

# BAB

## 2

## GERAK LURUS



- Kendaraan yang bergerak membentuk lintasan lurus.

Sumber: *Dokumen Penerbit*, 2006

Setiap benda yang bergerak akan membentuk lintasan tertentu. Perhatikan gambar kendaraan yang sedang bergerak di atas! Bagaimanakah bentuk lintasannya? Pada saat bergerak mobil dan motor membentuk lintasan berupa garis lurus. Pada saat mobil dan motor bergerak kelajuannya semakin bertambah. Gerak lurus dibedakan menjadi gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan. Untuk lebih memahami tentang gerak lurus maka ikutilah uraian berikut ini.

## Kata Kunci

gerak, jarak, kecepatan, kelajuan, percepatan, perpindahan

Gerak merupakan perubahan posisi (kedudukan) suatu benda terhadap sebuah acuan tertentu. Perubahan letak benda dilihat dengan membandingkan letak benda tersebut terhadap suatu titik yang dianggap tidak bergerak (titik acuan), sehingga gerak memiliki pengertian yang relatif atau nisbi.

Studi mengenai gerak benda, konsep-konsep gaya, dan energi yang berhubungan, membentuk suatu bidang, yang disebut *mekanika*. Mekanika dibagi menjadi dua bagian, yaitu kinematika dan dinamika. *Kinematika* adalah ilmu yang mempelajari gerak benda tanpa meninjau gaya penyebabnya. Adapun dalam *dinamika* mempelajari tentang gerak dan gaya penyebabnya.

Pada bab ini, kalian mulai dengan membahas benda yang bergerak tanpa berotasi (berputar). Gerak seperti ini disebut gerak translasi. Pada bab ini kalian juga akan membahas penjelasan mengenai benda yang bergerak pada jalur yang lurus, yang merupakan gerak satu dimensi.



### A. Kedudukan, Jarak, dan Perpindahan



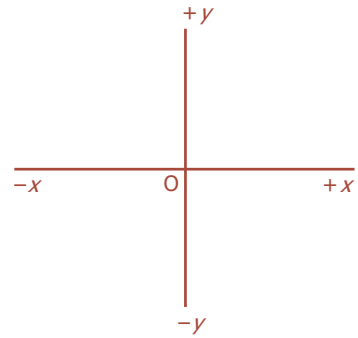
Sumber: Dokumen Penerbit, 2006

**Gambar 2.1** Seseorang yang berada di dalam kereta api berjalan ke arah depan kereta api, sementara itu kereta berjalan terhadap permukaan Bumi, sehingga laju orang tersebut relatif terhadap permukaan bumi.

**Kedudukan** diartikan sebagai letak (posisi) suatu benda pada waktu tertentu terhadap acuan. Pengukuran posisi, jarak, atau laju harus dibuat dengan mengacu pada suatu kerangka acuan atau kerangka sudut pandang. Sebagai contoh, ketika kalian berada di atas kereta api yang bergerak dengan laju 80 km/jam, kalian mungkin akan memerhatikan seseorang yang berjalan melewati ke arah depan kereta dengan laju tertentu, katakanlah 10 km/jam, tampak seperti pada Gambar 2.1. Tentu saja ini merupakan laju orang tersebut terhadap kereta sebagai kerangka acuan. Terhadap permukaan bumi, orang tersebut bergerak dengan laju  $80 \text{ km/jam} + 10 \text{ km/jam} = 90 \text{ km/jam}$ . Penentuan kerangka acuan penting dalam menyatakan laju.

Bahkan, jarak pun bergantung pada kerangka acuan. Sebagai contoh, tidak ada artinya jika saya memberitahu kalian bahwa kota Yogyakarta berjarak 60 km, kecuali saya memperjelas 60 km dari arah mana. Terlebih lagi, ketika menspesifikasikan gerak suatu benda, adalah penting untuk tidak hanya menyatakan laju tetapi juga arah gerak.

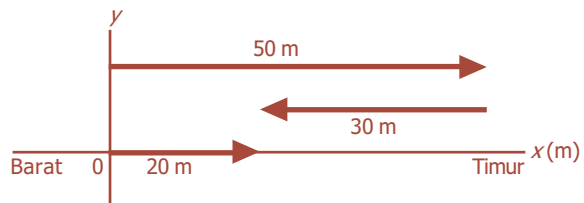
Seringkali kita dapat menyatakan arah dengan menggunakan titik-titik mata angin, yaitu Utara, Timur, Selatan, dan Barat, atau menggunakan “atas” dan “bawah”. Dalam fisika, kita sering menggunakan sumbu koordinat, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2, untuk menyatakan kerangka acuan. Kita akan selalu dapat menempatkan titik asal  $O$ , dan arah sumbu  $x$  dan  $y$ . Benda-benda yang diletakkan di kanan titik asal ( $O$ ) pada sumbu  $x$  memiliki koordinat  $x$  yang biasanya positif, dan titik-titik di sebelah kiri  $O$  memiliki koordinat negatif. Posisi sepanjang sumbu  $y$  biasanya dianggap positif jika berada di atas  $O$ , dan negatif jika di bawah  $O$ , walaupun peraturan yang menyatakan sebaliknya juga dapat digunakan jika lebih memudahkan. Semua titik pada bidang dapat dispesifikasikan dengan memberinya koordinat  $x$  dan  $y$ .



**Gambar 2.2** Pasangan standar sumbu koordinat  $xy$ .

Pada gerak satu dimensi, kita sering memilih sumbu  $x$  sebagai garis di mana gerakan tersebut terjadi. Dengan demikian, posisi benda pada setiap saat dinyatakan dengan koordinat  $x$  saja.

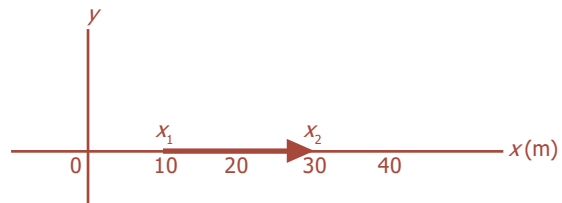
Dalam fisika, jarak dan perpindahan memiliki pengertian yang berbeda. **Perpindahan** didefinisikan sebagai perubahan posisi benda dalam selang waktu tertentu. Jadi, perpindahan adalah seberapa jauh jarak benda tersebut dari titik awalnya. Untuk melihat perbedaan antara jarak total dan perpindahan, misalnya seseorang berjalan sejauh 50 m ke arah Timur dan kemudian berbalik (ke arah Barat) dan berjalan menempuh jarak 30 m, lihat Gambar 2.3. Jarak total yang ditempuh adalah 80 m, tetapi perpindahannya hanya 20 m karena posisi orang itu pada saat ini hanya berjarak 20 m dari titik awalnya.



**Gambar 2.3** Seseorang berjalan 50 m ke Timur, dan berbalik arah 30 m ke Barat maka perpindahannya 20 m.

Jika sebuah benda bergerak selama selang waktu tertentu, misalnya pada saat  $t_1$  benda berada pada sumbu  $x$  di titik  $x_1$  pada sistem koordinat yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Pada waktu  $t_2$  benda berada pada titik  $x_2$ . Perpindahan benda ini dapat dituliskan:

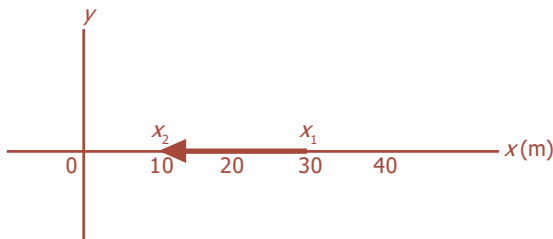
$$\Delta x = x_2 - x_1$$



**Gambar 2.4** Tanda panah menunjukkan perpindahan.

Simbol  $\Delta$  (delta) menyatakan perubahan suatu besaran. Dengan demikian,  $\Delta x$  berarti “perubahan pada  $x$ ” yang merupakan perpindahan. Perubahan besaran apapun berarti nilai akhir besaran tersebut dikurangi nilai awalnya. Sebagai contoh, pada Gambar 2.4 tersebut perpindahan yang terjadi dinyatakan:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 30 \text{ m} - 10 \text{ m} = 20 \text{ m}$$



**Gambar 2.5** Vektor perpindahan menunjuk ke kiri.

Sekarang kita lihat situasi yang berbeda, sebuah benda bergerak ke kiri seperti ditunjukkan Gambar 2.5. Di sini, misalnya seseorang mulai dari titik  $x_1 = 30 \text{ m}$  dan bergerak ke kiri sampai titik  $x_2 = 10 \text{ m}$ . Dalam hal ini perpindahan orang itu adalah:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 10 \text{ m} - 30 \text{ m} = -20 \text{ m}$$

Tanda panah tebal yang menyatakan vektor perpindahan menunjuk ke kiri. Hal tersebut menggambarkan bahwa ketika membahas gerak satu dimensi, vektor yang mengarah ke kanan memiliki nilai positif, sedangkan yang mengarah ke kiri memiliki nilai negatif.

