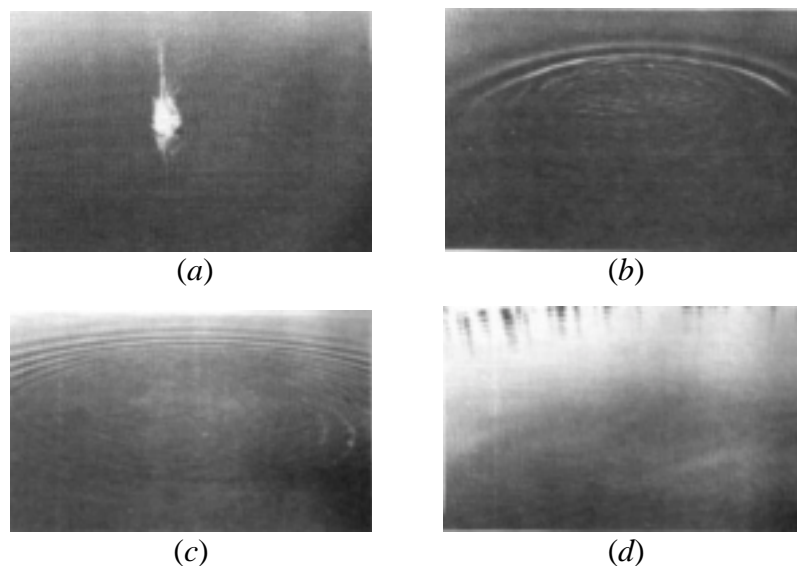


BAB 1

GEJALA GELOMBANG

1.1 Deskripsi Gelombang

Secara umum, gejala gelombang dapat didefinisikan sebagai peristiwa perambatan energi dari satu tempat ke tempat yang lain. Jika kita perhatikan, banyak kejadian alam yang mengandung gejala gelombang seperti halnya gelombang laut, pancaran cahaya, gempa bumi, dll. Jatuhnya sebuah benda ke dalam kolam dapat memicu terjadinya gejala gelombang permukaan air. Selain itu kita juga dapat melihat bahwa kehidupan kita sehari-hari hampir tidak dapat lepas dari gejala gelombang. Kita memerlukan gejala gelombang untuk mendengarkan bunyi, bercakap-cakap, membaca, memandang, menonton televisi, berkomunikasi melalui pesawat telepon maupun CB (Citizen Band), dan banyak lagi. Bahkan pada kereta apipun sebenarnya juga terjadi gejala gelombang, dimana terjadi perambatan energi dari lokomotif menuju gerbong-gerbong di belakangnya, sehingga semuanya memiliki kemampuan untuk bergerak.

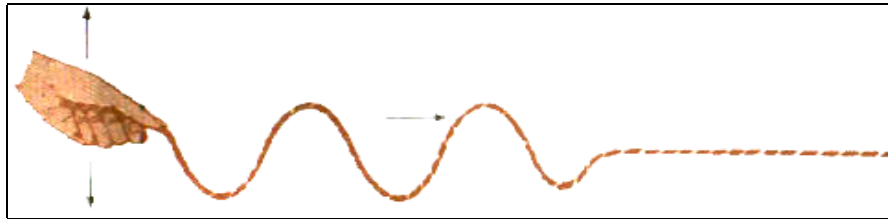


Gambar 1.1
Penyebaran gelombang permukaan air

Batu yang jatuh di tengah kolam, akan menimbulkan usikan pada permukaan air kolam. Usikan ini terjadi karena titik pada permukaan air kolam, tempat jatuhnya batu, menyerap sebagian dari energi batu tersebut. Energi ini kemudian merambat ke seluruh permukaan air, sehingga terjadi gelombang. Namun, dalam keadaan ini, yang menjalar dan merambat hanyalah energi dan impuls. Hal ini bisa terlihat jika di permukaan air tersebut terdapat daun kering yang sedang mengambang. Pada saat terjadi gelombang, meskipun

gelombang terlihat menyebar, tapi daun tersebut hanya bergerak naik turun di tempat yang sama.

Pada gelombang tali, energi yang diberikan pada ujung tali melalui proses penggetaran akan merambat melalui partikel-partikel tali, sehingga bagian tali yang tidak digetarkan secara langsung suatu saat juga dapat bergetar. Tapi jika diperhatikan, tidak ada bagian dari tali yang tergeser. Hal ini menunjukkan bahwa pada tali hanya terjadi perambatan energi dan impuls, tapi tidak terjadi perambatan materi.



Gambar 1.2
Gelombang merambat pada tali

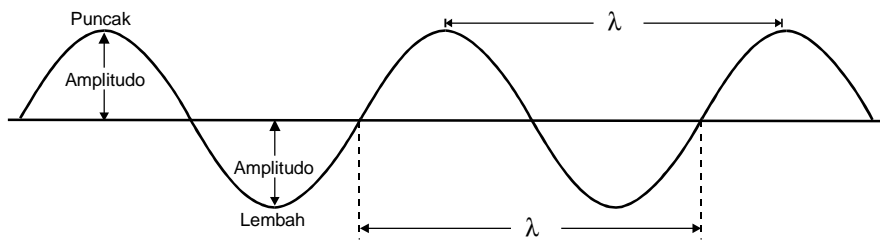
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sumber gelombang berjalan adalah usikan atau gangguan (getaran), dan gaya kohesif antara partikel-partikel medium yang berdekatan menyebabkan terjadinya rambatan energi getaran.

