longitudinal. Sifat-sifat gelombang tersebut antara lain pembiasan, difraksi, pemantulan, dispersi, interferensi, efek Doppler, dan polarisasi.

1. Pembiasan (Refraksi)

Pembiasan adalah peristiwa pembelokan arah lintasan gelombang. Pembiasan terjadi karena gelombang melewati bidang batas antara dua medium dengan indeks bias yang berbeda. Indeks bias adalah suatu besaran yang menyatakan kerapatan suatu medium. **Indeks bias** dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara cepat rambat cahaya dalam ruang hampa dan cepat rambat cahaya dalam suatu medium tertentu. Secara matematis, indeks bias dirumuskan sebagai berikut.

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

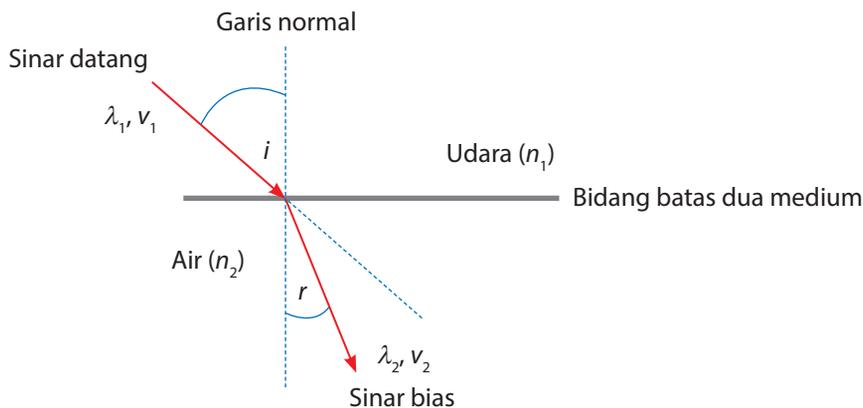
Keterangan:

n = indeks bias;

v = cepat rambat cahaya di medium tertentu (m/s); dan

c = cepat rambat cahaya dalam ruang hampa (3×10^8 m/s).

Peristiwa pembiasan dapat diamati ketika cahaya merambat dari udara ke air. Oleh karena udara dan air memiliki indeks bias yang berbeda, maka arah lintasan gelombang akan mengalami pembelokan (pembiasan). Gejala pembiasan ini sesuai dengan **hukum Snellius**. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



Bunyi hukum I Snellius : Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar, dan ketiganya saling berpotongan.

Bunyi hukum II Snellius : Sinar yang datang dari medium kurang rapat menuju medium lebih rapat akan dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya, sinar yang datang dari medium lebih rapat menuju medium kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal.

Hukum Snellius juga menyatakan bahwa perbandingan antara sinus sudut datang dan sudut bias adalah ekuivalen terhadap perbandingan kecepatan dan panjang gelombang dalam 2 medium. Selain itu, perbandingan antara sinus sudutnya juga merupakan kebalikan dari perbandingan indeks biasnya.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Keterangan:

i = sudut datang;

r = sudut bias;

n_1 = indeks bias medium pertama;

n_2 = indeks bias medium kedua;

v_1 = cepat rambat cahaya di medium pertama (m/s);

v_2 = cepat rambat cahaya di medium kedua (m/s);

λ_1 = panjang gelombang cahaya di medium pertama (m); dan

λ_2 = panjang gelombang cahaya di medium kedua (m).

Contoh Soal 2

Suatu gelombang cahaya datang dengan sudut 60° dari medium yang berindeks bias 1,5 menuju medium yang berindeks bias $\frac{3}{4}\sqrt{6}$. Berapakah besar sudut bias yang terjadi?

Pembahasan:

Diketahui:

$$i = 60^\circ$$

$$n_1 = 1,5 = \frac{3}{2}$$

$$n_2 = \frac{3}{4}\sqrt{6}$$

Ditanya: $r = \dots?$

Dijawab:

Berdasarkan hukum Snellius, diperoleh:

$$\begin{aligned}\frac{\sin i}{\sin r} &= \frac{n_2}{n_1} \\ \Leftrightarrow \frac{\sin 60^\circ}{\sin r} &= \frac{\frac{3}{4}\sqrt{6}}{\frac{3}{2}} \\ \Leftrightarrow \frac{\frac{1}{2}\sqrt{3}}{\sin r} &= \frac{\frac{3}{4}\sqrt{6}}{\frac{3}{2}} \\ \Leftrightarrow \sin r &= \frac{1}{2}\sqrt{2} \\ \Leftrightarrow r &= \arcsin \frac{1}{2}\sqrt{2} = 45^\circ\end{aligned}$$

Jadi, besar sudut bias yang terjadi adalah 45° .

