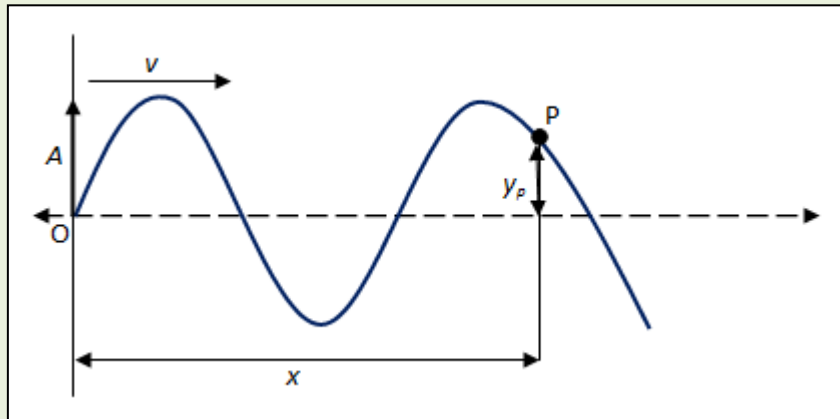


# Gejala Gelombang

## 1. Gelombang berjalan

### a. Simpangan getar gelombang

Gelombang berjalan memiliki sifat pada setiap titik yang dilalui akan memiliki amplitudo yang sama. Perhatikan gelombang berjalan dari sumber O ke titik P yang berjarak  $x$  pada Gambar 4.



**Gambar 1.4** Gelombang berjalan

Bagaimana menentukan simpangan pada titik P? Simpangan tersebut dapat ditentukan dari simpangan getarannya dengan menggunakan waktu perjalanannya. Jika O bergetar  $t$  detik berarti titik P telah bergetar  $t_p$  detik dengan hubungan:

$$t_p = t - \frac{x}{v}$$

Dan simpangan di titik P memenuhi

$$y_p = A \sin(\omega t_p)$$

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

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

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

$$y_p = A \sin \left( \omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) \quad \text{ingat} \quad Tv = \lambda$$

$$y_p = A \sin(\omega t - kx) \dots \dots \dots (1.3)$$

dengan:

$y_p$  = simpangan di titik p (m)

$A$  = amplitudo gelombang (m)

$\omega$  = frekuensi sudut

$k$  = bilangan gelombang

$x$  = jarak titik ke sumber (m)

$t$  = waktu gelombang (s)

$T$  = Periode gelombang

Nilai  $\omega$  dan  $k$  juga memenuhi persamaan berikut.

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad \text{dan} \quad k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Dengan substitusi persamaan di atas pada persamaan 1.3 dapat diperoleh bentuk lain simpangan getaran.

$$y_p = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (1.4)$$

Persamaan 1.3 dan 1.4 berlaku jika getaran sumber bergerak ke atas dulu dari titik  $y = 0$  (untuk  $t = 0$ ). Jika ke bawah dulu maka  $A$  bernilai negatif (-). Nilai negatif pada (-)  $kx$  berarti gelombang merambat ke kanan, jika sebaliknya yaitu merambat ke kiri akan bernilai positif. Dengan syarat-syarat tersebut maka akan berlaku persamaan berikut.

$$y = \pm A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (1.5)$$

Dari persamaan di atas kita tahu bahwa simpangan gelombang di setiap titik berbeda, tergantung waktu dan posisi titik tersebut. Oleh karena gelombang gempa termasuk gelombang berjalan maka simpangan gelombang yang ada saat terjadi gempa juga berbeda. Maka dari itu saat terjadi gempa bumi yang cukup kuat bisa membuat kita seperti berguncang. Kuat guncang tentu terkait juga dengan kekuatan gempa bumi yang terjadi.

Ukuran atau besar dan kecilnya kekuatan gempa bumi dapat dilihat dari seberapa besar energi yang dilepaskan (magnitudo) atau seberapa besar tingkat kerusakan yang ditimbulkan (intensitas). Magnitudo gempa bumi berhubungan dengan energi yang dilepaskan, merupakan pengukuran kuantitatif jumlah energi yang dilepas oleh gempa bumi yang tergantung pada ukuran patahan yang rusak, serta ditentukan dari rekaman alat pencatat gempa bumi (seismograf) yang biasanya disajikan dalam skala Richter. Selengkapnya penjelasan skala Richter ditunjukkan dalam Tabel 1. Intensitas gempa bumi adalah seberapa kuat gempa bumi dirasakan oleh pengamat dan merupakan penilaian kualitatif dari kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi (Wahyudi Citrosiswoyo, 2005: 24). Di Indonesia digunakan skala intensitas MMI (Modified Mercalli Intensity).