Gelombang periodis atau *gelombang kontinu*, seperti yang ditunjukkan oleh Gb.1.2, bersumber pada suatu usikan kontinu berupa osilasi. Jadi sumbernya adalah *vibrasi* atau *getaran* atau *osilasi*. Gelombang air dapat ditimbulkan dengan jalan menggetarkan benda (misalnya tangan) pada permukaannya; atau dengan tiupan angin seperti juga halnya dengan menjatuhkan batu ke permukaannya. Selanjutnya kita tahu bahwa garpu tala yang bergetar akan menimbulkan gelombang suara di udara; dan kita juga akan lihat bahwa getaran muatan listrik dapat menimbulkan gelombang cahaya. Jadi hampir semua benda yang bergetar memancarkan gelombang.

Sumber dari setiap gelombang adalah getaran dan getaranlah yang merambat sebagai gelombang. Jika sumber melakukan GHS (gerak harmonis sederhana, lihat review GHS), maka gelombang yang terjadi akan berbentuk sinusoidal dalam ruang dan dalam waktu. Berarti, jika kita memotret gelombang tersebut yang sedang merambat, akan kita dapatkan gelombang yang bentuknya seperti fungsi sinus atau kosinus. Di sisi lain, jika kita mengamati gerakan yang dilakukan satu titik dari medium yang dilalui gelombang, maka akan terlihat bahwa titik tersebut bergerak bolak-balik, mengikuti aturan GHS.

Sejumlah besaran penting yang digunakan untuk mendeskripsikan gelombang periodik sederhana ditunjukkan pada Gb.1.3. Posisi tertinggi pada gelombang dinamakan *puncak*; dan titik terendah dinamakan *lembah*. **Amplitudo (A)** adalah jarak antara garis tengah (disebut

garis setimbang) dengan puncak atau lembah. Jarak total antara puncak dan lembah sama dengan dua kali amplitudo.



Gambar 1.3
Karakteristik gelombang kontinu

Jarak antara dua puncak yang berdekatan dinamakan **panjang gelombang (λ)**, yang besarnya juga sama dengan jarak antara dua titik identik yang berdekatan pada gelombang. **Frekwensi (f)**, kadang-kadang disimbolkan dengan ν (baca : nu), didefinisikan sebagai jumlah gelombang yang melewati satu titik dalam satu satuan waktu. **Periode ($T = 1/f$)** adalah waktu yang dibutuhkan satu gelombang untuk melewati satu titik.

Cepat rambat (v) gelombang menunjukkan kecepatan gerak dari puncak gelombang (bedakan dengan **kecepatan getar (v_g)** partikel yang dilewati gelombang !). Karena dalam satu periode (T) puncak gelombang menempuh jarak sejauh satu panjang gelombang (λ), maka $v = \lambda/T$, atau :

$$v = \lambda f \quad (1.1)$$

Sebagai contoh, andaikan bawa sebuah gelombang memiliki panjang gelombang 5 m dan frekwensi 3 Hz. Karena dalam satu detik dilewati tiga puncak gelombang setiap detik dan puncak yang berdekatan berjarak 5 m, maka dalam waktu satu detik puncak pertama (atau bagian lain dari gelombang) akan menempuh jarak sejauh 15 m. Jadi cepat rambat gelombang tersebut 15 m/detik.

Cepat rambat gelombang tergantung pada sifat medium yang dirambatinya. Cepat rambat gelombang pada tali, sebagai contoh, tergantung pada tegangan tali, F_T , dan massa tali per satuan panjang, m/L . Hubungannya adalah :

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{m/L}} \quad (1.2)$$

Contoh :

Sebuah gelombang ($\lambda = 0.50$ m) merambat pada kawat sepanjang 300 m, yang memiliki massa 30 kg. Jika kawat tersebut mendapat gaya tegang sebesar 4000 N, hitung cepat rambat dan frekwensi gelombang pada kawat tersebut.

Jawab :

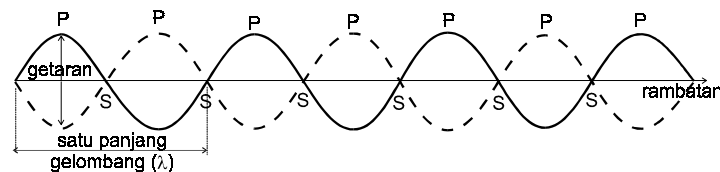
$$\text{Cepat rambatnya : } v = \sqrt{\frac{4000 \text{ N}}{30 \text{ kg}/300 \text{ m}}} = 200 \text{ m/detik}$$

$$\text{Frekwensi : } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{200 \text{ m/det}}{0.50 \text{ m}} = 400 \text{ Hz}$$