2. Difraksi (Pelenturan)

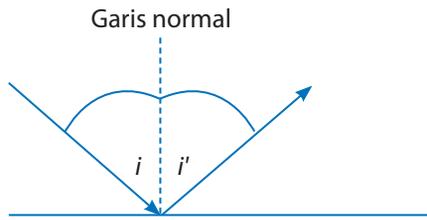
Difraksi adalah pelenturan/penyebaran gelombang ketika melewati sebuah celah. Peristiwa difraksi pada gelombang cahaya dapat diamati melalui sebuah eksperimen. Hasil eksperimen akan menunjukkan pola terang dan gelap pada layar.

Pada peristiwa difraksi, semakin besar panjang gelombang cahaya yang melewati celah, semakin kuat pula cahaya tersebut dilenturkan. Gejala difraksi akan semakin tampak jelas apabila celah yang dilewati semakin sempit. Contoh difraksi dalam kehidupan sehari-hari adalah saat kamu mendengar suara mobil di tikungan jalan. Meskipun kamu belum melihat mobil karena terhalang oleh bangunan atau pepohonan, tetapi suara mobil tersebut sudah dapat terdengar.

3. Pemantulan (Refleksi)

Pemantulan gelombang adalah peristiwa pengembalian seluruh atau sebagian gelombang ketika bertemu dengan bidang batas antara dua medium. Pada peristiwa pemantulan gelombang cahaya oleh suatu bidang batas, berlaku hukum pemantulan gelombang berikut.

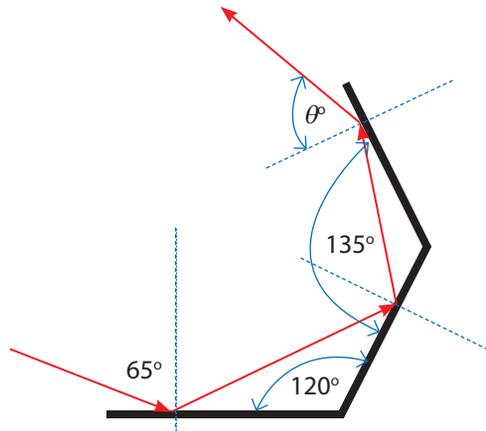
- Besar sudut datang (i) gelombang sama dengan sudut pantul (i') gelombang. **Sudut datang** adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dan garis normal. Sementara **sudut pantul** adalah sudut yang dibentuk oleh sinar pantul dan garis normal.
- Gelombang datang, gelombang pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.



Selain pada gelombang cahaya, peristiwa pemantulan juga dapat terjadi pada gelombang tali. Saat gelombang tali sampai di ujung tali (batas antara tali dan medium lain), gelombang akan dipantulkan kembali ke dalam tali tersebut.

Contoh Soal 3

Perhatikan gambar tiga buah cermin berikut!



Besarnya sudut pantul pada cermin ketiga (θ) adalah

Pembahasan:

• SUPER "Solusi Quipper" •

$$120^\circ - 65^\circ = 55^\circ$$

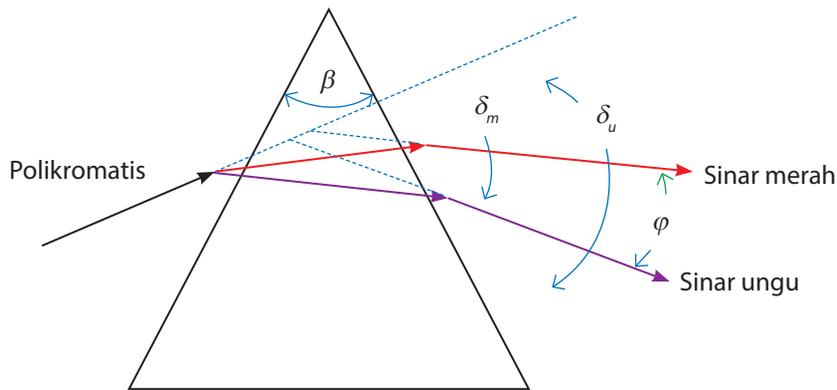
$$135^\circ - 55^\circ = 80^\circ$$

Jadi, besarnya sudut pantul pada cermin ketiga adalah 80° .