**Tabel 1.** Skala intensitas gempa bumi dari MII dan Skala Richter

Skala Mercalli		Skala Richter
<b>I</b>	Tidak dirasakan siapapun	2,5 Biasanya tidak dirasakan tetapi tercatat di seismograf
<b>II</b>	Dirasakan oleh sedikit orang	
<b>III</b>	Getaran dirasakan oleh banyak orang tetapi mereka tidak menyadarinya sebagai gempa bumi	3,5 Dirasakan oleh banyak orang
<b>IV</b>	Dirasakan oleh banyak orang di dalam rumah. Terasa seperti truk lewat di dekat bangun	
<b>V</b>	Dirasakan hampir semua orang; orang terjaga. Pohon dan tiang bergoyang bisa diamati.	
<b>VI</b>	Dirasakan semua orang, banyak orang berlarian keluar rumah. Furniture bergerak, terjadi sedikit kerusakan	4,5 mungkin terjadi beberapa kerusakan lokal
<b>VII</b>	Setiap orang berlarian keluar rumah. Struktur bangunan yang tidak teralu baik akan rusak, sedikit kerusakan terjadi dimana-mana	
<b>VIII</b>	Struktur yang dirancang khusus agak rusak. Bangunan lainnya runtuh	6,0 Gempa bumi yang merusak
<b>IX</b>	Semua bangunan rusak, fondasi bergetar. Terlihat retakan di tanah.	

<b>X</b>	Banyak struktur bangunan yang hancur. Terjadi retakan besar di tanah	7,0 gempa bumi besar
<b>XI</b>	Hampir semua struktur bangunan rubuh. Jembatan putus. Terjadi retakan yang sangat lebar di tanah	8,0 lebih. Gempa bumi raksasa
<b>XII</b>	Kerusakan total. Permukaan tanah membentuk gelombang, benda-benda berguling berjatuhan dan terlempar	

Goncangan dan getaran gempa bumi dapat membahayakan manusia karena dapat secara langsung merobohkan bangunan, gedung atau rumah tinggal. Sedangkan gempa bumi dapat secara tidak langsung membahayakan manusia karena goncangan dan getaran gempa bumi menyebabkan kejadian yang memicu kejadian yang lain menimbulkan bencana.

Pada saat terjadi gempa bumi biasanya diikuti oleh fenomena alam dan atau kejadian yang membahayakan dan berpotensi menimbulkan bencana. Fenomena alam atau kejadian yang dapat terjadi antara lain:

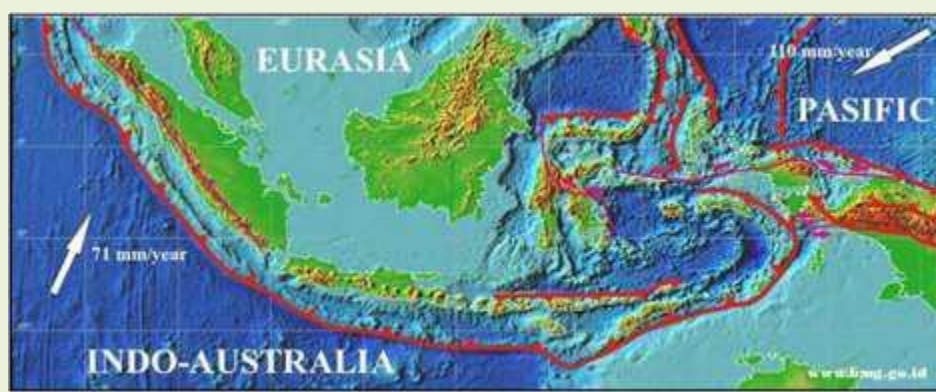
1. Gerakan permukaan tanah; Gerakan permukaan tanah dapat menggoyang bangunan hingga runtuh,
2. Likuifaksi; Perubahan dari tanah lepas yang awalnya stabil menjadi seperti massa fluida atau cairan, yang menyebabkan kerusakan bangunan di atasnya,
3. Gerakan tanah/tanah longsor; getaran dan goncangan gempa bumi dapat memicu terjadinya gerakan tanah, seperti longsor,
4. Kebakaran; goncangan dan getaran gempa bumi dapat merusak jaringan listrik dan pipa gas yang dapat memicu kebakaran besar.
5. Tsunami; Patahan di dasar laut karena gempa besar dapat menimbulkan gelombang besar timbul karena displasement atau perubahan bentuk dasar laut yang cepat saat terjadi patahan dasar laut.

