

## Modul Kinematika

### I. PENDAHULUAN

#### A. Deskripsi

Assalamu'alaikum Wr wb, senang sekali bisa bertemu lagi melalui modul ini. Pertama kali, saya ucapkan selamat, Anda telah menyelesaikan modul pertama, sekaligus selamat datang pada modul kedua. Pada modul ini saya akan mengajak Anda untuk mempelajari sesuatu yang menarik, juga sangat penting dalam perkembangan dan kemajuan Fisika. Menarik karena isi modul dekat dengan pengalaman sehari-hari Anda, penting karena apa yang dibicarakan dalam modul ini menjadi dasar dari perkembangan Fisika selanjutnya.

Kinematika adalah cabang Fisika yang mempelajari gerak benda tanpa mempersoalkan penyebab gerak itu. Bila Anda ingin tahu mengapa suatu benda bergerak, Anda harus sabar, sebab itu baru akan dijelaskan pada modul berikutnya.

Dalam modul ini, Anda akan mempelajari gerak benda dalam lintasan lurus yang disebut gerak lurus. Besaran-besaran Fisika yang telah Anda pelajari pada modul pertama seperti jarak, perpindahan, kelajuan, kecepatan dan percepatan akan Anda jumpai kembali, bahkan Anda akan melihat bagaimana hubungan atau kaitan antara besaran-besaran tersebut.

Pertanyaan-pertanyaan seperti seberapa cepatkah gerak sebuah perahu layar yang ditiup angin untuk sampai ke tengah laut; seberapa cepat buah kelapa saat jatuh ke tanah dari pohonnya seberapa tinggi Anda dapat melempar bola tegak ke udara; berapa lama waktu yang dibutuhkan bola itu sampai di ketinggian tersebut dan pertanyaan-pertanyaan lain yang sejenis, Anda akan temukan jawabannya pada modul ini.

Tentu saja tidak hanya itu. Masih banyak hal lain yang dapat Anda pelajari dalam modul ini. Apa yang diuraikan dalam modul ini merupakan hukum-hukum Fisika yang berlaku untuk semua benda yang bergerak lurus. Baik yang Anda jumpai dalam peristiwa-peristiwa alam seperti diutarakan di atas, maupun gerak alat-alat transportasi seperti sepeda, mobil, pesawat udara bahkan roket.

Pada modul ini juga disajikan kegiatan laboratorium untuk menunjang pemahaman Anda akan materi yang diuraikan. Kegiatan praktikum bisa dilakukan dengan bantuan guru anda atau dengan menggunakan praktikum virtual yang tersedia pada jaringan internet di SMA Batik 1 Surakarta. Anda juga bisa menambah pemahaman anda melalui jaringan internet yang ada disekolah semisal [www.sebarin.com](http://www.sebarin.com), [www.e-dukasi.net](http://www.e-dukasi.net) atau web-web penyedia materi dan latihan soal Fisika.

## Modul Kinematika

### B. Prasyarat

Untuk mempelajari modul ini terlebih dahulu anda harus menguasai dan tuntas pada modul 1 dan 2 tentang konsep besaran satuan dan Vektor. Dalam modul ini banyak teori besaran dan vektor yang digunakan didalamnya.

### C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajarilah peta konsep yang ada pada setiap modul dengan teliti.
2. pastikan bila Anda membuka modul ini, Anda siap mempelajarinya minimal satu kegiatan hingga tuntas. Jangan terputus-putus atau berhenti di tengah-tengah kegiatan.
3. Pahami tujuan pembelajaran yang ada pada setiap modul atau kegiatan belajar dalam modul anda.
4. Bacalah materi pada modul dengan cermat dan berikan tanda pada setiap kata kunci pada setiap konsep yang dijelaskan.
5. perhatikanlah langkah – langkah atau alur dalam setiap contoh penyelesaian soal.
6. Kerjakanlah latihan soal yang ada, jika mengalami kesulitan bertanyalah kepada teman atau guru anda
7. kerjakan tes Uji kemampuan pada setiap kegiatan belajar sesuai kemampuan anda. Cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang tersedia pada modul dan jika perlu lakukan penghitungan skor hasil belajar anda.
8. ulangi kegiatan 2 sampai dengan 6 pada setiap kegiatan belajar hingga selesai.
9. kerjakanlah Soal – soal Evaluasi Akhir

### D. indikator hasil belajar

1. Mendefinisikan pengertian gerak
2. Membedakan jarak dan perpindahan
3. Membedakan kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat
4. Menyimpulkan karakteristik gerak lurus beraturan (GLB) melalui percobaan dan pengukuran besaran-besaran terkait
5. Menyimpulkan karakteristik gerak lurus berubah beraturan (GLBB) melalui percobaan dan pengukuran besaran-besaran terkait
6. Membedakan percepatan rata-rata dan percepatan sesaat

## Modul Kinematika

7. Menerapkan besaran-besaran fisika dalam GLB dan GLBB dalam bentuk persamaan dan menggunakannya dalam pemecahan masalah
8. Merumuskan gerak melingkar beraturan secara kuantitatif.
9. Menjelaskan pengertian percepatan sentripetal, dan mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari
10. Memberikan contoh gerak melingkar beraturan dan berubah beraturan dalam kehidupan sehari-hari
11. Menjelaskan perumusan kuantitatif gerak melingkar berubah beraturan

### E. Kompetensi

#### Standar Kompetensi

2. Mendeskripsikan gejala alam dalam cakupan mekanika klasik sistem diskret (partikel)

#### Kompetensi Dasar

- 2.1. Menganalisis besaran-besaran fisika pada gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB).