### Uji Kemampuan 2.1

Sebuah mobil bergerak ke arah Timur sejauh 150 m, kemudian berbalik arah menuju ke Barat dan berhenti pada titik 60 m dari titik awal pergerakan mobil. Tentukan jarak dan perpindahan yang dialami mobil tersebut!



## B. Kelajuan dan Kecepatan



Sumber: *Jawa Pos*, 14 Juli 2006

**Gambar 2.6** Kelajuan dari tiap-tiap sepeda berbeda-beda tergantung pada jarak dan waktu tempuh.

### 1. Kelajuan rata-rata ( $\bar{v}$ ) dan kecepatan rata-rata ( $\bar{\mathbf{v}}$ )

Istilah “kelajuan” atau “laju” menyatakan seberapa jauh sebuah benda bergerak dalam selang waktu tertentu. Jika sebuah mobil menempuh 240 km dalam waktu 3 jam, dapat kita katakan bahwa laju rata-ratanya adalah 80 km/jam. Secara umum, **laju rata-rata** sebuah benda didefinisikan sebagai jarak total yang ditempuh sepanjang lintasannya dibagi waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut.

Secara matematis dituliskan:

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

dengan:

- $\bar{v}$  = laju rata-rata (m/s)
- $s$  = jarak total yang ditempuh (m)
- $t$  = waktu tempuh yang diperlukan (s)

Istilah kecepatan dan laju sering dipertukarkan dalam bahasa sehari-hari. Tetapi dalam fisika kita membuat perbedaan di antara keduanya. Laju adalah sebuah bilangan positif dengan satuan m/s, yang menyatakan perbandingan jarak yang ditempuh oleh benda terhadap waktu yang dibutuhkanya. Kecepatan digunakan untuk menyatakan baik besar (nilai numerik) mengenai seberapa cepat sebuah benda bergerak maupun arah gerakannya. Dengan demikian, kecepatan merupakan besaran vektor. Ada perbedaan kedua antara laju dan kecepatan, yaitu kecepatan rata-rata didefinisikan dalam hubungannya dengan perpindahan, dan bukan dalam jarak total yang ditempuh.



Sumber: Encarta Encyclopedia, 2006

**Gambar 2.7** Kelajuan pesawat terbang akan berbeda dengan kelajuan kereta api.

$$\bar{v} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

- $\bar{v}$  = kecepatan rata-rata (m/s)
- $\Delta s = s_2 - s_1$  = perpindahan benda (m)
- $\Delta t = t_2 - t_1$  = interval waktu yang diperlukan (s)

Laju rata-rata dan kecepatan rata-rata sering memiliki besar yang sama, tetapi kadang-kadang tidak. Sebagai contoh, ingat perjalanan yang kita bahas sebelumnya, pada Gambar 2.3, di mana seseorang berjalan 50 m ke Timur, kemudian 30 m ke Barat. Jarak total yang ditempuh adalah 50 m + 30 m = 80 m, tetapi besar perpindahan adalah 20 m. Misalkan perjalanan ini memerlukan waktu 50 s, maka:

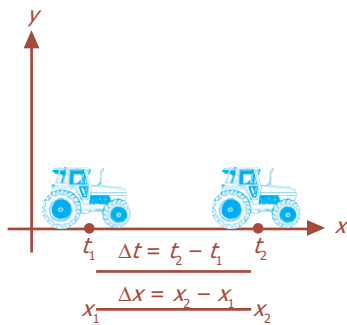
- Laju rata-rata :  $\bar{v} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} = \frac{80 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 1,6 \text{ m/s}$
- Kecepatan rata-rata :  $\bar{v} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}} = \frac{20 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 0,4 \text{ m/s}$

Perbedaan antara laju dan besar kecepatan terjadi pada beberapa kasus, tetapi hanya untuk nilai rata-rata, dan kita jarang memperhitungkannya.

Komet

Kolom mengingat

Laju rata-rata adalah jarak yang ditempuh per satuan waktu. Adapun kecepatan rata-rata adalah perpindahan yang ditempuh per satuan waktu.



**Gambar 2.8** Mobil bergerak dengan perpindahan  $\Delta x$  dalam selang waktu  $\Delta t$ .

Untuk membahas gerak satu dimensi sebuah benda pada umumnya, misalnya pada saat  $t_1$  mobil berada pada sumbu  $x$  di titik  $x_1$  pada sistem koordinat, dan beberapa waktu kemudian pada waktu  $t_2$  mobil berada pada titik  $x_2$ . Waktu yang diperlukan adalah  $\Delta t = t_2 - t_1$ , dan selama selang waktu ini perpindahan benda itu adalah  $\Delta x = x_2 - x_1$ . Dengan demikian, kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai perpindahan dibagi waktu yang diperlukan, dapat dirumuskan:

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan:

- $\bar{v}$  = kecepatan rata-rata (m/s)
- $\Delta x = x_2 - x_1$  = perpindahan benda (m)
- $\Delta t = t_2 - t_1$  = interval waktu yang diperlukan (s)

Pada persamaan tersebut, bila  $x_2$  lebih kecil dari  $x_1$ , benda bergerak ke kiri, berarti  $\Delta x = x_2 - x_1$  lebih kecil dari nol (bilangan negatif). Tanda perpindahan, dan berarti juga tanda kecepatan, menunjukkan arah kecepatan rata-rata positif untuk benda yang bergerak ke kanan sepanjang sumbu  $x$  dan negatif jika benda tersebut bergerak ke kiri. Arah kecepatan selalu sama dengan arah perpindahan.

### Contoh Soal

Rena berjalan ke Timur sejauh 80 m, kemudian berbalik arah ke Barat menempuh jarak 50 m. Perjalanan tersebut memerlukan waktu 50 s. Berapakah kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata Rena dalam perjalanannya?

*Penyelesaian:*

Jarak total =  $AB + BC$   
 = 80 m + 50 m  
 = 130 m

Perpindahan =  $AB - BC$   
 = 80 m - 50 m  
 = 30 m

Kelajuan rata-rata =  $\frac{\text{jarak total}}{\text{waktu tempuh}} = \frac{130 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 2,6 \text{ m/s}$

Kecepatan rata-rata =  $\frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu tempuh}} = \frac{30 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 0,6 \text{ m/s}$



## Uji Kemampuan 2.2

Sebuah mobil bergerak ke Timur dan menempuh jarak 80 km, kemudian berbelok ke Utara menempuh jarak 100 km. Jika perjalanan mobil tersebut ditempuh selama 2 jam 30 menit, tentukan:

- jarak,
- perpindahan,
- kecepatan, dan
- kelajuan!

## 2. Kecepatan Sesaat $v$

Jika kalian mengendarai sepeda motor sepanjang jalan yang lurus sejauh 120 km dalam waktu 2 jam, besar kecepatan rata-rata sepeda motor kalian adalah 60 km/jam. Walaupun demikian, tidak mungkin kalian mengendarai sepeda motor tersebut tepat 60 km/jam setiap saat. Untuk mengatasi situasi ini kita memerlukan konsep *kecepatan sesaat*, yang merupakan kecepatan benda pada saat tertentu. Kecepatan inilah yang ditunjukkan pada *spidometer*. Kecepatan sesaat pada waktu tertentu adalah kecepatan rata-rata selama selang waktu yang sangat kecil, yang dinyatakan oleh:

$$\bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Kecepatan sesaat didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata pada limit  $\Delta t$  yang menjadi sangat kecil, mendekati nol. Kecepatan sesaat ( $v$ ) untuk satu dimensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Notasi  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0}$  berarti rasio  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  akan dievaluasi dengan limit  $\Delta t$  mendekati nol. Kita tidak hanya menentukan  $\Delta t = 0$  dalam definisi ini, jika demikian  $\Delta t$  juga akan menjadi nol, dan kita akan memperoleh angka yang tidak terdefinisi. Tetapi, kita memandang rasio  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  sebagai satu kesatuan. Sementara kita menentukan  $\Delta t$  mendekati nol,  $\Delta x$  juga mendekati nol. Rasio  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  mendekati suatu nilai tertentu, yang merupakan kecepatan sesaat pada waktu kapan pun.