1.2. Jenis-Jenis Gelombang

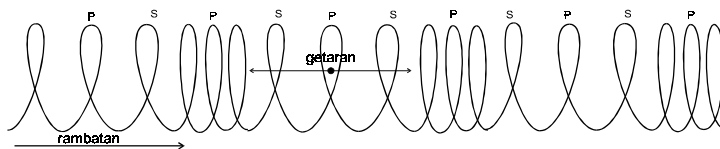
Berdasarkan diperlukan atau tidaknya medium dalam penjalaran gelombang, gelombang dapat dibagi atas *gelombang mekanik* dan *gelombang non mekanik*. *Gelombang mekanik* adalah segala macam gelombang yang *memerlukan* medium untuk merambat, misalnya gelombang tali, gelombang permukaan air, gelombang bunyi, dll. *Gelombang non mekanik* adalah gelombang yang *tidak memerlukan* medium untuk merambat. Yang termasuk gelombang non mekanik adalah segala macam gelombang elektromagnetik, misalnya gelombang radio, gelombang cahaya, gelombang TV, dll.

Berdasarkan arah getarnya, gelombang dapat dibagi atas *gelombang transversal* dan *gelombang longitudinal*. *Gelombang transversal* adalah gelombang yang arah getarnya *tegak lurus* dengan arah rambatannya. Gelombang transversal terdiri atas deretan puncak dan lembah, yang keduanya dinamakan *perut*. Di antara dua perut terdapat titik yang dinamakan *simpul*, yaitu titik-titik yang simpangannya nol.



Gambar 1.4
Gelombang transversal

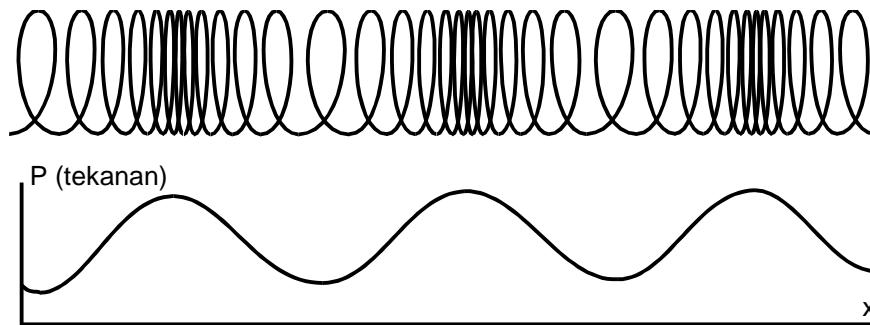
Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getarnya *sejajar* dengan arah rambatannya. Gelombang ini terdiri atas rentetan *perapatan* dan *perenggangan*, dimana setiap pusat perapatan dan pusat perenggangan dinamakan perut gelombang. Di antara dua perut terdapat simpul.



Gambar 1.5
Gelombang longitudinal pada pegas

Representasi gelombang longitudinal seperti pada gambar 1.5 di atas dapat diubah dengan menggambarkan distribusi tekanan terhadap posisi x. Pusat perapatan merupakan tempat yang

bertekanan paling tinggi dan bisa dianggap sebagai *puncak* gelombang; sementara pusat peregangannya merupakan tempat bertekanan paling rendah dan bisa dianggap sebagai *lembah*.

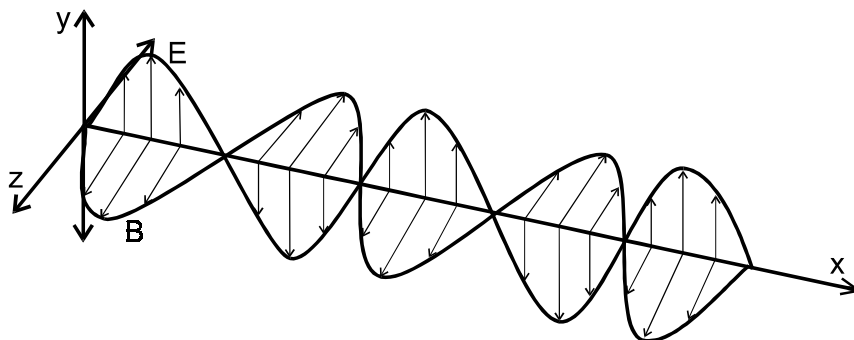


Gambar 1.6
Representasi gelombang longitudinal sebagai distribusi tekanan terhadap posisi

1.3. Gelombang Elektromagnet

Gelombang Elektromagnet adalah gelombang yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Terdiri atas getaran medan listrik (E) dan medan magnet (B), dimana arah getar medan listrik tegak lurus terhadap arah getar medan magnet.
- Merupakan gelombang transversal, yang berarti arah getar medan listrik dan medan magnet harus tegak lurus terhadap arah rambatannya.
- Merupakan gelombang non-mekanik. Berarti gelombang ini tidak memerlukan medium untuk merambat. Perambatan gelombang ini terjadi berkat adanya kerjasama dan hubungan timbal balik antara medan listrik dan medan magnet.
- Cepat rambat gelombang ini di ruang hampa dilambangkan dengan c , dimana $c = 3 \times 10^8$ m/det.



Gambar 1.6
Gelombang elektromagnet yang merambat sepanjang sumbu X , dengan medan listrik (E) yang bergetar sejajar sumbu Y dan medan magnet yang bergetar sejajar sumbu Z .