## Modul Kinematika

### II. KEGIATAN BELAJAR 1

#### GERAK LURUS BERATURAN (GLB)

##### A. TUJUAN PEMBELAJARAN

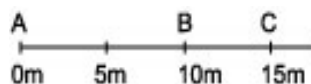
Setelah mempelajari modul ini, anda diharapkan dapat :

1. membedakan pengertian jarak dan perpindahan
2. membedakan pengertian kelajuan dan kecepatan
3. menghitung kelajuan rata-rata suatu benda
4. menghitung kecepatan rata-rata suatu benda dan
5. menjelaskan percepatan rata-rata suatu benda

##### B. URAIAN MATERI

###### Jarak dan Perpindahan

Bayangkan Anda berada di pinggir jalan lurus dan panjang. Posisi Anda saat itu di A.



Gambar 1.1: Posisi benda dalam sumbu koordinat

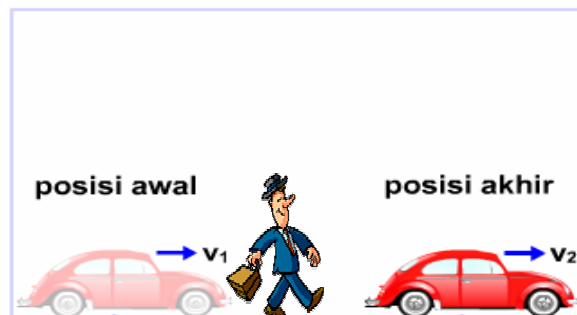
Dari A, Anda berjalan menuju C melalui B. Sesampainya Anda di C, Anda membalik dan kembali berjalan lalu berhenti di B.

Pada peristiwa di atas, berapa jauhkah jarak yang Anda tempuh; berapa pula perpindahan Anda? Samakah pengertian jarak dengan perpindahan?

Dalam kehidupan sehari-hari kata jarak dan perpindahan digunakan untuk arti yang sama. Dalam Fisika kedua kata itu memiliki arti yang berbeda. Namun sebelum kita membahas hal ini, kita pelajari dulu apa yang dimaksud dengan gerak.

Seorang laki-laki berdiri di pinggir jalan, tampak mobil bergerak ke kanan menjauhi anak tersebut.

## Modul Kinematika



Gambar 1.2: Gerak berarti perubahan posisi benda

Andaikan Anda berada di dalam mobil yang bergerak meninggalkan teman Anda. Dari waktu ke waktu teman Anda yang berdiri di sisi jalan itu semakin tertinggal di belakang mobil. Artinya posisi Anda dan teman Anda berubah setiap saat seiring dengan gerakan mobil menjauhi teman Anda itu.

Suatu benda dikatakan bergerak bila posisinya setiap saat berubah terhadap suatu acuan tertentu.

Apakah Anda bergerak? Ya, bila acuannya teman Anda atau pepohonan di pinggir jalan. Anda diam bila acuan yang diambil adalah mobil yang Anda tumpangi. Mengapa? Sebab selama perjalanan posisi Anda dan mobil tidak berubah.

Jadi, suatu benda dapat bergerak sekaligus diam tergantung acuan yang kita ambil. Dalam Fisika gerak bersifat relatif, bergantung pada acuan yang dipilih. Dengan mengingat hal ini, cobalah Anda cermati uraian di bawah ini.

Sebuah bola digulirkan pada sebuah bidang datar lurus. Posisi bola setiap saat diwakili oleh garis berskala yang disebut sumbu koordinat seperti pada gambar 1.3.



Gambar 1.3: Gerak pada satu sumbu koordinat

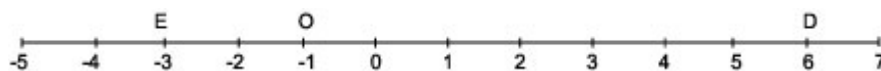
Andaikan ada 2 bola yang digulirkan dari O. Bola 1 digulirkan ke kanan dan berhenti di B. Bola 2 digulirkan ke kiri dan berhenti di C. Anda lihat pada gambar 1.3, bahwa panjang lintasan yang ditempuh oleh kedua bola sama, yaitu sama-sama 4 satuan. Namun bila diperhatikan arah gerakannya, kedua bola berpindah posisi ke arah yang berlawanan. Bola 1 berpindah ke sebelah kanan O, sedangkan bola 2 ke sebelah kiri O.

## Modul Kinematika

Panjang lintasan yang ditempuh disebut jarak, sedangkan perpindahan diartikan sebagai perubahan posisi benda dari keadaan awal ke keadaan akhirnya.

Jarak tidak mempersoalkan ke arah mana benda bergerak, sebaliknya perpindahan tidak mempersoalkan bagaimana lintasan suatu benda yang bergerak. Perpindahan hanya mempersoalkan kedudukan, awal dan akhir benda itu. Jarak adalah besaran skalar, sedangkan perpindahan adalah vektor. Dua benda dapat saja menempuh jarak (= panjang lintasan) yang sama namun mengalami perpindahan yang berbeda seperti pada contoh ini. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa jarak merupakan besar perpindahan?

Bila kemudian ada bola 3 bergerak dari O ke kanan, sampai di D lalu membalik bergerak ke kiri melewati O lalu berhenti di E seperti pada gambar 1.4, bagaimanakah dengan jarak dan perpindahannya?



Gambar 1.4: Perubahan posisi bola 3

Jarak yang ditempuh bola adalah panjang lintasan  $ODE = OD + DE$ . Jadi  $s = 6 + 9 = 15$  satuan

Perpindahan bola adalah OE (kedudukan awal bola di O, kedudukan akhirnya di E).

Jadi  $\Delta s = -3$  satuan.

Perhatikan tanda minus pada  $\Delta s$ . Hal itu menunjukkan arah perpindahan bola yaitu ke kiri dari titik acuan. Perlu dicatat pula bahwa dalam contoh di atas perbedaan antara jarak dan perpindahan ditandai baik oleh ada atau tidaknya "arah", tapi juga oleh "besar" kedua besaran itu (jarak = 15 satuan, perpindahan = 3 satuan). Mungkinkah jarak yang ditempuh oleh suatu benda sama dengan besar perpindahannya?

Untuk benda yang bergerak ke satu arah tertentu, maka jarak yang ditempuh benda sama dengan besar perpindahannya. Misalnya bila benda bergerak lurus ke kanan sejauh 5 m, maka baik jarak maupun besar perpindahannya sama-sama 5 m.