Gempa bumi mempunyai efek bervariasi, termasuk perubahan dalam kenampakan geologi (terbentuknya lembah atau terbentuknya rekahan), kerusakan bangunan buatan manusia dan dampak terhadap kehidupan manusia dan binatang serta tumbuhan. Bencana dapat timbul jika gempa bumi menyebabkan kerusakan, semakin berat kerusakan yang terjadi semakin besar bencana yang diakibatkan.

Berat dan ringannya kerusakan bangunan yang diakibatkan oleh gempa bumi tergantung dari banyak faktor, antara lain:

1. Ukuran gempa bumi, semakin besar ukuran gempa bumi semakin besar kerusakan yang ditimbulkan
2. Jarak dari pusat gempa bumi, semakin dekat lokasi bencana dengan pusat gempa bumi akan semakin besar tingkat kerusakan yang diakibatkan.
3. Sifat material atau tanah di lokasi, Tanah lepas seperti endapan sungai, endapan gunung berapi yang belum mengalami pengompakan (belum keras) akan memperbesar gelombang gempa bumi sehingga akan memperbesar tingkat kerusakan
4. Keadaan struktur atau bangunan di area, Bangunan yang terbuat dari kayu dengan pondasi yang kokoh lebih tahan terhadap gempa bumi, sedangkan bangunan yang terbuat dari tanah atau beton yang tidak bertulang rentan terhadap goncangan gempa bumi.

Begitu besar kerugian yang disebabkan bencana gempa bumi. Untuk itu perlu adanya kesadaran terhadap bencana gempa bumi. Perhatikan gambar 5. Dari gambar 5 kita bisa melihat bahwa wilayah kepulauan Indonesia merupakan tempat pertemuan tiga lempeng besar dunia, yaitu Lempeng India-Australia dari bagian selatan, Lempeng Eurasia (Lempeng Asia Tenggara) di bagian barat dan utara, dan Lempeng Pasifik dari arah timur, serta lempeng kecil seperti Lempeng Laut Cina selatan dan Lempeng Filipina dari utara. Oleh karena itu wilayah Indonesia mempunyai kondisi geologi yang mempunyai wilayah yang paling sering terjadi gempa bumi.



**Gambar 1.5** Tiga lempeng di wilayah Indonesia (sumber: BMKG)

Oleh karena itu masyarakat di sebagian besar wilayah Indonesia terutama bagian barat Pulau Sumatra, bagian selatan Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Maluku, Papua, dan Sulawesi harus sadar bahwa mereka tinggal di daerah rawan bencana gempa bumi dan rawan terhadap bencana yang disebabkan oleh gempa bumi (misalnya tsunami dan longsor). Di daerah-daerah tersebut berpotensi gempa dikarenakan daerah tersebut dekat atau sangat dekat dengan lokasi terjadinya pergeseran kulit bumi, yang menjadi tempat terjadinya atau sumber gempa bumi.

## 2. Fase dan sudut fase gelombang

Besaran yang juga penting untuk dipelajari adalah fase gelombang. Fase gelombang dapat didefinisikan sebagai bagian atau tahapan gelombang. Perhatikan persamaan 1.5. Dari persamaan itu fase gelombang dapat diperoleh dengan hubungan seperti berikut

$$\varphi = \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (1.6)$$

dengan:

$\varphi$  = fase gelombang

$T$  = periode gelombang (s)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