Sumber: Dokumen Penerbit, 2006

**Gambar 2.9** Kecepatan sesaat yang ditunjukkan oleh spidometer.

### Contoh Soal

Seekor kucing bergerak pada lintasan garis lurus dan dinyatakan dalam persamaan  $x = 2t^2 + 5t - 3$  ( $x$  dalam meter dan  $t$  dalam sekon). Berapakah kecepatan sesaat kucing pada  $t = 2$  s?

*Penyelesaian:*

Kecepatan sesaat ditentukan dengan mengambil  $\Delta t$  sekecil mungkin pada  $t = 2$  s, maka  $x_1 = x$  pada  $t = 2$  s,  $x_1 = 2(2)^2 + 5(2) - 3 = 15$  m

Jika  $\Delta t = 0,1$  s, maka  $t_2 = 2,1$  s

$$\begin{aligned}x_2 &= 2(2,1)^2 + 5(2,1) - 3 \\ &= 16,32 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan rata-rata} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{16,32 \text{ m} - 15 \text{ m}}{0,1 \text{ s}} \\ &= 13,2 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Jika  $t_1 = 0,01$  s, maka  $t_2 = 2,01$  s

$$\begin{aligned}x_2 &= 2(2,01)^2 + 5(2,01) - 3 \\ &= 15,1302 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan rata-rata} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{15,1302 \text{ m} - 15 \text{ m}}{0,01 \text{ s}} \\ &= 13,02 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Jika  $\Delta t = 0,001$  s, maka  $t_2 = 2,001$  s

$$x_2 = 2(2,001)^2 + 5(2,001) - 3 = 15,013002 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan rata-rata} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{15,013002 \text{ m} - 15 \text{ m}}{0,001 \text{ s}} \\ &= 13,002 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$\Delta t$ (s)	$v$ (m/s)
0,1 s	13,2
0,01 s	13,02
0,001 s	13,002

Dari tabel di atas, semakin kecil  $\Delta t$  yang diambil, maka kecepatan rata-rata mendekati 13 m/s. Jadi, dapat disimpulkan bahwa kecepatan sesaat kucing pada  $t = 2$  s adalah 13 m/s.



Jika sebuah benda bergerak dengan kecepatan beraturan (konstan) selama selang waktu tertentu, maka kecepatan sesaat pada tiap waktu sama dengan kecepatan rata-ratanya, perhatikan Gambar 2.10(a). Tetapi pada umumnya hal ini tidak terjadi. Misalnya, sebuah mobil mulai bergerak dari keadaan diam melaju sampai 50 km/jam, berjalan dengan kecepatan tersebut untuk beberapa saat, kemudian melambat sampai 20 km/jam dalam kemacetan, dan akhirnya berhenti di tujuannya setelah menempuh 15 km dalam 30 menit. Perjalanan ini digambarkan pada grafik Gambar 2.10(b). Pada grafik tersebut ditunjukkan juga kecepatan rata-rata (garis putus-putus), sebesar:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{15 \text{ km}}{0,5 \text{ jam}} = 30 \text{ km/jam}$$



## C. Percepatan

Sebuah benda yang kecepatannya berubah tiap satuan waktu dikatakan mengalami percepatan. Sebuah mobil yang kecepatannya diperbesar dari nol sampai 90 km/jam berarti dipercepat. Apabila sebuah mobil dapat mengalami perubahan kecepatan seperti ini dalam waktu yang lebih cepat dari mobil lainnya, maka dikatakan bahwa mobil tersebut mendapat percepatan yang lebih besar. Dengan demikian, percepatan menyatakan seberapa cepat kecepatan sebuah benda berubah.

### 1. Percepatan Rata-Rata $\bar{a}$

Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan kecepatan dibagi waktu yang diperlukan untuk perubahan tersebut.

$$\text{Percepatan rata-rata} = \frac{\text{perubahan kecepatan}}{\text{waktu yang diperlukan}}$$

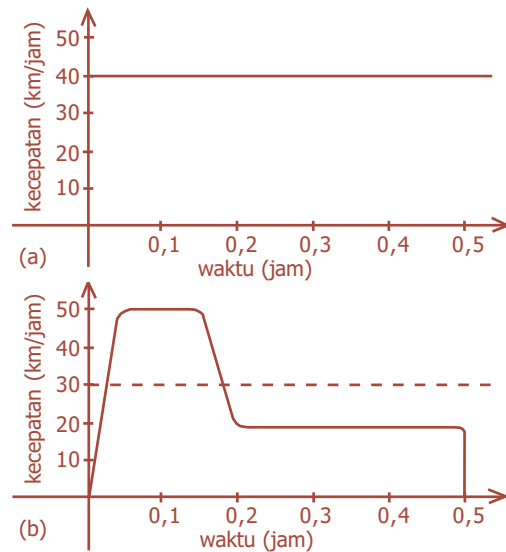
$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

dengan:

$\bar{a}$  = percepatan rata-rata (m/s<sup>2</sup>)

$\Delta v = v_2 - v_1$  = perubahan kecepatan (m/s)

$\Delta t = t_2 - t_1$  = interval waktu yang diperlukan (s)



**Gambar 2.10** Kecepatan sebuah mobil sebagai fungsi waktu dengan: (a) kecepatan konstan; (b) kecepatan berubah-ubah.



Sumber: *Jawa Pos*, 26 Agustus 2006

**Gambar 2.11** Ketika balapan sepeda orang akan menambah kecepatan sehingga percepatannya bertambah.

Percepatan juga termasuk besaran vektor, tetapi untuk gerak satu dimensi kita hanya perlu menggunakan tanda positif (+) atau negatif (-) untuk menunjukkan arah relatif terhadap sistem koordinat yang dipakai.

### Contoh Soal

Kecepatan gerak sebuah mobil berubah dari 10 m/s menjadi 16 m/s dalam selang waktu 3 sekon. Berapakah percepatan rata-rata mobil dalam selang waktu tersebut?

*Penyelesaian:*

Diketahui:

$$v_1 = 10 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 16 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 3 \text{ s}$$

Ditanya:  $\bar{a} = \dots ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} \bar{a} &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ &= \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \\ &= \frac{16 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} \\ &= 2 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

**Komet**  
Kolom mengingat

Kecepatan dirumuskan  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ ,  
sedangkan percepatan  
dirumuskan  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ .

## 2. Percepatan Sesaat $a$

Percepatan sesaat dapat didefinisikan sebagai percepatan rata-rata pada limit  $\Delta t$  yang menjadi sangat kecil, mendekati nol. Percepatan sesaat ( $a$ ) untuk satu dimensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dalam hal ini  $\Delta v$  menyatakan perubahan yang sangat kecil pada kecepatan selama selang waktu  $\Delta t$  yang sangat pendek. Perhatikan dengan teliti bahwa *percepatan menunjukkan seberapa cepat kecepatan berubah*, sementara *kecepatan menunjukkan seberapa cepat posisi berubah*.



## D. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Dalam kehidupan sehari-hari, seringkali kita menemukan peristiwa yang berkaitan dengan gerak lurus beraturan, misalnya orang yang berjalan dengan langkah kaki yang relatif konstan, mobil yang sedang bergerak, dan sebagainya.

Suatu benda dikatakan mengalami *gerak lurus beraturan* jika lintasan yang ditempuh oleh benda itu berupa garis lurus dan kecepatannya selalu tetap setiap saat. Sebuah benda yang bergerak lurus menempuh jarak yang sama untuk selang waktu yang sama. Sebagai contoh, apabila dalam waktu 5 sekon pertama sebuah mobil menempuh jarak 100 m, maka untuk waktu 5 sekon berikutnya mobil itu juga menempuh jarak 100 m.

Secara matematis, persamaan gerak lurus beraturan (GLB) adalah:

$$s = v \cdot t \text{ atau } v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

$s$  = jarak yang ditempuh (m)

$v$  = kecepatan (m/s)

$t$  = waktu yang diperlukan (s)

Jika kecepatan  $v$  mobil yang bergerak dengan laju konstan selama selang waktu  $t$  sekon, diilustrasikan dalam sebuah grafik  $v$ - $t$ , akan diperoleh sebuah garis lurus, tampak seperti pada Gambar 2.13.