## Modul Kinematika

### Kelajuan dan Kecepatan Rata-rata

Fisika membedakan pengertian kelajuan dan kecepatan. Kelajuan merupakan besaran skalar, sedangkan kecepatan adalah vektor. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh suatu benda dibagi selang waktu atau waktu untuk menempuh jarak itu, sedangkan kecepatan adalah perpindahan suatu benda dibagi selang waktu untuk menempuhnya. Dalam bentuk persamaan, keduanya dapat dituliskan:

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum S}{\sum t} \quad \text{Persamaan kelajuan rata-rata}$$

$$\bar{V}_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta \bar{S}}{\Delta t} \quad \text{Persamaan kecepatan rata-rata}$$

Keterangan:

$\bar{v}$  = kelajuan rata-rata benda (m/s)

$s$  = jarak yang ditempuh benda (m), termasuk besaran skalar

$\Delta s$  = perpindahan benda (m), dibaca delta s, termasuk besaran vektor

$\Delta t$  = waktu tempuh (s)

Dalam kehidupan sehari-hari, kelajuan maupun kecepatan senantiasa berubah-ubah karena berbagai sebab. Misalnya jalanan yang tidak rata. Oleh karenanya kita dapat mengartikan kelajuan dan kecepatan pada dua persamaan di atas sebagai kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata.

Contoh:

1. Budi berlari ke Timur sejauh 20 m selama 6 s lalu balik ke Barat sejauh 8 m dalam waktu 4s. Hitung kelajuan rata-rata ( $\bar{v}$ ) dan kecepatan rata-rata Budi ( $\bar{V}$ )

Penyelesaian:

Kelajuan rata-rata

$$v_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum X}{\sum t} = \frac{20+8}{6+4}$$

$$v_{\text{rata-rata}} = \frac{28}{10} = 2,8 \text{ ms}^{-1}$$

## Modul Kinematika

Kecepatan rata-rata (anggap perpindahan ke Timur bernilai positif, ke Barat negatif).

$$\bar{v}_{rata-rata} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{20-8}{6+4}$$

$$\bar{v}_{rata-rata} = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ ms}^{-1}$$

Contoh:

- Adam berlari di jalan lurus dengan kelajuan 4 m/s dalam waktu 5 menit, lalu berhenti selama 1 menit untuk kemudian melanjutkan larynya. Kali ini dengan kelajuan 5 m/s selama 4 menit. Berapakah kelajuan rata-rata Adam?

Penyelesaian:

$$s_1 = 4 \text{ m/s} \times 5 \text{ menit} \times 60 \text{ s/menit} = 1.200 \text{ m.}$$

$$s_2 = 5 \text{ m/s} \times 4 \text{ menit} \times 60 \text{ s/menit} = 1.200 \text{ m.}$$

Jarak total yang ditempuh Adam:

$$S = s_1 + s_2$$

$$= 2400 \text{ m}$$

sedangkan waktu berlari Adam:

$$\Delta t = 5 \text{ menit} + 1 \text{ menit} + 5 \text{ menit}$$

$$= 10 \text{ menit}$$

$$= 10 \text{ menit} \times 60 \text{ s/menit}$$

$$= 600 \text{ s}$$

Perhatikan, waktu istirahat 1 menit dimasukkan dalam perhitungan.

Kelajuan rata-rata Adam berlari:

$$v_{rata-rata} = \frac{\sum X}{\sum t} = \frac{2400}{600}$$

$$v_{rata-rata} = 3 \text{ ms}^{-1}$$

Contoh:

- Amri lari pagi mengelilingi lapangan berbentuk empat persegi panjang



## Modul Kinematika

dengan panjang 10m dan lebar 5 m. Setelah melakukan tepat 10 putaran dalam waktu 1 menit, Amri berhenti.

Tentukan:

- Jarak yang ditempuh Amri
- Perpindahan Amri
- Kelajuan rata-rata Amri
- Kecepatan rata-rata Amri

Penyelesaian:

Terlebih dahulu kita ubah satuan dari besaran-besaran yang diketahui.

$p = 10 \text{ m}$ ;  $l = 5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} 1 \text{ putaran} &= \text{keliling empat persegi panjang} \\ &= 2 \times (p + l) \\ &= 2 \times (10 + 5) \\ &= 30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Delta t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ s}$$

a. Jarak yang ditempuh Amri:

$$\begin{aligned} s &= 10 \text{ putaran} \\ &= 10 \times 30 \\ &= 300 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Perpindahan Amri:

$\Delta s = \text{nol}$ ,  
sebab Amri berlari tepat 10 putaran, sehingga posisi awal Amri = posisi akhirnya.

c. Kelajuan rata-rata:

$$\begin{aligned} v_{rata-rata} &= \frac{\sum X}{\sum t} \\ v_{rata-rata} &= \frac{100}{60} = \frac{5}{3} \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

## Modul Kinematika

d. Kecepatan rata-rata:

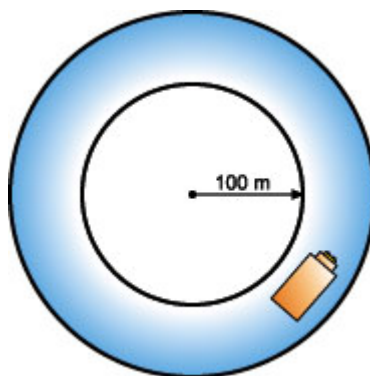
$$\bar{v}_{rata-rata} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\bar{v}_{rata-rata} = \frac{0}{60} = 0 \text{ ms}^{-1}$$

Tiga contoh soal di atas, mudah-mudahan dapat Anda pahami. Bila belum, kembalilah membacanya sekali lagi. Setelah itu coba kerjakan soal berikut.

Soal:

Sebuah mobil mengelilingi lintasan lingkaran berjari-jari 100 m. Bila dalam waktu 5 menit mobil itu melakukan 5 1/2 putaran, hitung kelajuan rata-rata dan besar kecepatan rata-ratanya!