Tabel 1.1 - Spektrum gelombang elektromagnet

1. Gelombang Radio	10 m - 100 m	Osilasi RF
2. Gelombang TV	50 MHz - 100 MHz	Osilasi RF (VHF)
3. Gelombang Mikro	10^9 Hz - 300 GHz	Osilasi elektronik
4. Infra merah	$3 \cdot 10^{11}$ Hz - $4 \cdot 10^5$ Hz	Getaran elektron karena pemanasan
5. Cahaya (sinar tampak)	3.900 \AA - 7.800 \AA	Eksitasi elektron
6. Ultra Violet	6 \AA - 3.000 \AA	Eksitasi elektron
7. Sinar X	$0,06 \text{ \AA}$ - 10 \AA	Eksitasi elektron
8. Sinar γ	10^{-4} \AA - 1 \AA	Radiasi radioaktif

Gelombang elektromagnet yang berada di sekitar kita memiliki panjang gelombang yang sangat beragam, antara 10^{-4} \AA hingga 10 m. Gelombang elektromagnet dapat dibangkitkan oleh berbagai macam peristiwa, antara lain :

- *eksitasi elektron*, yaitu peristiwa perpindahan elektron dari satu kulit ke kulit lain dalam satu atom
- *Osilasi RF*, yaitu osilasi (getaran) elektronik yang dihasilkan oleh rangkaian elektronik RLC (resistor, kumparan, dan kondensator).
- *pemanasan benda*
- *gejala radioaktif*.

Tabel 1.1 berikut ini menunjukkan berbagai macam gelombang elektromagnet dan peristiwa yang membangkitkan gelombang tersebut.

Tabel 2 - Spektrum gelombang sinar tampak

Warna	Panjang Gelombang (\AA)	Frekuensi (Hz)
Ungu	3.900 - 4.550	$7,69 \cdot 10^{14}$ - $6,59 \cdot 10^{14}$
Biru	4.550 - 4.920	$6,59 \cdot 10^{14}$ - $6,10 \cdot 10^{14}$
Hijau	4.920 - 5.770	$6,10 \cdot 10^{14}$ - $5,20 \cdot 10^{14}$
Kuning	5.770 - 5.970	$5,20 \cdot 10^{14}$ - $5,03 \cdot 10^{14}$
Jingga	5.970 - 6.220	$5,03 \cdot 10^{14}$ - $4,82 \cdot 10^{14}$
Merah	6.220 - 7.800	$4,82 \cdot 10^{14}$ - $3,85 \cdot 10^{14}$

Dengan mengetahui panjang gelombang suatu gelombang elektromagnet, kita bisa mengetahui frekuensi gelombang tersebut, karena antara keduanya terdapat hubungan sebagai berikut :

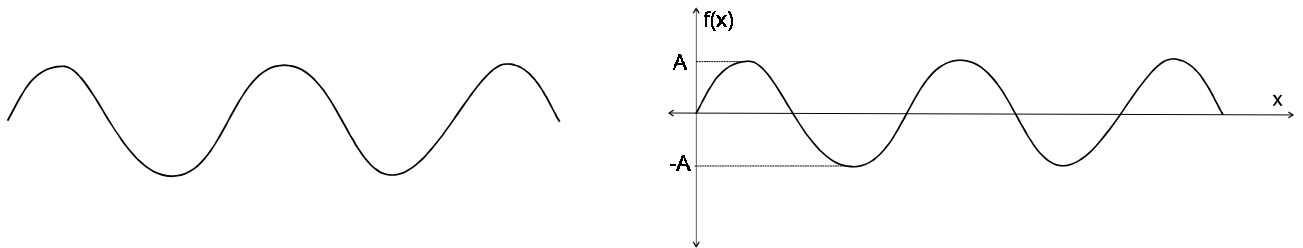
$$c = f \cdot \lambda \quad (1.3)$$

dengan c cepat rambat cahaya di ruang hampa (m/s), f frekuensi gelombang (Hz), dan λ adalah panjang gelombang (m).

Untuk panjang gelombang yang sangat kecil sering digunakan satuan Å (Angstrom), dimana 1 Å setara dengan 10^{-10} m.

1.4 Persamaan Gelombang

Untuk dapat menurunkan persamaan gelombang secara umum, kita andaikan terdapat sebuah tali yang sedang dijalar gelombang. Dapat kita bayangkan bahwa pada satu titik waktu tertentu, tali tersebut akan memiliki pola seperti gambar kiri di bawah ini. Jika pada pola tersebut kita tambahkan sumbu kartesian dan kita letakkan titik acuan sedemikian rupa, maka dari pola tali tersebut kita akan mendapatkan kurva fungsi sinus : $y = A \sin(\theta + \theta_0)$ seperti yang ditunjukkan oleh gambar kanan. θ_0 adalah *sudut fase awal* fungsi, untuk mengakomodasi kemungkinan simpangan di posisi awal pada $t = 0$ tidak sama dengan 0.