Grafik hubungan  $v$ - $t$  tersebut menunjukkan bahwa kecepatan benda selalu tetap, tidak tergantung pada waktu, sehingga grafiknya merupakan garis lurus yang sejajar dengan sumbu  $t$  (waktu). Berdasarkan Gambar 2.13, jarak tempuh merupakan luasan yang dibatasi oleh grafik dengan sumbu  $t$  dalam selang waktu tertentu. Hal ini berlaku pula untuk segala bentuk grafik yaitu lurus maupun lengkung.

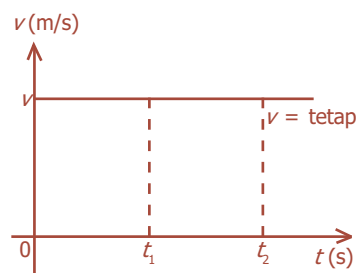
Sementara itu, hubungan jarak yang ditempuh  $s$  dengan waktu  $t$ , diilustrasikan dalam sebuah grafik  $s$ - $t$ , sehingga diperoleh sebuah garis diagonal ke atas, tampak seperti pada Gambar 2.14.

Dari grafik hubungan  $s$ - $t$  tampak pada Gambar 2.14, dapat dikatakan jarak yang ditempuh  $s$  benda berbanding lurus dengan waktu tempuh  $t$ . Makin besar waktunya makin besar jarak yang ditempuh. Berdasarkan Gambar 2.14, grafik hubungan antara jarak  $s$  terhadap waktu  $t$  secara matematis merupakan harga  $\tan \alpha$ , di mana  $\alpha$  adalah sudut antara garis grafik dengan sumbu  $t$  (waktu).

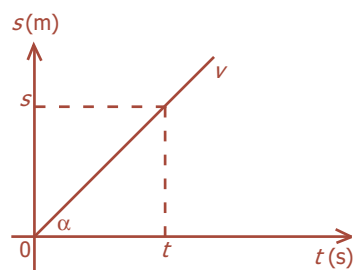


Sumber: *Tempo*, Desember 2005

**Gambar 2.12** Mobil dikatakan mengalami gerak lurus beraturan jika lintasannya lurus dan kecepatan konstan.



**Gambar 2.13** Grafik hubungan  $v$ - $t$  pada gerak lurus beraturan.



**Gambar 2.14** Grafik hubungan  $s$ - $t$  pada gerak lurus beraturan.

### Contoh Soal

Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Pada jarak 18 km dari arah yang berlawanan, sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 90 km/jam. Kapan dan di manakah kedua mobil tersebut akan berpapasan?

*Penyelesaian:*

$$v_1 = 72 \text{ km/jam} = \frac{72.000 \text{ m}}{\text{jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3.600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 90 \text{ km/jam} = \frac{90.000 \text{ m}}{\text{jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3.600 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$



Jarak kedua mobil =  $PQ = 18 \text{ km} = 18.000 \text{ m}$

Misal, titik  $R$  merupakan titik di mana kedua mobil tersebut berpapasan, maka:

$$PQ = PR + QR$$

Dengan:  $PR$  = jarak tempuh mobil 1

$QR$  = jarak tempuh mobil 2

Maka:

$$PQ = v_1 t + v_2 t$$

$$18.000 = (20t + 25t)$$

$$18.000 = 45 t$$

$$45 t = 18.000$$

$$t = 400 \text{ s}$$

$$PQ = v_1 t = (20 \text{ m/s})(400 \text{ s}) = 8.000 \text{ m} = 8 \text{ km}$$

$$QR = v_2 t = (25 \text{ m/s})(400 \text{ s}) = 10.000 \text{ m} = 10 \text{ km}$$

Jadi, kedua mobil tersebut berpapasan setelah 400 s bergerak, dan setelah mobil pertama menempuh jarak 8 km atau setelah mobil kedua menempuh jarak 10 km.

### Uji Kemampuan 2.3

Sebuah bus bergerak lurus beraturan dengan jarak tempuh 10 km selama 15 menit. Jika bus harus menempuh jarak 60 km untuk sampai ke terminal, dalam waktu berapa jam bus tersebut tiba di terminal?

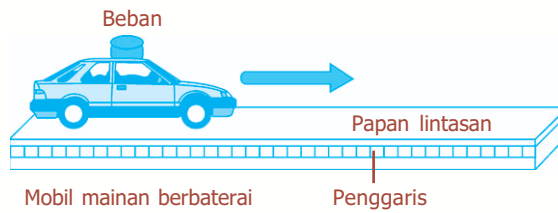
### Kegiatan

Tujuan : Melakukan percobaan gerak lurus beraturan dengan mobil mainan berbaterai.  
Alat dan bahan : Mobil mainan berbaterai, neraca/timbangan, papan mendatar berpenggaris, beban, dan stopwatch.

### Cara Kerja:

1. Timbanglah massa mobil mainan beserta baterai dan bebannya.

- Pasanglah batu baterai baru pada mobil mainan, letakkan di atas papan mendatar berpenggaris, dan *on*-kan baterainya, maka mobil itu akan meluncur di atas papan.



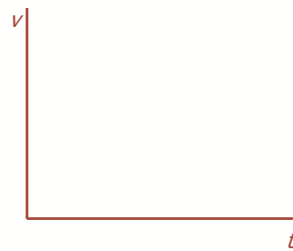
- Tentukan sepanjang lintasan papan mendatar dengan jarak tertentu  $s$  berdasarkan penggaris yang tersedia, ukurlah waktunya dengan stopwatch ( $t$ ) ketika mobil mainan tersebut melintasi lintasan papan mendatar tersebut.
- Ulangilah langkah 2 dan 3 untuk berbagai panjang lintasan yang berbeda.
- Ulangi langkah 1 sampai dengan 4 untuk mobil mainan yang diberi beban di atasnya.
- Masukkan hasil data percobaan pada tabel yang tersedia.
- Tentukan laju dari mobil mainan tersebut.
- Buatlah grafik antara panjang lintasan ( $s$ ) dengan waktu tempuh ( $t$ ).

Massa Mobil Mainan + Beban	$s$ (Lintasan)	Waktu Tempuh ( $t$ )	Laju ( $s/t$ )

Grafik  $s-t$



Grafik  $v-t$



**Diskusi:**

- Apa yang dimaksud gerak lurus beraturan?
- Dengan menggunakan rumusan panjang lintasan dan kecepatan, dapatkah dihitung komponen lainnya? Jelaskan dengan singkat!



**E. Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)**

Banyak situasi praktis terjadi ketika percepatan konstan atau mendekati konstan, yaitu jika percepatan tidak berubah terhadap waktu. Situasi ketika besar percepatan konstan dan gerak melalui garis lurus disebut **gerak lurus berubah beraturan (GLBB)**. Dalam hal ini, percepatan sesaat dan percepatan rata-rata adalah sama.



Sumber: CD ClipArt

**Gambar 2.15** Buah kelapa yang jatuh dari pohonnya merupakan contoh gerak lurus berubah beraturan.

## 1. Hubungan antara Kecepatan $v$ , Percepatan $a$ , dan Waktu $t$ pada GLBB

Untuk memudahkan notasi ataupun penulisan persamaan, kita anggap waktu awal untuk setiap pembahasan adalah nol yaitu  $t_1 = 0$ . Kemudian kita tentukan  $t_2 = t$  sebagai waktu yang diperlukan. Posisi awal  $x_1 = x_0$  dan kecepatan awal  $v_1 = v_0$ , dan pada waktu  $t$  posisi dan kecepatan benda masing-masing adalah  $x$  dan  $v$  (bukan  $x_2$  dan  $v_2$ ). Berarti kecepatan rata-rata selama waktu  $t$  berdasarkan persamaan untuk kecepatan rata-rata dirumuskan:

$$\bar{v} = \frac{x-x_0}{t-t_0} = \frac{x-x_0}{t}$$

Karena  $t_0 = 0$  dan percepatan dianggap konstan terhadap waktu, maka diperoleh persamaan:

$$a = \frac{v-v_0}{t} \dots\dots\dots (2.5)$$

Selanjutnya, kita dapat menentukan kecepatan sebuah benda setelah rentang waktu tertentu jika diketahui percepatannya. Kita kalikan dengan  $t$  pada kedua sisi persamaan tersebut maka akan diperoleh:

$$at = v - v_0$$

sehingga dapat dituliskan:

$$v = v_0 + at \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

- $v_0$  = kecepatan awal (m/s)
- $v$  = kecepatan akhir (m/s)
- $a$  = percepatan ( $\text{m/s}^2$ )
- $t$  = waktu (s)

### Contoh Soal

Sebuah mobil mulai bergerak dari keadaan diam dengan percepatan tetap  $8 \text{ m/s}^2$ . Berapakah kecepatan mobil setelah bergerak selama 6 sekon?