Gambar 1.5: Mobil melaju pada sirkuit lingkaran.

Bila Anda benar melakukannya, maka Anda dapatkan jarak yang ditempuh mobil 3.454 m, perpindahannya 314 m, waktunya 300 s. Sehingga berdasarkan data ini akan Anda peroleh kelajuan rata-rata mobil 11,51 m/s dan kecepatan rata-rata mobil 1,1 m/s (pembulatan).

### Perlajuan dan Percepatan Rata-rata

Seperti disinggung pada uraian sebelumnya sulit bagi benda-benda untuk mempertahankan dirinya agar memiliki kelajuan yang tetap dari waktu ke waktu. Umumnya kelajuan benda selalu berubah-ubah. Perubahan kelajuan benda dibagi waktu perubahan disebut perlajuan. Persamaannya ditulis sebagai berikut:

## Modul Kinematika

$$\text{atau } a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

Persamaan perlajuan rata-rata

$a$  = perlajuan rata-rata ( $\text{m/s}^2$ )

$v_1$  = kelajuan mula-mula (m/s)

$v_2$  = kelajuan akhir (m/s)

$\Delta t$  = selang waktu (t)

Istilah perlajuan ini jarang digunakan. Seringnya digunakan istilah percepatan. Percepatan diartikan sebagai perubahan kecepatan benda dibagi waktu perubahannya. Persamaannya ditulis,

$$\text{atau } \bar{a} = \frac{\bar{v}_2 - \bar{v}_1}{\Delta t}$$

Persamaan percepatan rata-rata

$\bar{a}$  = percepatan rata-rata ( $\text{m/s}^2$ )

$\bar{v}_1$  = kecepatan mula-mula (m/s)

$\bar{v}_2$  = kecepatan akhir (m/s)

$\Delta t$  = selang waktu (t)

Tahukah Anda perbedaan antara perlajuan dan percepatan?  
Ya, benar perlajuan merupakan besaran skalar sedangkan percepatan merupakan vektor.

Contoh:

1. Sebuah perahu didayung sehingga melaju dengan percepatan tetap  $2 \text{ m/s}^2$ . Bila perahu bergerak dari keadaan diam, tentukan kecepatan perahu setelah perahu bergerak selama:
  - a. 1 s
  - b. 2 s
  - c. 3 s

## Modul Kinematika



Gambar 6: Perahu bergerak dengan percepatan tetap.

Penyelesaian:

Perahu mengalami percepatan  $2 \text{ m/s}^2$ . Hal ini berarti tiap 1 s kecepatan perahu bertambah 2 m/s. Jadi karena perahu bergerak dari keadaan diam, maka setelah bergerak:

- a) 1 s kecepatan perahu = 2 m/s
- b) 2 s kecepatan perahu = 4 m/s
- c) 3 s kecepatan perahu = 6 m/s

Dalam contoh di atas, digunakan istilah percepatan. Bolehkah istilah diganti dengan perlajuan? Dalam modul ini istilah perlajuan mempunyai makna yang sama dengan percepatan, tepatnya besar percepatan (percepatan menyangkut besar dan arah. Ingat apa yang dimaksud dengan besaran vektor!).

Contoh:

- 2. Bagaimana bila dalam contoh 1, perahu sudah melaju dengan kecepatan 3 m/s sebelum didayung?

Penyelesaian:

Tidak masalah! Sebab percepatan tidak bergantung kecepatan awal benda.

Setelah bergerak:

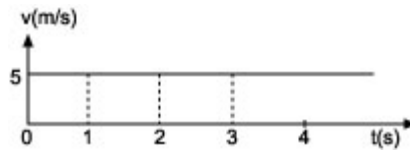
- a) 1 s kecepatan perahu menjadi =  $3 + 2 = 5 \text{ m/s}$
- b) 2 s kecepatan perahu menjadi =  $5 + 2 = 7 \text{ m/s}$
- c) 3 s kecepatan perahu menjadi =  $7 + 2 = 9 \text{ m/s}$

Pada kedua contoh di atas, dapatkah Anda merapatkan kecepatan perahu setelah bergerak 10 s?

## Modul Kinematika

### Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Gerak lurus beraturan (GLB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan kecepatan tetap. Untuk lebih memahaminya, amati grafik berikut!



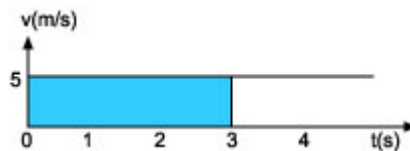
Gambar 1.7: Grafik  $v - t$  untuk GLB.

Grafik di atas menyatakan hubungan antara kecepatan ( $v$ ) dan waktu tempuh ( $t$ ) suatu benda yang bergerak lurus. Berdasarkan grafik tersebut cobalah Anda tentukan berapa besar kecepatan benda pada saat  $t = 0$  s,  $t = 1$  s,  $t = 2$  s,  $t = 3$  s?

Ya!, Anda benar! Tampak dari grafik pada gambar 6, kecepatan benda sama dari waktu ke waktu yakni 5 m/s.

Semua benda yang bergerak lurus beraturan akan memiliki grafik  $v - t$  yang bentuknya seperti gambar 6 itu. Sekarang, dapatkan Anda menghitung berapa jarak yang ditempuh oleh benda dalam waktu 3 s?

Anda dapat menghitung jarak yang ditempuh oleh benda dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva bila diketahui grafik ( $v-t$ )



Gambar 1.8: Menentukan jarak dengan menghitung luas di bawah kurva.

Jarak yang ditempuh = luas daerah yang diarsir pada grafik  $v - t$ .

Cara menghitung jarak pada GLB.

Tentu saja satuan jarak adalah satuan panjang, bukan satuan luas. Berdasarkan gambar 1.7 di atas, jarak yang ditempuh benda = 15 m.