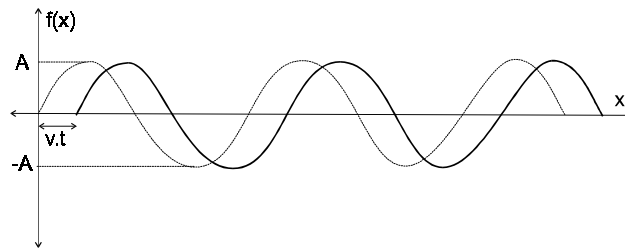


Gambar 1.7
Gelombang sinusoidal sebagai dasar dari persamaan gelombang

Untuk mendapatkan fungsi sinus yang benar-benar merupakan fungsi x , variabel sudut θ harus ditransformasi menjadi variabel x , dengan hubungan : $\theta = \frac{x}{\lambda} \cdot 2\pi$. Dengan demikian fungsi sinus dari gambar kurva tersebut adalah :

$$f(x) = A \sin\left(2\pi \frac{x}{\lambda} + \theta_0\right) \quad (1.4)$$

Karena gelombang tersebut merambat pada tali dengan kecepatan konstan v , maka t detik kemudian, gelombang tersebut telah tergeser sejauh vt .



Gambar 1.8

Fungsi $f(x)$ yang tergeser ke kanan sejauh vt menghasilkan fungsi baru : $f(x - vt)$

Untuk itu perlu dicari fungsi baru bagi gelombang tersebut, karena sudah mengalami pergeseran ke kanan sejauh vt . Fungsi gelombang yang baru ini tidak lain adalah hasil translasi dari fungsi awalnya ke arah kanan, yaitu $f(x) = f'(x - vt)$. Jika dilakukan substitusi akan diperoleh persamaan umum untuk gelombang sebagai fungsi dari posisi x dan waktu t .

$$\begin{aligned}
 f(x) &= A \sin\left(2\pi \frac{x - vt}{\lambda} + \theta_0\right) \\
 &= A \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi vt}{\lambda} + \theta_0\right); & \frac{2\pi}{\lambda} &= k \text{ (bilangan gelombang);} & v &= f \cdot \lambda \\
 &= A \sin\left(kx - \frac{2\pi f \lambda t}{\lambda} + \theta_0\right); & 2\pi f &= \omega \text{ (frekuensi sudut)} \\
 &= A \sin(kx - \omega t + \theta_0)
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, persamaan umum untuk gelombang berjalan adalah :

$$y = A \sin(kx - \omega t + \theta_0) \text{ untuk gelombang yang merambat ke kanan.} \quad (1.5a)$$

$$y = A \sin(kx + \omega t + \theta_0) \text{ untuk gelombang yang merambat ke kiri.} \quad (1.5b)$$

dengan A sebagai amplitudo / simpangan terjauh (m), $k = 2\pi/\lambda$ sebagai bilangan gelombang, x sebagai posisi, $\omega = 2\pi f$ sebagai frekuensi sudut, dan t sebagai waktu. Frekuensi gelombang dinyatakan dengan f , dan panjang gelombang dinyatakan dengan λ . y menyatakan simpangan (m). θ_0 adalah *sudut fase awal* dari gelombang, yang memiliki hubungan dengan *fase awal*, ϕ_0 , sebagai berikut : $\theta_0 = 2\pi \cdot \phi_0$.

Jika kita menguraikan faktor fase dalam fungsi sinus pada persamaan 1.5a, $(kx - \omega t + \theta_0)$, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \theta &= (kx - \omega t + \theta_0) = \left(\frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{2\pi}{T} t + 2\pi \cdot \phi_0\right) \\
 \theta &= 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} + \phi_0\right) = 2\pi \left[\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right) + \phi_0\right] \\
 \theta &= 2\pi(\Delta\phi + \phi_0)
 \end{aligned} \quad (1.6)$$

Dari persamaan 1.6 di atas, kita dapat melihat persamaan untuk fase, ϕ , yaitu

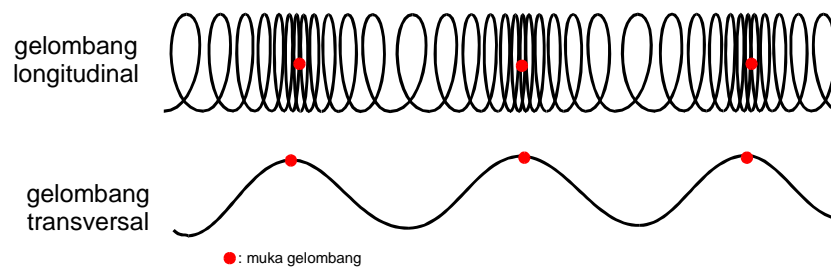
$$\phi = 2\pi(\Delta\phi + \phi_0) \quad \text{atau} \quad \phi = \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) + \theta_0 \quad (1.7)$$

Fase sendiri disini bisa didefinisikan sebagai jumlah gelombang yang telah terjadi.

1.5 Muka Gelombang

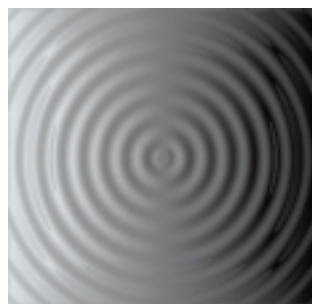
Muka gelombang adalah kumpulan titik-titik yang berfase sama pada arah penyebaran gelombang. Muka gelombang pada umumnya akan membentuk bangun geometris, tergantung pada bentuk dari sumber dan arah penyebaran gelombangnya.