*Penyelesaian:*

Diketahui :  $v_0 = 0$ ;  $a = 8 \text{ m/s}^2$ ;  $t = 6 \text{ s}$

Ditanya :  $v_t = \dots ?$

Jawab :  $v_t = v_0 + at$   
 $= 0 + (8 \text{ m/s}^2) (6 \text{ s})$   
 $v_t = 48 \text{ m/s}$

## 2. Hubungan antara Perpindahan $s$ , Percepatan $a$ , dan Waktu $t$ pada GLBB

Selanjutnya, kita lihat bagaimana menghitung posisi benda setelah waktu  $t$  ketika benda tersebut mengalami percepatan konstan. Dari definisi kecepatan rata-rata:

$$\bar{v} = \frac{x - x_0}{t}$$

Persamaan ini bisa kita tuliskan:

$$x = x_0 + \bar{v} t$$

Karena kecepatan bertambah secara beraturan, kecepatan rata-rata  $\bar{v}$  akan berada di tengah-tengah antara kecepatan awal dan kecepatan akhir, yang dirumuskan:

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan menggabungkan dua persamaan (2.6) dengan persamaan (2.7) didapatkan:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + \bar{v} t \\ &= x_0 + \left(\frac{v_0 + v}{2}\right)t \\ &= x_0 + \left(\frac{v_0 + v_0 + at}{2}\right)t \\ x &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \dots\dots\dots (2.8) \end{aligned}$$

dengan:

- $x_0$  = posisi awal (m)                       $v$  = kecepatan akhir (m/s)
- $x$  = posisi akhir (m)                       $a$  = percepatan (m/s<sup>2</sup>)
- $v_0$  = kecepatan awal (m/s)               $t$  = waktu (s)

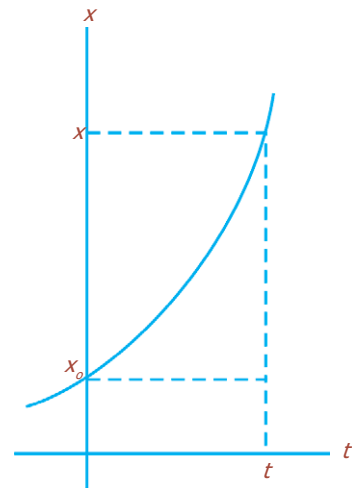
## 3. Hubungan antara Perpindahan $s$ , Kecepatan $v$ , dan Percepatan $a$ pada GLBB

Persamaan (2.6), (2.7), dan (2.8) merupakan tiga dari empat persamaan yang sangat berguna untuk gerak dengan percepatan konstan (GLBB). Sekarang kita turunkan persamaan selanjutnya, yang berguna pada situasi di mana waktu  $t$  tidak diketahui. Dari persamaan sebelumnya diperoleh:

$$x = x_0 + \bar{v}t = x_0 + \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t$$

GLBB dibedakan menjadi dua, yaitu:

- GLBB dipercepat dengan  $a$  bertanda positif.
- GLBB diperlambat dengan  $a$  bertanda negatif, disebut perlambatan.



**Gambar 2.16** Grafik perpindahan dan waktu pada GLBB.



Pewaktu ketik (ticker timer) adalah alat yang digunakan untuk menyelidiki suatu benda bergerak lurus beraturan atau tidak.

Kemudian persamaan (2.6) kita selesaikan untuk mendapatkan:

$$t = \frac{v - v_0}{a} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan ini ke persamaan sebelumnya, kita dapatkan:

$$x = x_0 + \left(\frac{v + v_0}{2}\right)\left(\frac{v - v_0}{a}\right) = x_0 + \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

Selanjutnya, kita selesaikan persamaan ini untuk mendapatkan:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan:

$v_0$  = kecepatan awal (m/s)     $x_0$  = posisi awal (m)

$v$  = kecepatan akhir (m/s)     $x$  = posisi akhir (m)

$a$  = percepatan ( $m/s^2$ )

Kita sekarang mempunyai beberapa persamaan yang merupakan hubungan posisi, kecepatan, percepatan, dan waktu, jika percepatan konstan. Untuk referensi, kita kumpulkan persamaan itu dalam satu tempat sebagai berikut:

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$\bar{v} = \frac{v + v_0}{2}$$

Persamaan-persamaan tersebut tidak berlaku jika percepatannya berubah. Pada banyak kasus kita bisa menentukan  $x_0 = 0$ , hal ini akan sedikit menyederhanakan persamaan-persamaan di atas. Perhatikan bahwa  $x$  menyatakan posisi, bukan jarak, dan  $x - x_0$  adalah perpindahan.

## Percikan Fisika



### Gerak Pesawat

Gerak sebuah pesawat terbang yang dilepaslandaskan dari dek kapal induk merupakan contoh dari percepatan yang hampir konstan. Berkat pelontarnya, pesawat-pesawat terbang ini mendapatkan laju lepas landasnya dalam jarak kurang dari 100 m.

### Uji Kemampuan 2.4

Sebuah mobil dengan kecepatan awal 40 km/jam melaju di jalan lurus dengan percepatan konstan dan menempuh jarak 30 km dalam waktu 20 menit. Tentukan dalam SI:

- kecepatan rata-rata,
- kecepatan akhir, dan
- percepatan!



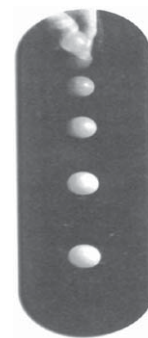
## F. Gerak Jatuh Bebas

Salah satu contoh gerak yang paling umum mengenai gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah benda yang mengalami jatuh bebas dengan jarak yang tidak jauh dari permukaan tanah. Kenyataan bahwa benda yang jatuh mengalami percepatan, mungkin pertama kali tidak begitu terlihat. Sebelum masa Galileo, orang mempercayai pemikiran bahwa benda yang lebih berat jatuh lebih cepat dari benda yang lebih ringan, dan bahwa laju jatuh benda tersebut sebanding dengan berat benda itu.

Galileo menemukan bahwa semua benda akan jatuh dengan *percepatan konstan yang sama* jika tidak ada udara atau hambatan lainnya. Ia menyatakan bahwa untuk sebuah benda yang jatuh dari keadaan diam tampak seperti pada Gambar 2.17, jarak yang ditempuh akan sebanding dengan kuadrat waktu,  $h \propto t^2$ .

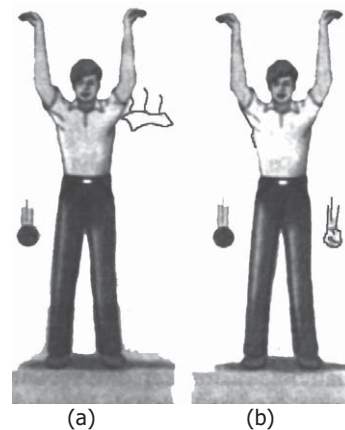
Untuk memperkuat penemuannya bahwa laju benda yang jatuh bertambah ketika benda itu jatuh, Galileo menggunakan argumen yang cerdas. Sebuah batu berat yang dijatuhkan dari ketinggian 2 m akan memukul sebuah tiang pancang lebih dalam ke tanah dibandingkan dengan batu yang sama tetapi dijatuhkan dari ketinggian 0,2 m. Jelas, batu tersebut bergerak lebih cepat pada ketinggian yang pertama.

Galileo juga menegaskan bahwa semua benda, berat atau ringan jatuh dengan percepatan yang sama, jika tidak ada udara (hampa udara). Jika kalian memegang selembat kertas secara horizontal pada satu tangan dan sebuah benda lain yang lebih berat, misalnya sebuah bola di tangan yang lain, dan melepaskan kertas dan bola tersebut pada saat yang sama seperti pada Gambar 2.18(a), benda yang lebih berat akan lebih dulu mencapai tanah.