Cara lain menghitung jarak tempuh adalah dengan menggunakan persamaan GLB. Telah Anda ketahui bahwa kecepatan pada GLB dirumuskan:

## Modul Kinematika

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

atau

$$s = v \cdot t \text{ (Persamaan GLB)}$$

Keterangan:

s = jarak tempuh (m)

v = kecepatan (m/s)

t = waktu tempuh (s)

Dari gambar 1.8,  $v = 5 \text{ m/s}$ , sedangkan  $t = 3 \text{ s}$ , sehingga jarak  
 $s = v \cdot t$   
 $s = 5 \times 3 = 15 \text{ m}$

Persamaan GLB di atas, berlaku bila gerak benda memenuhi grafik seperti pada gambar 1.8. Pada grafik tersebut terlihat bahwa pada saat  $t = 0 \text{ s}$ , maka  $v = 0$ . Artinya, pada mulanya benda diam, baru kemudian bergerak dengan kecepatan  $5 \text{ m/s}$ . Padahal dapat saja terjadi bahwa saat awal kita amati benda sudah dalam keadaan bergerak, sehingga benda telah memiliki posisi awal  $s_0$ . Untuk keadaan ini, maka persamaan GLB sedikit mengalami perubahan menjadi,

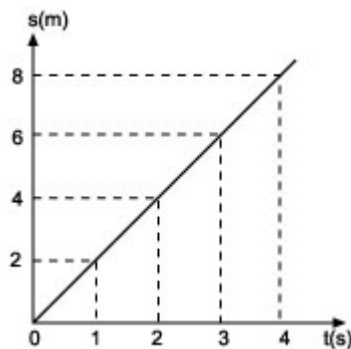
$$s = s_0 + v \cdot t$$

**Persamaan GLB untuk benda yang sudah bergerak sejak awal pengamatan.**

Dengan  $s_0$  menyatakan posisi awal benda dalam satuan meter. Kita akan kembali ke sini setelah Anda ikuti uraian berikut.

Di samping grafik  $v - t$  di atas, pada gerak lurus terdapat juga grafik  $s - t$ , yakni grafik yang menyatakan hubungan antara jarak tempuh (s) dan waktu tempuh (t) seperti pada gambar 1.9 di bawah.

## Modul Kinematika



Gambar 1.9: Grafik s- t untuk GLB

Bagaimanakah cara membaca grafik ini?

Perhatikan gambar 1.9 di atas. Pada saat  $t = 0$  s, jarak yang ditempuh oleh benda  $s = 0$ , pada saat  $t = 1$  s, jarak yang ditempuh oleh benda  $s = 2$  m, pada saat  $t = 2$  s, jarak  $s = 4$  m, pada saat  $t = 3$  s, jarak  $s = 6$  s dan seterusnya. Berdasarkan hal ini dapat kita simpulkan bahwa benda yang diwakili oleh grafik s - t pada gambar 9 di atas, bergerak dengan kecepatan tetap 2 m/s (Ingat, kecepatan adalah jarak dibagi waktu).

Berdasarkan gambar 1.9, kita dapat meramalkan jarak yang ditempuh benda dalam waktu tertentu di luar waktu yang tertera pada grafik. Cobalah Anda lakukan hal itu dengan cara mengisi tabel di bawah.

Tabel 1: Hubungan jarak (s) dan (t) pada GLB

s (m)	...	...	...	...	...	...
t (s)	5	6	9	12	14	16

Contoh:

1. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan tetap 36 km/jam. Berapa meterkah jarak yang ditempuh mobil itu setelah bergerak 10 menit?

Penyelesaian:

Anda ubah dulu satuan-satuan dari besaran yang diketahui ke dalam sistem satuan SI.

Diketahui:

$$v = 36 \frac{\text{km}}{\text{jam}} = 36 \times \frac{1000 \text{ m}}{60 \times 60} = 10 \text{ m/s}$$

## Modul Kinematika

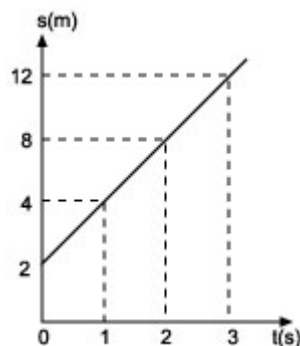
$$t = 10 \text{ menit} = 10 \times 60 \text{ s} = 600 \text{ s}$$

$$s = v \cdot t = 10 \times 600 = 6.000 \text{ m} = 6 \text{ km}$$

Kini, kita kembali kepada apa yang telah kita bicarakan sebelum kita membahas Grafik  $s - t$  untuk GLB ini. Untuk itu kita butuh contoh.

Contoh:

2. Gerak sebuah benda yang melakukan GLB diwakili oleh grafik  $s - t$  di bawah. Berdasarkan grafik tersebut, hitunglah jarak yang ditempuh oleh benda itu dalam waktu:
  - a. 3 s
  - b. 10 s



Gambar 1.10: Grafik  $s - t$  untuk GLB dengan posisi awal  $s_0$ .

Gambar 1.10 di atas sebenarnya menyatakan sebuah benda yang melakukan GLB yang memiliki posisi awal  $s_0$ . Dari grafik tersebut kita dapat membaca kecepatan benda yakni  $v = 4 \text{ m/s}$ . Seperti telah dibicarakan, hal ini berarti bahwa pada saat awal kita mengamati benda telah bergerak dan menempuh jarak sejauh  $s_0 = 2 \text{ m}$ .

Jadi untuk menyelesaikan soal ini, kita akan gunakan persamaan GLB untuk benda yang sudah bergerak sejak awal pengamatan.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$s_0 = 2 \text{ m}$$

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

Ditanya:

- a. Jarak yang ditempuh benda pada saat  $t = 3 \text{ s}$ .
- b. Jarak yang ditempuh benda pada saat  $t = 10 \text{ s}$ .