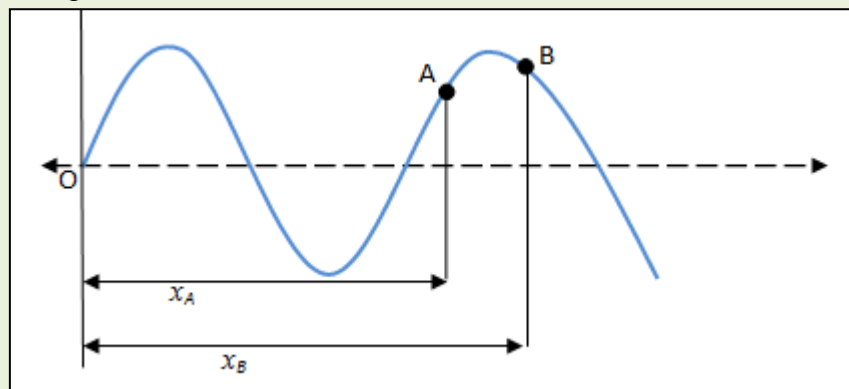
$t$  = waktu perjalanan gelombang (s)

$x$  = jarak titik dari sumber (m)

Dari fase gelombang dapat dihitung juga sudut fase. Sudut fase adalah besarsudut dalam fungsi sinus (dinyatakan dalam radian). Sudut fase memenuhi persamaan berikut,

$$\theta = (\omega t - kx) = 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = 2\pi \varphi \text{ (rad)} \dots \dots \dots (1.7)$$

untuk beda fase, perhatikan gambar 1.6 berikut,



**Gambar 1.6** Beda Fase

Fase titik A yang berjarak  $x_A$ , dari titik asal getaran O, pada saat O telah bergetar  $t$  sekon, menurut persamaan 1.6 adalah  $\varphi_A = \left( \frac{t}{T} - \frac{x_A}{\lambda} \right)$ . Pada saat yang sama, titik B yang berjarak  $x_B$  dari titik asal getaran O memiliki fase  $\varphi_B = \left( \frac{t}{T} - \frac{x_B}{\lambda} \right)$

Beda fase antara titik A dan B adalah

$$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A$$

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

$$\Delta\varphi = \frac{-(x_B - x_A)}{\lambda} = \frac{-\Delta x}{\lambda} \quad \text{Dengan} \quad \Delta x = x_B - x_A$$

Yang perlu diingat adalah tanda negatif pada persamaan menunjukkan bahwa untuk gelombang yang merambat ke sumbu x positif, partikel yang terletak di depan (sebelah kanan) mengalami keterlambatan fase terhadap partikel di belakangnya (sebelah kiri).

### CONTOH SOAL PEMAHAMAN

Sebuah gelombang merambat pada tali yang memenuhi persamaan :  $Y = 0,4 \sin 2\pi (60t - 0,4x)$  di mana  $Y$  dan  $x$  dalam meter dan  $t$  dalam sekon, tentukanlah :

- amplitudo gelombang,
- frekuensi gelombang,
- panjang gelombang,
- cepat rambat gelombang, dan
- beda fase antara titik A dan B pada tali itu yang terpisah sejauh 1 m.

#### Penyelesaian:

Untuk menyelesaikan persoalan gelombang berjalan yang diketahui persamaan gelombangnya, kita mengubah bentuk persamaan gelombang tersebut ke dalam bentuk persamaan gelombang umum.

**Diketahui:**  $Y = 0,4 \sin 2\pi (60t - 0,4x)$

#### Ditanya :

- $A = \dots?$
- $f = \dots?$
- $\lambda = \dots?$
- $v = \dots?$
- $\Delta\varphi = \dots?$

#### Jawab :

$Y = 0,4 \sin 2\pi (60t - 0,4x)$  diubah menjadi bentuk

$Y = 0,4 \sin (120\pi t - 0,8\pi x)$

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

- $A = 0,4 \text{ m}$
- $\omega t = 120\pi t \rightarrow \omega = 2\pi f \rightarrow 2\pi f = 120\pi \rightarrow f = \frac{120\pi}{2\pi} = 60 \text{ Hz}$
- $k = 0,8\pi \rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} = 0,8\pi \rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{0,8\pi} = 2,5 \text{ m}$
- $v = f \times \lambda = 60 \text{ Hz} \times 2,5 \text{ m} = 150 \text{ m/s}$
- $\Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{1}{2,5 \text{ m}} = \frac{2}{5}$