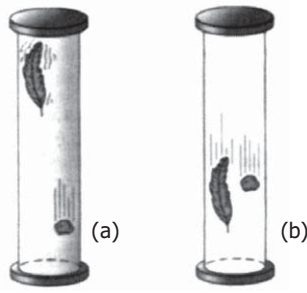
Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, PT Ichtiar Baru van Hoeve, 2005

**Gambar 2.17** Foto rangkap benda jatuh bebas.



Sumber: *Fisika Jilid 1*, Erlangga, 2001

**Gambar 2.18** (a) Sebuah bola dan kertas yang ringan dijatuhkan pada saat yang sama, (b) Percobaan yang sama diulangi, tetapi dengan kertas yang berbentuk gumpalan.



Sumber: *Fisika Jilid 1*, Erlangga, 2001

**Gambar 2.19** Sebuah batu dan bulu ayam dijatuhkan dari ketinggian yang sama: (a) di udara; (b) di ruang hampa.



Sumber: *Encarta Encyclopedia*, 2006

**Gambar 2.20** Galileo, ilmuwan yang pertama kali menyelidiki benda jatuh bebas.

Tetapi jika kalian mengulang percobaan ini, dengan membentuk kertas menjadi gumpalan kecil tampak seperti pada Gambar 2.18(b), kalian akan melihat bahwa kedua benda tersebut mencapai lantai pada saat yang hampir sama.

Galileo yakin bahwa udara berperan sebagai hambatan untuk benda-benda yang sangat ringan yang memiliki permukaan yang luas. Tetapi pada banyak keadaan biasa, hambatan udara ini bisa diabaikan. Pada suatu ruang di mana udara telah dihisap, maka benda ringan seperti bulu atau selembar kertas yang dipegang horizontal akan jatuh dengan percepatan yang sama seperti benda yang lain, tampak seperti pada Gambar 2.19. Demonstrasi pada ruang hampa udara seperti ini tidak ada pada masa Galileo, yang membuat keberhasilan Galileo lebih hebat lagi.

Galileo sering disebut “Bapak sains modern”, tidak hanya disebabkan isi dari sainsnya (penemuan astronomik, inersia, jatuh bebas), tetapi juga gaya atau pendekatannya terhadap sains (idealisasi dan penyederhanaan, matematisasi teori, teori yang memiliki hasil yang dapat diuji, eksperimen untuk menguji ramalan teoritis). Sumbangan Galileo yang spesifik terhadap pemahaman kita mengenai gerak benda jatuh bebas dapat dirangkum sebagai berikut:

*“Pada suatu lokasi tertentu di Bumi dan dengan tidak adanya hambatan udara, semua benda jatuh dengan percepatan konstan yang sama”.*

Kita menyebut percepatan ini percepatan yang disebabkan oleh gravitasi pada Bumi dan diberi simbol dengan  $g$ , besar percepatan gravitasi kira-kira  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ .

Besar percepatan gravitasi  $g$  sedikit bervariasi menurut garis lintang dan ketinggian, tampak pada Tabel 2.1. Tetapi variasi ini begitu kecil sehingga kita bisa mengabaikannya untuk sebagian besar kasus. Efek hambatan udara seringkali kecil, dan akan sering kita abaikan. Bagaimanapun, hambatan udara akan tampak, bahkan pada benda yang cukup berat jika kecepatannya besar.

**Tabel 2.1** percepatan gravitasi pada berbagai lokasi di Bumi

Lokasi	Ketinggian (m)	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
New York	0	9,803
San Fransisco	100	9,800
Denver	1.650	9,796

Pikes Peak	4.300	9,789
Khatulistiwa	0	9,780
Kutub utara (terhitung)	0	9,832

Ketika membahas benda-benda yang jatuh bebas kita bisa memakai persamaan di mana untuk  $a$  kita gunakan nilai  $g$  yang telah diberikan. Selain itu, karena gerak tersebut vertikal, kita akan mengganti  $x$  dengan  $y$ , dan menempatkan  $y_0$  di tempat  $x_0$ . Kita ambil  $y_0 = 0$ , kecuali jika ditentukan lain. Tidak masalah apakah kita memilih  $y$  positif pada arah ke atas atau arah ke bawah, yang penting kita harus konsisten sepanjang penyelesaian soal. Secara matematis persamaan pada gerak jatuh bebas dirumuskan sebagai berikut:

**BETA<sup>β</sup>** Berita Fisika

Percepatan pada gerak jatuh bebas bernilai tetap sebesar percepatan gravitasi.

$$v = v_0 + gt$$

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gy$$

$$\bar{v} = \frac{v+v_0}{2}$$

dengan:

- $v_0$  = kecepatan awal (m/s)
- $v$  = kecepatan akhir (m/s)
- $g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $y$  = jarak tempuh benda (m)
- $t$  = waktu (s)

### Contoh Soal

Doni melempar sebuah bola dari puncak gedung apartemen setinggi 37,6 m. Tepat pada saat yang sama Yusuf yang tingginya 160 cm berjalan mendekati kaki gedung dengan kecepatan tetap 1,4 m/s. Berapa jarak Yusuf dari kaki gedung tepat pada saat bola jatuh, jika bola yang dijatuhkan tersebut tepat mengenai kepala Yusuf?

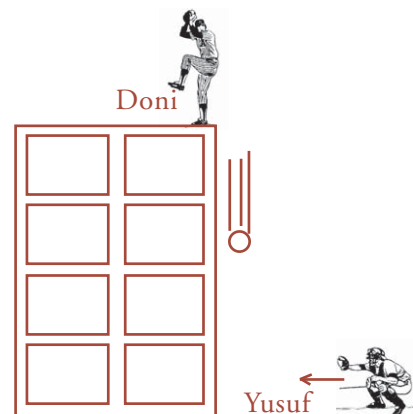
*Penyelesaian:*

Bola mengalami gerak jatuh bebas

$$v_0 = 0$$

$$a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$$

Jarak tempuh bola =  $37,6 \text{ m} - 160 \text{ cm} = 37,6 \text{ m} - 1,6 \text{ m} = 36 \text{ m}$ . Jadi,  $y = -36$ .



$$y = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + \frac{1}{2} a t^2 \Leftrightarrow t^2 = \frac{2y}{a}$$

$$t^2 = \frac{2(-36 \text{ m})}{-9,8 \text{ m/s}^2} = \frac{2(360 \text{ m})}{9,8 \text{ m/s}^2} = \frac{2 \times 10 \times 36}{2 \times 49} = \frac{36 \times 10}{49} = \frac{36 \times 10}{49} \Leftrightarrow t = \frac{6}{7} \sqrt{10} \text{ s}$$

Jika waktu tempuh Yusuf sama dengan waktu jatuh bola, maka bola tersebut akan mengenai kepala Yusuf. Yusuf mengalami gerak lurus beraturan dengan  $v = 1,4 \text{ m/s}$ , maka jarak Yusuf semula dari kaki gedung adalah:

$$s = v \cdot t = (1,4 \text{ m/s}) \left( \frac{6}{7} \sqrt{10} \text{ s} \right) = 1,2 \sqrt{10} \text{ m}$$

### Uji Kemampuan 2.5

1. Sebutir kelapa jatuh bebas dari ketinggian 15 m. Berapa waktu yang diperlukan kelapa tersebut untuk mencapai tanah?
2. Indra menjatuhkan sebuah batu ke dalam sungai, 4 detik kemudian dia mendengar bunyi “pluk” pada saat batu tersebut mengenai permukaan air. Tentukan:
  - a. kecepatan batu ketika mengenai air, dan
  - b. kedudukan Indra di atas permukaan air!



## G. Gerak Vertikal ke Atas



Sumber: Dokumen Penerbit, 2006

**Gambar 2.21** Lama bola di udara sebelum jatuh ke tangan.

Pada Gambar 2.21, sebuah bola dilempar ke atas. Pada saat bola naik, lajunya berkurang sampai mencapai titik tertinggi, di mana lajunya nol untuk sesaat, kemudian bola itu turun dengan laju yang bertambah cepat. Pada gerak vertikal ke atas, terjadi dengan kecepatan awal  $v_0$  dan percepatan melawan gravitasi bumi ( $-g$ ).