Jawab:



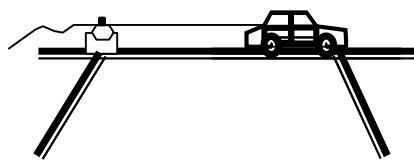
## Modul Kinematika

$$\begin{aligned} \text{a. } s(t) &= s_0 + v \cdot t \\ s(3s) &= 2 + 4 \times 3 \\ &= 14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } s(t) &= s_0 + v \cdot t \\ s(10s) &= 2 + 4 \times 10 \\ &= 42 \text{ m} \end{aligned}$$

### Ticker Timer

Ticker timer atau mengetik waktu, biasa digunakan di laboratorium fisika untuk menyelidiki gerak suatu benda (Gambar 11.a). Pita ketik pada ticker timer merekam lintasan benda yang bergerak misalnya mobil mainan bertenaga bataerai (Gambar 11.b) berupa serangkaian titik-titik hitam disebut dot pada pita tersebut (Gambar 12). Jarak antara dot tersebut menggambarkan kecepatan gerak benda (Gambar 13). Selain itu pita ketik pada ticker time juga dapat menunjukkan apakah gerak suatu benda itu dipercepat, diperlambat atau justru bergerak dengan kecepatan tetap (Gambar 14).



11.a



11.b

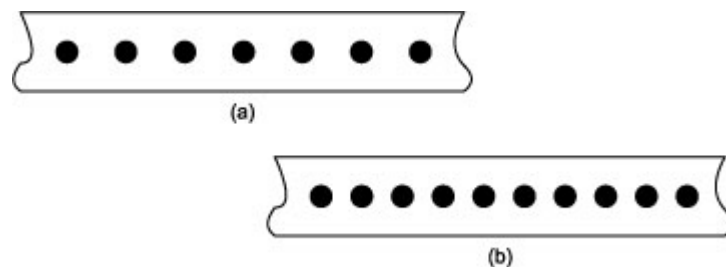
11.a Pita tiker timer yang dihubungkan dengan mobil bertenaga battery

11.b hasil rekaman tiker timer

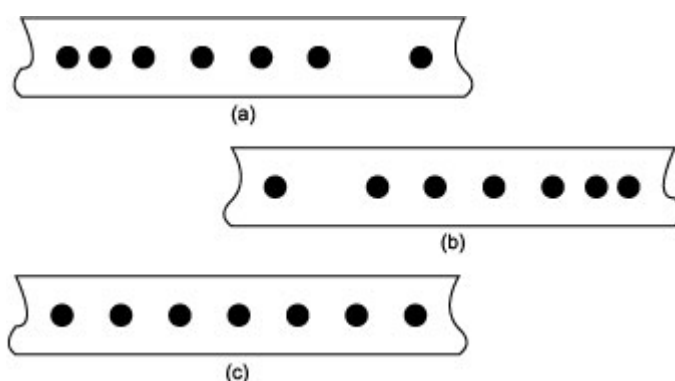


Gambar 1.12: Rekaman gerak benda pada pita ketik ticker timer

## Modul Kinematika

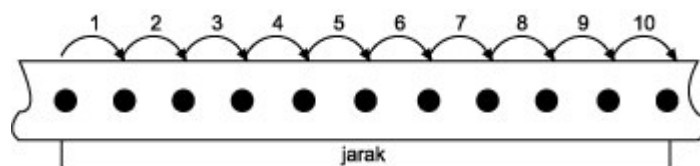


Gambar 1.13: Kecepatan benda lebih besar pada gambar (a) dibandingkan pada gambar (b)



Gambar 1.14: gerak benda (a) dipercepat (b) diperlambat (c) kecepatan tetap

Interval waktu antara dua dot terdekat atau pada pita ketik sebuah ticker timer selalu tetap, yaitu  $\frac{1}{50}$  sekon atau  $0,02$  s. Berdasarkan hal ini kita dapat menentukan kelajuan atau besar kecepatan rata-rata suatu benda. Langkah-langkahnya sebagai berikut. Pertama, ambil rekaman pita ketik suatu benda yang ingin kita selidiki kecepatan rata-ratanya. Gantunglah pita ketik tersebut untuk sebelas dot berturut-turut (Gambar 15). Jarak dari dot pertama sampai dot kesebelas ditempuh dalam waktu  $10 \times 0,02 \text{ s} = 0,2 \text{ s}$ .



Gambar 1.15: Pita ketik ticker timer:

Jarak dari dot pertama sampai dot kesebelas ditempuh dalam waktu  $0,2 \text{ s}$ .

Selanjutnya, dengan menggunakan penggaris mm kita ukur jarak dari dot pertama sampai dot kesebelas pada pita ketik. Besar kecepatan rata-rata benda adalah besar jarak dibagi  $0,2 \text{ s}$ .

## Modul Kinematika

### C. Rangkuman

Modul ini berjudul Kinematika Gerak Lurus. Kinematika adalah cabang Fisika yang mempelajari gerak benda tanpa menghiraukan penyebabnya. Besaran-besaran penting pada Kinematika Gerak Lurus adalah jarak dan perpindahan, kelajuan dan kecepatan, serta perlajuan dan percepatan.

Di antara besaran-besaran tersebut, jarak, kelajuan dan perlajuan merupakan besaran skalar, sedangkan yang lainnya besaran vektor. Besaran-besaran kinematika ini berkaitan satu sama lain.

Gerak lurus pada modul ini, dibedakan atas gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Pada GLB benda bergerak dengan kecepatan tetap, sedangkan pada GLBB benda bergerak dengan percepatan tetap.

Percepatan diartikan sebagai perubahan kecepatan per satuan waktu. Bila perubahan kecepatan benda semakin melambat, percepatannya berharga negatif dan disebut perlambatan.

Gerak lurus baik GLB maupun GLBB dapat diwakili oleh grafik s-t dan grafik v-t. Dari grafik s-t, GLB kita dapat menentukan kecepatan rata-rata. Dari grafik v-t kita dapat menghitung jarak yang ditempuh benda dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva.