4. Dispersi

Dispersi adalah penyebaran/penguraian bentuk gelombang ketika merambat melalui suatu medium. Dispersi tidak terjadi pada gelombang bunyi yang merambat melalui udara. Hal ini terjadi karena udara merupakan medium yang dapat mempertahankan bentuk gelombang. Medium seperti ini disebut sebagai medium nondispersi.

Peristiwa dispersi dapat diamati ketika cahaya putih (polikromatis) melalui sebuah kaca prisma. Cahaya putih tersebut akan terurai menjadi cahaya monokromatis. Dalam hal ini, kaca prisma adalah medium dispersi untuk cahaya.



Penguraian cahaya pada prisma

Sudut deviasi (δ) adalah sudut yang dibentuk antara sinar datang dan sinar yang keluar dari prisma. Besarnya sudut deviasi sinar merah dan sinar ungu adalah sebagai berikut.

$$\delta_m = (n_m - 1)\beta$$

Keterangan:

n_m = indeks bias sinar merah;

$$\delta_u = (n_u - 1)\beta$$

n_u = indeks bias sinar ungu;

β = sudut pembias prisma (derajat);

δ_m = deviasi sinar merah (derajat); dan

δ_u = deviasi sinar ungu (derajat).

Berdasarkan gambar, tampak bahwa sudut deviasi sinar ungu lebih besar daripada sudut deviasi sinar merah. Selisih antara sudut deviasi sinar ungu dan sinar merah ini disebut sebagai **sudut dispersi (φ)**. Sudut dispersi dirumuskan sebagai berikut.

$$\varphi = (n_u - n_m)\beta$$

Contoh Soal 4

Seberkas cahaya polikromatis menembus prisma yang sudut pembiasnya 15° . Jika indeks bias untuk cahaya merah dan ungu masing-masing adalah 1,48 dan 1,51, besar sudut dispersinya adalah ...

Pembahasan:

Diketahui:

$$\beta = 15^\circ$$

$$n_m = 1,48$$

$$n_u = 1,51$$

Ditanya: $\varphi = \dots?$

Dijawab:

Berdasarkan rumus sudut dispersi, diperoleh:

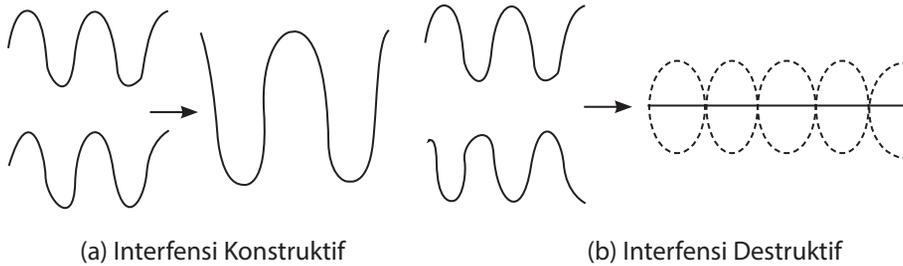
$$\begin{aligned}\varphi &= (n_u - n_m)\beta \\ &= (1,51 - 1,48)15^\circ \\ &= 0,45^\circ\end{aligned}$$

Jadi, besar sudut dispersinya adalah $0,45^\circ$.

5. Interferensi (Perpaduan)

Jika dua buah gelombang bertemu pada suatu tempat, resultan kedua gelombang di tempat tersebut sama dengan jumlah dari kedua gelombangnya. Gelombang-gelombang yang bertemu atau berpadu ini akan memengaruhi medium. Pengaruh yang ditimbulkan oleh gelombang-gelombang yang berpadu secara umum disebut **interferensi gelombang**.

Interferensi dibedakan menjadi dua, yaitu interferensi konstruktif dan interferensi destruktif. **Interferensi konstruktif** (saling menguatkan) terjadi jika kedua gelombang yang berpadu memiliki fase yang sama. Amplitudo gelombang hasil paduan ini sama dengan dua kali amplitudo masing-masing gelombang. **Interferensi destruktif** (saling melemahkan) terjadi jika kedua gelombang yang berpadu memiliki fase yang berlawanan. Amplitudo gelombang hasil paduan ini sama dengan nol. Interferensi konstruktif dan destruktif lebih mudah dipahami dengan menggunakan ilustrasi berikut.