### 1. Ketinggian Maksimum $y_{\text{maks}}$

Untuk menentukan ketinggian maksimum, kita hitung posisi bola ketika kecepatannya sama dengan nol ( $v = 0$ ) pada titik tertinggi. Pada saat mula-mula  $t = 0$ , ketinggian mula-mula  $y_0 = 0$ , kecepatan awal  $v_0$ , dan percepatannya  $a = -g$ . Sehingga kita dapatkan persamaan:

$$v^2 = v_0^2 - 2gy$$

$$0 = v_0^2 - 2gy$$

$$y_{\text{maks}} = \frac{v_0^2}{2g} \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan:

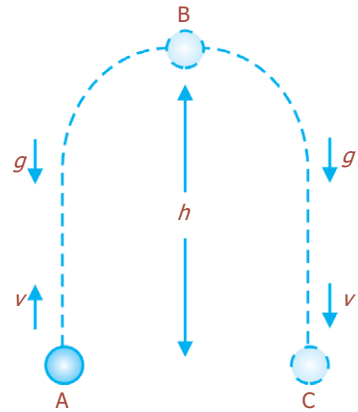
$y_{\text{maks}}$  = ketinggian maksimum (m)

$v_0$  = kecepatan awal (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

## 2. Lama Benda di Udara $t_c = 2 t_{maks}$

Pada Gambar 2.21, kita bisa menentukan berapa lama waktu bola di udara sebelum kembali ke tangan orang tersebut. Kita bisa melakukan perhitungan ini dalam dua bagian, pertama menentukan waktu yang dibutuhkan benda untuk mencapai titik tertinggi, dan kedua menentukan waktu yang diperlukan untuk jatuh kembali. Bagaimanapun, akan lebih mudah untuk melihat gerak dari A ke B ke C, tampak seperti pada Gambar 2.22. Kita dapat melakukan perhitungan ini karena  $y$  (atau  $x$ ) menyatakan posisi atau perpindahan, bukan jarak total yang ditempuh. Dengan demikian, pada kedua titik A dan C, posisi benda adalah  $y = 0$ . Dengan menggunakan persamaan GLBB dan  $a = -g$ , diperoleh hal-hal berikut ini.



**Gambar 2.22** Sebuah benda dilempar vertikal ke atas lajunya berkurang.

- a. Waktu yang dibutuhkan benda untuk mencapai titik tertinggi:

$$v = v_0 - gt$$

$$0 = v_0 - gt$$

$$t_B = t_{maks} = \frac{v_0}{g} \dots \dots \dots (2.12)$$

- b. Waktu yang diperlukan untuk jatuh kembali

$$y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$t_C = \frac{2v_0}{g} \text{ atau } t_C = 2t_{maks} \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan:

$t_{maks}$  = waktu mencapai ketinggian maksimum (s)

$t_C$  = waktu diperlukan untuk jatuh kembali (s)

$v_0$  = kecepatan awal (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

### Contoh Soal

1. Sebuah bola dilempar vertikal ke atas dengan kecepatan 60 m/s. Jika percepatan gravitasi  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tentukan:
  - a. waktu yang diperlukan bola untuk mencapai ketinggian maksimum,
  - b. kecepatan bola saat tiba di tanah,
  - c. waktu yang diperlukan bola untuk kembali ke tanah!

*Penyelesaian:*

- a. Bola mengalami gerak vertikal ke atas, maka  $a = -g = -10 \text{ m/s}^2$ . Saat mencapai titik tertinggi, kecepatan bola adalah nol ( $v_t = 0$ ), maka:

$$v_t = v_0 + at$$

$$0 = v_0 + at$$

$$t = -\frac{v_0}{a} = \frac{-60 \text{ m/s}}{-10 \text{ m/s}^2} = 6 \text{ s}$$

- b. Kecepatan pada saat tiba di tanah sama dengan kecepatan bola saat dilempar dari tanah, hanya saja tandanya menjadi negatif (-)

$$v_A = -v_0 = -60 \text{ m/s (arah ke bawah)}$$

- c. Gerak bola pada saat naik simetris dengan gerak bola saat turun. Hal ini berarti waktu naik sama dengan waktu turun ( $t = 6 \text{ s}$ ), sehingga waktu yang diperlukan bola untuk kembali ke tanah adalah:

$$t_{\text{tot}} = 2t = 2(6) \text{ s} = 12 \text{ s}$$

2. Sebuah bola dilemparkan ke atas dengan kecepatan awal  $30 \text{ m/s}$ . Jika percepatannya adalah  $10 \text{ m/s}^2$  ke bawah, berapa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik tertingginya, dan berapakah jarak ke titik tertinggi itu?

*Penyelesaian:*

a.  $v = v_0 + at$

$$0 = 30 \text{ m/s} + (-10 \text{ m/s}^2)t$$

$$t = \frac{30 \text{ m/s}}{10 \text{ m/s}^2} = 3,0 \text{ s}$$

b.  $\Delta x = v_{\text{rata-rata}} \cdot t = (15 \text{ m/s})(3,0 \text{ s}) = 45 \text{ m}$

### Uji Kemampuan 2.6

- Sebutir kelereng dilempar vertikal ke atas. Berapakah kecepatan awalnya jika tinggi maksimum yang dicapai adalah  $12 \text{ m}$ ?
- Doni melempar sebuah bola dengan arah lemparan vertikal ke atas. Jika kecepatan awalnya sebesar  $18 \text{ m/s}$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tentukan ketinggian bola setelah:
  - $3 \text{ s}$ ,
  - $5 \text{ s}$ !
- Sebuah bola kasti dilemparkan lurus ke atas dari permukaan Bumi dengan laju awal  $35 \text{ m/s}$ . Hitunglah:
  - ketinggian maksimum yang dapat dicapai bola,
  - waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian tersebut,
  - kecepatannya setelah  $30 \text{ detik}$  bola dilemparkan!



4. Sebuah batu dilemparkan lurus ke atas dengan laju 20 m/s. Batu tersebut ditangkap saat sedang bergerak turun pada ketinggian 5,0 m di atas posisi awal lemparan.
  - a. Berapa besar kecepatan batu tersebut ketika ditangkap?
  - b. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk proses tersebut?
5. Sebuah batu dilemparkan lurus ke atas hingga mencapai ketinggian 20 m. Dengan laju berapakah batu tersebut dilemparkan?

## Percikan Fisika



### Jalur Terbang Menurut Aristoteles

Menurut Aristoteles, semua proyektil memiliki jalur yang terdiri atas dua garis lurus, seperti yang terlihat dalam gambar cetakan dari tahun 1561 di samping. Di sini sebutir peluru ditunjukkan sedang bergerak dalam garis lurus dari meriam dan kemudian jatuh lurus ke bawah. Aristoteles berpikir bahwa sebuah benda hanya dapat melakukan satu gerak saja sekaligus.

## Fiesta

*Fisikawan Kita*



### Albert Einstein (1879-1955)

Einstein adalah seorang ahli fisika Amerika Serikat, kelahiran Jerman. Ia dikenal dengan teori relativitas. Teori ini menyangkut gerak benda dalam medan gravitasi, yaitu interaksi oleh massa. Einstein juga mengemukakan teori relativitas umum. Dalam teori ini, ia berpendapat bahwa gravitasi bukanlah suatu daya seperti yang diungkapkan oleh Newton, tetapi merupakan suatu bidang melengkung dalam kesatuan ruang dan waktu yang tercipta karena adanya massa. Ia menyatakan bahwa hal ini dibuktikan dengan mengukur pembelokan cahaya bintang pada saat bintang tersebut bergerak mendekati Matahari.

## Kilas Balik

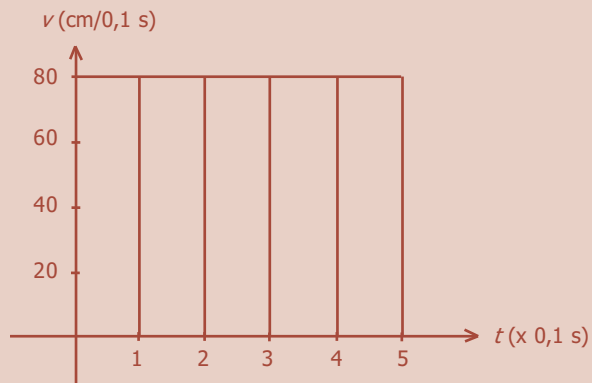
- \* Gerak merupakan perubahan posisi (kedudukan) suatu benda terhadap sebuah acuan tertentu.
- \* Kedudukan diartikan sebagai letak (posisi) suatu benda pada waktu tertentu terhadap acuan.
- \* “Kelajuan” atau “laju” menyatakan seberapa jauh sebuah benda bergerak dalam selang waktu tertentu.
- \* Kecepatan sesaat adalah kecepatan rata-rata pada selang waktu yang sangat pendek.
- \* Percepatan merupakan perubahan kecepatan pada satuan waktu tertentu.
- \* Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan kecepatan dibagi waktu yang diperlukan untuk perubahan ini.
- \* Suatu benda dikatakan mengalami gerak lurus beraturan jika lintasan yang ditempuh oleh benda itu berupa garis lurus dan kecepatannya selalu tetap setiap saat.
- \* Pada saat percepatan konstan dan gerak melalui garis lurus disebut gerak lurus berubah beraturan (GLBB).