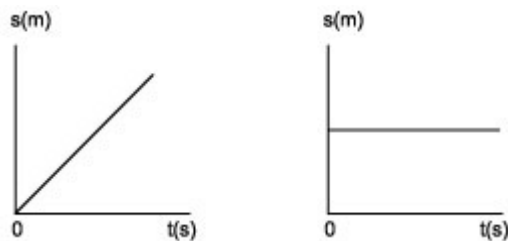
Gerak lurus berubah beraturan dibedakan menurut lintasannya, yaitu GLBB pada lintasan mendatar dan GLBB pada lintasan vertikal. Gerak pada lintasan vertikal terdiri dari gerak vertikal ke atas, jatuh bebas dan gerak vertikal ke bawah dengan kecepatan awal. Di bawah ini disarikan persamaan-persamaan yang kita bicarakan di atas.

Persamaan GLB,

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

Grafik pada GLB,

## Modul Kinematika



### D. Uji

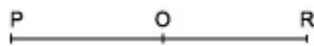
### Kompetensi

#### Petunjuk

Tutuplah semua buku termasuk modul ini. Yakinkan diri Anda bahwa Anda mampu mengerjakan tugas ini. Sebab Anda telah memahami uraian di atas.

Tidak dibutuhkan alat bantu khusus untuk mengerjakan tugas ini. Tidak juga kalkulator. Kerjakan soal ini dalam waktu  $\pm 30$  menit. Mulailah dari nomor 1 berurut ke nomor di bawahnya hingga nomor terakhir. Cocokkan jawaban Anda dengan kunci tugas di akhir modul.

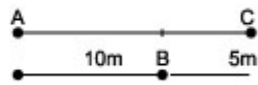
1. Sebutkan perbedaan antara jarak dan perpindahan!
2. Sebuah benda mula-mula diam di titik P, lalu bergerak ke titik R melalui Q seperti pada gambar di bawah. Setelah sampai di R benda kembali ke Q dan berhenti di sana.



Tentukan yang manakah yang merupakan jarak tempuh benda dan yang mana pula yang merupakan perpindahan benda!

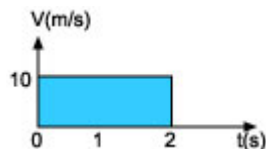
3. Apa perbedaan antara kelajuan dan kecepatan?
4. Siti berlari sepanjang lintasan lurus. Mula-mula jarak 100 m ditempuhnya dalam waktu 20 s, 100 m kedua 25 s dan 100 m ketiga 35 s. Hitung kelajuan rata-rata Siti dalam menempuh keseluruhan jarak di atas.
5. Sebuah mobil bergerak sepanjang lintasan lurus, mula-mula dengan kelajuan 4 m/s selama 10 s lalu berubah menjadi 8 m/s selama 5 s dan berubah lagi menjadi 10 m/s selama 5 s pula. Berapakah kelajuan rata-rata mobil itu selama 20 s pertama?
6. Pada sebuah garis lurus, sebuah benda mula-mula berada di A lalu bergerak ke kanan menuju C seperti pada gambar di bawah.

## Modul Kinematika



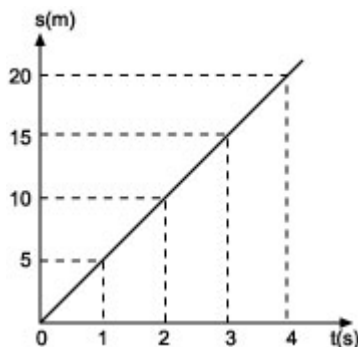
Bila setelah sampai di C benda kembali ke B dan berhenti di sana, serta waktu yang diperlukan benda untuk menjalani keseluruhan proses tersebut selama 20 s. Hitung besar kecepatan rata-rata benda itu!

7. Ahmad lari pagi mengelilingi lapangan dalam lintasan dengan jari-jari 5 m. Bila Ahmad melakukan tepat 10 putaran dalam waktu 62,8 sekon, hitung kelajuan rata-rata Ahmad itu!
8. Tulislah pengertian percepatan rata-rata sebuah benda yang bergerak lurus!
9. Apakah yang dimaksud gerak lurus beraturan atau GLB?
10. Gerak suatu benda dinyatakan dalam bentuk grafik  $v - t$  di bawah.



Berdasarkan grafik di atas, berapakah jarak yang ditempuh benda dalam waktu 5 s?

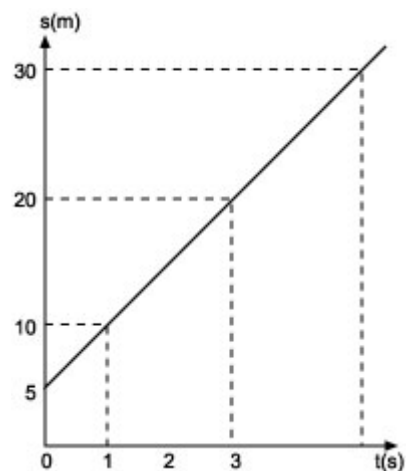
11. Pada grafik di bawah berapakah besar kecepatan rata-rata benda-benda?



12. Sebuah perahu bergerak di lautan dalam lintasan garis lurus. Jarak 180 m ditempuh perahu itu dalam waktu 1 menit. Bila perahu bergerak dengan kelajuan tetap, berapakah jarak yang ditempuh perahu dalam waktu 1 jam?
13. Untuk gambar di bawah, berapakah jarak yang ditempuh oleh benda

## Modul Kinematika

dalam waktu 8 s?



### E. Kunci Jawaban Uji Kompetensi 1

1. Jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh benda, sedangkan perpindahan adalah perubahan posisi awal dan akhir benda. Jarak besaran skalar, sedangkan perpindahan besaran vektor.

2. Jarak = panjang lintasan: A - B - C - D  
Perpindahan: A - B

3. Kelajuan =  $\frac{\text{jarak tempuh}}{\text{selang waktu}}$

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{jarak tempuh}}$$

Kelajuan besaran skalar, sedangkan kecepatan besaran vektor.

4. Kelajuan rata-rata =  $\frac{30}{8}$  m/s

5. 