Gelombang yang menyebar hanya pada satu dimensi arah (gelombang 1-dimensi) memiliki muka gelombang berupa titik-titik terpisah pada jarak tertentu (lihat gambar 1.9). Walaupun jauh dari sumber gelombang, muka gelombang 1-dimensi di suatu titik tidak akan mengalami perubahan bentuk.



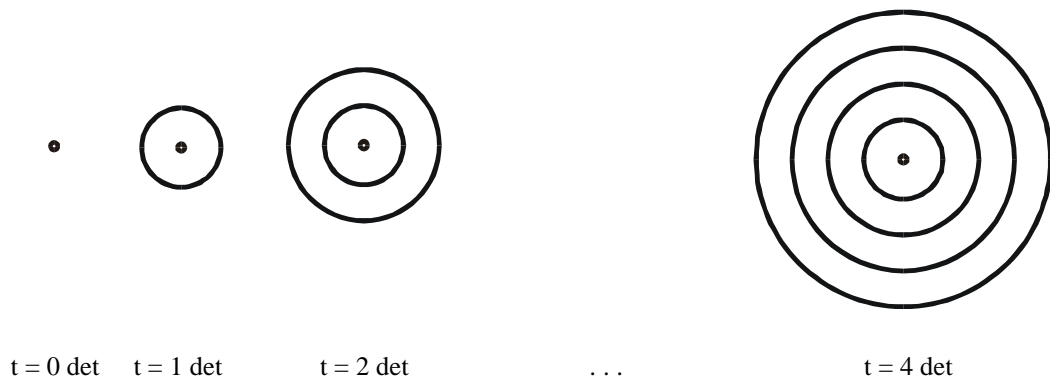
Gambar 1.9
Muka gelombang pada gelombang 1-dimensi

Gelombang yang memiliki sumber berupa titik dan menyebar pada arah dua dimensi memiliki muka gelombang berupa lingkaran (gambar 1.10). Ketika gelombang menyebar, muka gelombang akan terlihat semakin membesar, sementara di titik pusat timbul gelombang baru yang dibangkitkan oleh getaran.



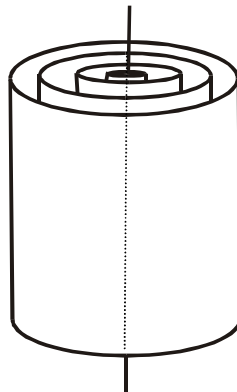
Gambar 1.9
Ilustrasi muka gelombang dua dimensi
(seperti gelombang permukaan air)

Gambar 1.11 memperlihatkan sketsa penyebaran muka gelombang; pada $t = 0$, satu muka gelombang sedang dibangkitkan. Satu detik kemudian ($t = 1$), jari-jari muka gelombang ini sudah membesar dan pada pusat lingkaran dibangkitkan gelombang yang baru. Pada $t = 2$, muka gelombang yang terjadi pertama kali, akan semakin membesar; muka gelombang yang baru dibangkitkan pada $t = 1$ mulai membesar, dan di titik pusat timbul muka gelombang baru. Demikian seterusnya.



Gambar 1.10
Penyebaran muka gelombang berbentuk lingkaran (gelombang sirkular)
pada gelombang berperiode 1 detik.

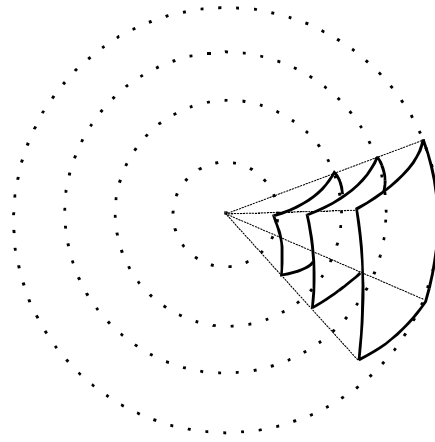
Sementara itu, jika gelombang dua dimensi bersumber pada sumber gelombang yang panjang (gambar 1.11), akan terbentuk muka gelombang berbentuk silinder, yang bisa disebut *muka gelombang silindris*.