6. Efek Doppler

Efek Doppler merupakan gejala umum dari gelombang. Pada gelombang bunyi, jika pendengar dan sumber bunyi bergerak saling mendekati, frekuensi yang didengar akan lebih besar daripada frekuensi sumber bunyinya, begitu juga sebaliknya. Efek Doppler juga dapat didefinisikan sebagai efek berubahnya frekuensi suara yang terdengar akibat adanya kecepatan relatif antara sumber bunyi dan pendengar. Rumus yang berlaku pada efek Doppler adalah sebagai berikut.

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \times f_s$$

Keterangan:

f_p = frekuensi pendengar (Hz);

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz);

Jika ada pengaruh angin: v = cepat rambat bunyi di udara (m/s);

v_p = kelajuan pendengar (m/s);

v_s = kelajuan sumber (m/s); dan

v_a = kelajuan angin (m/s).

$$f_p = \frac{(v \pm v_a) \pm v_p}{(v \pm v_a) \pm v_s} \times f_s$$

Perjanjian tanda efek Doppler:

v_p dan v_s bernilai nol jika keduanya diam;

v_p bertanda positif (+) jika pendengar mendekati sumber bunyi;

v_p bertanda negatif (-) jika pendengar menjauhi sumber bunyi;

v_s bertanda positif (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar; dan

v_s bertanda negatif (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar.

Contoh Soal 5

Sebuah ambulans bergerak menjauhi pendengar yang diam dengan kelajuan 20 m/s. Saat itu, ambulans membunyikan sirene dengan frekuensi 360 Hz. Jika cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, panjang gelombang sirene dan frekuensi yang didengar oleh orang yang diam tersebut adalah

Pembahasan:

Diketahui:

$$v_s = 20 \text{ m/s}$$

$v_p = 0$ (pendengar dalam posisi diam)

$$f_s = 360 \text{ Hz}$$

$$v = 340 \text{ m/s}$$

Ditanya: λ_s dan $f_p = \dots?$

Dijawab:

Berdasarkan rumus cepat rambat gelombang, diperoleh:

$$\lambda_s = \frac{v}{f_s} = \frac{340}{360} = 0,94 \text{ m}$$

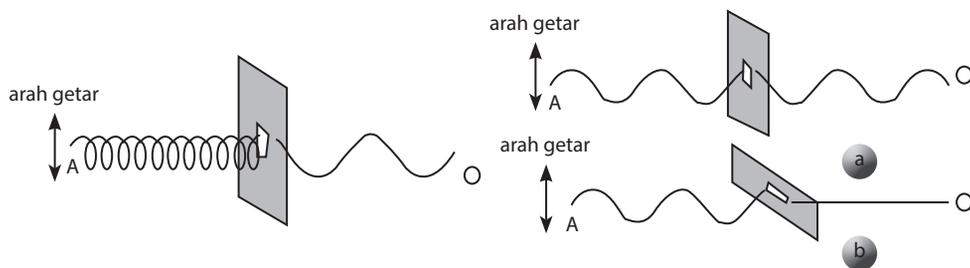
Berdasarkan persamaan efek Doppler dan perjanjian tandanya, diperoleh:

$$\begin{aligned} f_p &= \frac{v + v_p}{v + v_s} \times f_s \\ &= \frac{340 + 0}{340 + 20} \times 360 \\ &= 340 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Jadi, panjang gelombang sirene adalah 0,94 m, sedangkan frekuensi yang didengar oleh orang yang diam tersebut adalah 340 Hz.

7. Polarisasi

Ada satu karakteristik gelombang yang hanya dapat terjadi pada gelombang transversal, yaitu polarisasi. **Polarisasi** adalah peristiwa terserapnya sebagian arah getar gelombang sehingga hanya memiliki satu arah saja. Perhatikan ilustrasi berikut!



Peristiwa tersebut menunjukkan terjadinya polarisasi pada gelombang tali yang melewati sebuah celah sempit. Arah polarisasi gelombang tersebut sesuai dengan arah celahnya.

Secara sederhana, polarisasi dapat diartikan sebagai penyearah gerak getaran gelombang. Misalkan ada gelombang yang bergetar ke segala arah. Setelah melewati sebuah celah, arah getaran gelombang tersebut akan menjadi satu arah saja. Gelombang yang dihasilkan ini disebut sebagai gelombang terpolarisasi linear.