## Uji Kompetensi

### A. Pilihlah jawaban yang paling tepat!

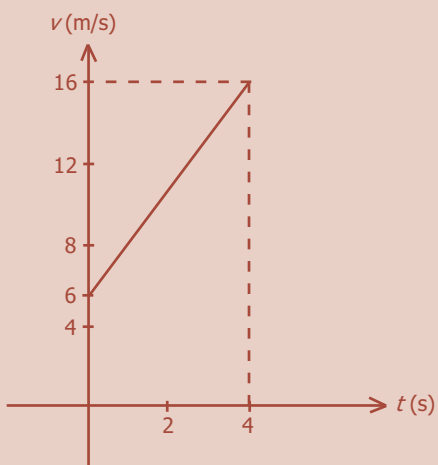
1. Sebuah benda bergerak lurus 50 m ke arah Timur dalam waktu 60 sekon, lalu 30 m ke arah Barat dalam waktu 40 sekon. Laju dan kecepatan partikel itu selama waktu itu adalah ... .
  - a. 0,8 m/s dan 0,2 m/s ke arah Timur
  - b. 0,8 m/s dan 0,2 m/s ke arah Barat
  - c. 0,8 m/s dan 0,4 m/s ke arah Timur
  - d. 0,8 m/s dan 0,4 m/s ke arah Barat
  - e. 0,4 m/s dan 0,2 m/s ke arah Timur
2. Suatu partikel bergerak lurus sepanjang sumbu  $x$  di mana posisinya dinyatakan oleh persamaan  $x = 5t^2 + 1$ , di mana  $x$  dalam meter dan  $t$  dalam sekon. Kecepatan rata-rata dalam selang waktu antara 2 s dan 3 s adalah ... .
  - a. 5 m/s
  - b. 15 m/s
  - c. 25 m/s
  - d. 40 m/s
  - e. 50 m/s

3. Diagram  $v-t$  berikut ini dibentuk oleh potongan-potongan pita (pada percobaan dengan kereta troli) yang bergerak lurus beraturan. Selama waktu 0,5 sekon, kereta troli telah menempuh jarak sejauh ... .



- a. 30 cm
- b. 40 cm
- c. 50 cm
- d. 60 cm
- e. 80 cm

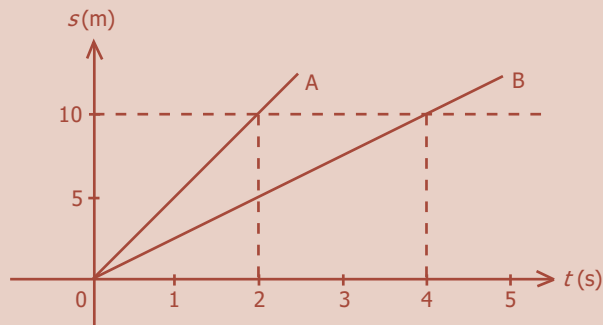
4.



Grafik di samping merupakan grafik gerak lurus berubah beraturan. Jarak yang ditempuh benda selama 4 sekon adalah ... .

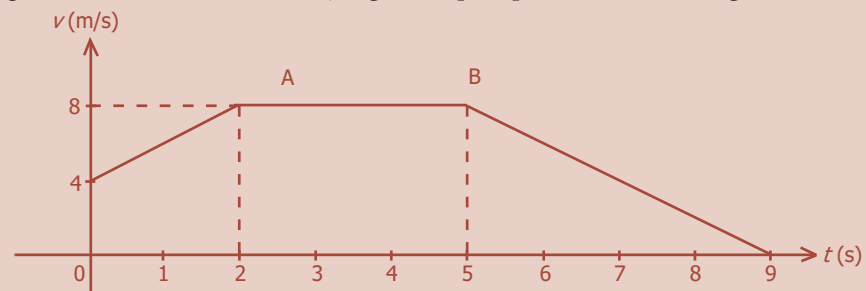
- a. 24 m
  - b. 44 m
  - c. 64 m
  - d. 76 m
  - e. 92 m
5. Sebuah mobil pada saat mulai direm kecepatannya 54 km/jam hingga mobil itu bergerak diperlambat beraturan dengan perlambatan  $25 \text{ m/s}^2$ . Jarak yang ditempuh mobil mulai direm hingga berhenti adalah ... .
- a. 4,0 m
  - b. 4,5 m
  - c. 5,0 m
  - d. 5,5 m
  - e. 6,0 m

6.



Dua buah partikel A dan B mula-mula berimpit, kemudian bergerak sepanjang garis lurus yang sama dan searah serta berangkat bersama-sama dan dinyatakan seperti pada grafik  $s-t$  di atas. Setelah bergerak tepat 4 s, maka partikel B akan ketinggalan terhadap A sejauh ... .

- 6 m
  - 8 m
  - 10 m
  - 12 m
  - 14 m
7. Sebuah partikel bergerak menurut garis lurus yang dinyatakan seperti pada grafik  $v-t$  berikut ini. Jarak yang ditempuh partikel selama bergerak adalah ...



- 48 m
  - 50 m
  - 52 m
  - 53 m
  - 56 m
8. Sebuah benda berada pada ketinggian 122,5 m di atas permukaan tanah kemudian mengalami jatuh bebas ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ). Kecepatan benda saat tepat menyentuh tanah adalah ... .
- 28 m/s
  - 49 m/s
  - 54 m/s
  - 63 m/s
  - 98 m/s

9. Sebuah peluru ditembakkan vertikal ke atas dari permukaan tanah dengan kecepatan awal 80 m/s ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Maka lamanya peluru di udara, tinggi maksimum yang dicapai peluru, dan kecepatan peluru tepat jatuh menyentuh tanah masing-masing adalah ... .
  - a. 16 s, 320 m, dan 80 m/s
  - b. 16 s, 640 m, dan 80 m/s
  - c. 18 s, 320 m, dan 80 m/s
  - d. 18 s, 640 m, dan 80 m/s
  - e. 20 s, 640 m, dan 120 m/s
10. Sebuah benda dilempar vertikal ke atas. Selama gerak ke atas maka pada benda akan berlaku ... .
  - a. percepatan berkurang
  - b. kecepatan konstan
  - c. percepatan konstan
  - d. percepatan bertambah
  - e. kecepatan bertambah

**B. Jawablah dengan singkat dan benar!**

1. Suatu rangkaian kereta api bergerak dengan kecepatan tetap 72 km/jam ketika melewati jembatan. Ternyata waktu yang diperlukan kereta untuk melintasi jembatan adalah 18 sekon. Jika panjang jembatan 180 m, berapa panjang deretan kereta api itu?
2. Sebuah mobil bergerak dari keadaan diam. Setelah 90 sekon, besar kecepatannya mencapai 72 km/jam. Berapa percepatan yang dialami mobil tersebut?
3. Sebuah mobil direm hingga mengalami perlambatan tetap  $1 \text{ m/s}^2$  dari 30 m/s hingga berhenti. Hitunglah:
  - a. waktu yang diperlukan saat mobil mulai direm hingga berhenti,
  - b. jarak yang ditempuh mobil mulai direm hingga berhenti!
4. Sebuah benda dilepaskan dari ketinggian 20 m di atas tanah ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Pada saat 1 s setelah pelepasan, tentukan:
  - a. kecepatan benda,
  - b. ketinggian bola di atas tanah!
5. Seorang anak melemparkan batu vertikal ke atas dengan kecepatan 40 m/s dan percepatan gravitasi  $10 \text{ m/s}^2$ . Saat 2 sekon setelah dilemparkan, tentukan:
  - a. kecepatan benda,
  - b. ketinggian bola di atas tanah!

# PETA KONSEP

## Bab 3 Gerak Melingkar Beraturan