Gambar 1.11
Muka gelombang silindris

Jika sumber gelombang berbentuk titik dan gelombang menyebar ke segala arah (3-dimensi), maka akan terbentuk muka gelombang berbentuk bola (gambar 1.12). Muka gelombang ini sering disebut *muka gelombang sferis* (sferis berasal dari kata 'sphere', yang berarti 'bola'). Seperti halnya gelombang sirkular dan gelombang silindris, semakin lama jari-jari muka gelombang sferis akan semakin membesar. Jika jari-jari muka gelombang sferis sudah sangat besar, maka satu bagian kecil dari muka gelombang sferis tersebut akan semakin

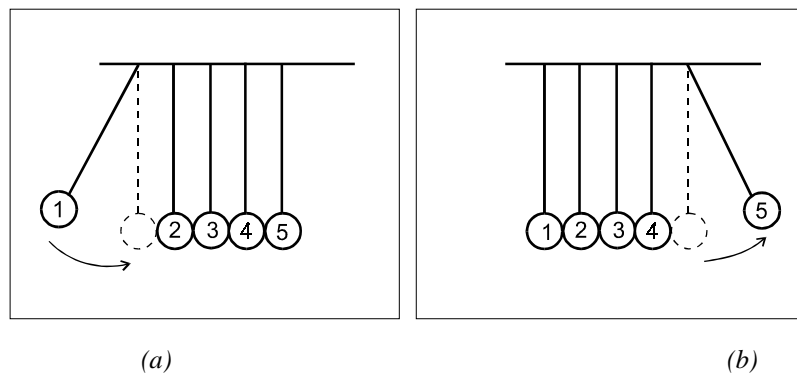
menyerupai muka gelombang *planar* (datar). Contoh : muka gelombang sinar matahari sebenarnya berbentuk sferis, namun sesampainya di permukaan bumi, muka gelombang tersebut bisa dianggap sebagai muka gelombang *planar*.



Gambar 1.12
Muka gelombang sferis

Inset : Contoh perpindahan energi pada benda

Pada gambar kiri di bawah ini terlihat lima buah bola yang tergantung pada tali. Jika bola pertama ditarik ke kiri lalu dilepaskan, maka bola pertama tersebut akan meluncur dan menumbuk bola ke dua. Setelah menumbuk bola ke dua, bola pertama tersebut akan berhenti, namun bola ke lima akan terlempar ke kanan, seperti yang ditunjukkan oleh gambar kanan.



Gambar 1.13
Energi yang berasal dari satu benda dapat merambat melalui benda yang lain.

Apa yang ditunjukkan oleh contoh di atas, sebenarnya tidak lain adalah peristiwa penyaluran energi. Ketika bola pertama diangkat ke kiri, berarti pada bola pertama diberikan energi potensial. Pada saat bola pertama tersebut dilepaskan, bola itu meluncur dan energi potensial yang dimilikinya secara bertahap berubah menjadi energi kinetik. Pada saat bola pertama menumbuk bola kedua, bola pertama memberikan energi kinetiknya kepada bola kedua. Tapi karena bola ke dua tidak dapat bergerak ke kanan, energi kinetik tersebut diberikan lagi kepada bola berikutnya dan demikian seterusnya hingga energi kinetik tersebut mencapai bola ke lima. Begitu energi kinetik mencapai bola ke lima, energi tersebut dipakai oleh bola ke lima untuk bergerak naik.

Perpindahan energi kinetik dari bola pertama ke bola kedua menyebabkan kedua bola tersebut mengalami perubahan momentum ($\Delta M = m \cdot \Delta v$). Perubahan momentum ini disebut juga *impuls* ($I = \Delta M = m \cdot \Delta v$). Dengan demikian dapat pula dikatakan bahwa pada peristiwa di atas terjadi perambatan impuls. Contoh di atas menunjukkan bahwa energi dan impuls dapat merambat melalui benda atau partikel benda. Hal inilah yang menjadi dasar dari gejala gelombang. *Pada gejala gelombang terjadi penyaluran energi dan impuls dan tidak terjadi penyaluran materi.*

SOAL-SOAL

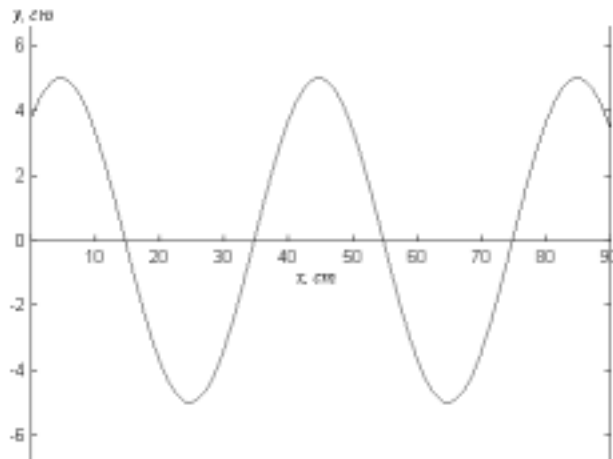
1. Terangkan mengapa persamaan-persamaan di bawah ini tidak dapat digunakan untuk mendeskripsikan gejala gelombang. A adalah konstanta dari fungsi $f(x \pm vt)$.

$$\begin{array}{ll} y = A(x - vt) & y = A(x + vt)^2 \\ y = A\sqrt{x - vt} & y = A \ln(x + vt) \end{array}$$

2. Berapakah panjang gelombang cahaya berfrekuensi 6×10^5 GHz ?
3. Hitunglah frekuensi gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang 15 Angstrom.
4. Sebuah pesawat ruang angkasa telah menempuh jarak sebesar 2 tahun cahaya. Berapakah jarak tersebut jika dihitung dalam satuan km ?
5. Hitunglah cepat rambat gelombang yang memiliki persamaan $y = 25 \sin \pi(4x - 20t)$, dengan satuan mks.
6. Gelombang dengan persamaan $y = 25 \sin \pi(px - 20t)$, dengan satuan mks, memiliki cepat rambat sebesar 5 m/s. Hitung :
 - a. nilai p
 - b. simpangan pada $x = 2,1$ m dan $t = 2,5$ detik
 - c. kecepatan getar pada $x = 2,1$ m dan $t = 2,5$ detik
 - d. percepatan getar pada $x = 2,1$ m dan $t = 2,5$ detik
7. Sebuah gelombang tegak memiliki persamaan : $y = A \cos kx \sin \omega t$, dengan amplitudo 2 m, $k = \pi/4$ rad m^{-1} dan frekuensi 20 Hz. Hitung kecepatan getar dan percepatan getar maksimum suatu titik yang berada 1 m dari titik acuan.

8. Sebuah batu dilepaskan ke dalam sumur. Permukaan air dalam sumur tersebut berjarak 50 m dari bibir sumur. Berapa waktu yang dibutuhkan sejak batu dilepaskan hingga terdengarnya bunyi air (karena terkena batu) oleh pengamat ?
Cepat rambat bunyi = 330 m/s; $g = 10 \text{ m/s}^2$.
9. Seorang nelayan setiap 6 detik melihat puncak gelombang puncak gelombang mencapai ujung perahunya yang sedang diam di tengah laut. Ia melihat bahwa jarak antara dua puncak yang berdekatan adalah 20 m. Berapakah cepat rambat gelombang tersebut ?
10. Sebuah gelombang suara di udara berfrekwensi 262 Hz dan merambat dengan kecepatan 330 m/detik. Hitung jarak antara dua puncak gelombang (atau pemampatan) yang terdekat.
11. Sinyal radio AM memiliki frekwensi antara 550 kHz dan 1600 kHz (kilohertz) dan merambat dengan kecepatan 3×10^8 m/detik. Berapa panjang gelombang sinyal ini ?
Berapa panjang gelombang sinyal radio FM yang memiliki frekwensi antara 88 MHz dan 108 MHz dan merambat dengan kecepatan yang sama ?
12. Kedua ujung sebuah tali bermassa 0.75 kg diikat di dua tempat yang berjarak 30 m. Jika tegangan tali tersebut 1200 N, berapa waktu yang dibutuhkan suatu pulsa untuk berjalan dari satu ujung ke ujung yang lain ?
13. Tali dengan massa 0.40 kg dibentangkan sepanjang 8 m pada dua penyangga. Jika salah satu penyangganya dipukul dengan menggunakan palu, terjadi rambatan gelombang transversal pada tali tersebut, dimana gelombang akan mencapai penyangga lainnya dalam waktu 0.85 detik. Berapakah gaya tegang yang bekerja pada tali tersebut ?
14. Jarum sebuah phonograph mendeteksi gelombang dari suatu lagu pada piringan hitam pada radius 12 cm. Jika panjang gelombang yang terdeteksi bernilai 2.4 mm dan phonograph berputar dengan kecepatan 33 rpm (rotation per minute), hitung frekwensi suara yang dihasilkan phonograph tersebut.
15. Tulislah persamaan gelombang yang merambat ke arah x-negatif, dengan amplitudo 0.010 m, frekwensi 550 Hz dan cepat rambat 330 m/detik.

16. Suatu gelombang transversal harmonis sederhana merambat pada sebuah tali ke arah x-negatif. Gambar 1.14 di bawah ini memperlihatkan grafik simpangan sebagai fungsi terhadap posisi, pada saat $t = 0$. Tegangan tali adalah 3.6 N dan kerapatan liniernya 25 g/m. Hitung (a) amplitudo, (b) panjang gelombang, (c) cepat rambat gelombang, (d) periode, dan (f) tuliskan persamaan gelombang tersebut.



Gambar 1.14
Soal 16

17. Gelombang berfrekwensi 500 Hz merambat dengan kecepatan 350 m/detik. (a) berapa jarak antara dua titik yang memiliki beda sudut fasa 60° ? (b) Berapa beda sudut fase yang timbul dalam waktu 10^{-3} detik ?
18. Sebuah gelombang sinusoidal merambat pada sebuah tali. Jika waktu yang dibutuhkan sebuah partikel tali untuk bergerak dari simpangan terjauhnya menuju titik setimbangnya adalah 0.17 detik, hitunglah (a) periode, dan (b) frekwensi ? (c) Jika panjang gelombangnya 1.4 m, berapakah cepat rambat gelombang tersebut ?
19. Buktikan bahwa gradien kemiringan sebuah tali yang dilalui gelombang, pada posisi x manapun, memiliki nilai yang sama dengan kecepatan getar partikel tali pada posisi tersebut.
20. Sebuah gelombang transversal, yang memiliki persamaan $y = 6.0 \sin (0.020\pi x t + 4.0\pi t)$, merambat pada sebuah tali yang sangat panjang, dimana x dan y masing-masing dalam satuan cm, dan t dalam detik. Tentukan (a) amplitudo, (b) panjang gelombang, (c) frekwensi, (d) cepat rambat, (e) arah rambat, dan (f) kecepatan getar maksimum partikel tali.