$t_1 = 10$ s	$v_1 = 4$ m/s	$s_1 = 40$ m
$t_2 = 5$ s	$v_2 = 8$ m/s	$s_2 = 40$ m
$t_3 = 5$ s	$v_3 = 10$ m/s	$s_3 = 50$ m

$$\text{Kelajuan rata-rata: } v = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3} = 6,5 \text{ m/s}$$

## Modul Kinematika

- 6.  $v = 0,5 \text{ m/s}$
- 7. 5 sekon

8.  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

- 9. Gerak pada lintasan lurus dengan kecepatan tetap.
- 10. 50 m
- 11. 5 m/s
- 12. 10.800 m (ubah dulu seluruh satuan ke SI)
- 13. 85 m

### F. Kegiatan Laboratorium

Cobalah Anda lakukan eksperimen untuk menentukan batas kecepatan rata-rata berbagai benda menggunakan ticker timer seperti uraian di atas. Mintalah bantuan guru adar dapat melakukan hal tersebut.

## Modul Kinematika

### III. KEGIATAN BELAJAR 2

#### GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN (GLBB)

##### A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Pada akhir kegiatan, diharapkan Anda dapat :

1. menuliskan pengertian gerak lurus berubah beraturan;
2. menuliskan pengertian 3 persamaan GLBB dengan benar;
3. menghitung besar kecepatan akhir suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan;
4. menghitung besar percepatan suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan (GLBB) dari grafik  $v - t$ ; dan
5. menghitung jarak yang ditempuh oleh benda yang bergerak lurus berubah beraturan.

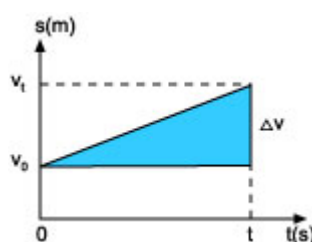
##### B. URAIAN MATERI

##### 1. Konsepsi Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan tetap. Jadi, ciri utama GLBB adalah bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lama semakin cepat. Dengan kata lain gerak benda dipercepat. Namun demikian, GLBB juga dapat berarti bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lambat hingga akhirnya berhenti. Dalam hal ini benda mengalami perlambatan tetap. Dalam modul ini, kita tidak menggunakan istilah perlambatan untuk gerak benda diperlambat. Kita tetap saja menamakannya percepatan, hanya saja nilainya negatif. Jadi perlambatan sama dengan percepatan negatif.

Contoh sehari-hari GLBB adalah peristiwa jatuh bebas. Benda jatuh dari ketinggian tertentu di atas. Semakin lama benda bergerak semakin cepat.

Kini, perhatikanlah gambar 2.1 di bawah yang menyatakan hubungan antara kecepatan ( $v$ ) dan waktu ( $t$ ) sebuah benda yang bergerak lurus berubah beraturan dipercepat.



Gambar 2.1: Grafik  $v - t$  untuk GLBB dipercepat.



## Modul Kinematika

Besar percepatan benda,

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

dalam hal ini,

$$v_1 = v_0$$

$$v_2 = v_t$$

$$t_1 = 0$$

$$t_2 = t$$

sehingga,

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

atau

$$a \cdot t = v_t - v_0$$

kita dapatkan,

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

Persamaan kecepatan GLBB

$v_0$  = kecepatan awal (m/s)

$v_t$  = kecepatan akhir (m/s)

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

$t$  = selang waktu (s)

Perhatikan bahwa selama selang waktu  $t$  (pada kegiatan lalu kita beri simbol  $\Delta t$ ), kecepatan benda berubah dari  $v_0$  menjadi  $v_t$  sehingga kecepatan rata-rata benda dapat dituliskan:

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

karena  $v_t = v_0 + a \cdot t$ , maka

$$\begin{aligned} v &= \frac{v_0 + (v_0 + a \cdot t)}{2} \\ &= \frac{2v_0 + a \cdot t}{2} \end{aligned}$$

Kita tahu bahwa kecepatan rata-rata

## Modul Kinematika

$$\bar{v}_{rata-rata} = \frac{\Delta \bar{s}}{\Delta t}, \text{ maka}$$

$$\frac{s}{t} = \frac{2v_0}{2} + \frac{a \cdot t}{2}$$

atau

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Persamaan jarak GLBB}$$

s = jarak yang ditempuh  
 $v_0$  = kecepatan awal (m/s)  
 $a$  = percepatan ( $\text{m/s}^2$ )  
 $t$  = selang waktu (s)

Bagaimana? Dapat diikuti? Ulangi lagi penalaran di atas agar Anda benar-benar memahaminya. Bila sudah, mari kita lanjutkan!

Bila dua persamaan GLBB di atas kita gabungkan, maka kita akan dapatkan persamaan GLBB yang ketiga (kali ini kita tidak lakukan penalarannya).  
 Persamaan ketiga GLBB dapat dituliskan:

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \quad \text{Persamaan kecepatan sebagai fungsi jarak}$$

Contoh:

1. Benda yang semula diam didorong sehingga bergerak dengan percepatan tetap  $3 \text{ m/s}^2$ .  
 Berapakah besar kecepatan benda itu setelah bergerak 5 s?

Penyelesaian:

Awalnya benda diam, jadi  $v_0 = 0$

$a = 3 \text{ m/s}^2$

$t = 5 \text{ s}$

Kecepatan benda setelah 5 s:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + a \cdot t \\ &= 0 + 3 \cdot 5 \\ &= 15 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Contoh:

## Modul Kinematika

2. Mobil yang semula bergerak lurus dengan kecepatan 5 m/s berubah menjadi 10 m/s dalam waktu 6 s. Bila mobil itu mengalami percepatan tetap, berapakah jarak yang ditempuh dalam selang waktu 4 s itu?

Penyelesaian:

$$v_0 = 5 \text{ m/s}$$

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

$$t = 4 \text{ s}$$

Untuk dapat menghitung jarak kita harus menggunakan persamaan kedua GLBB. Masalahnya kita belum mengetahui besar kecepatan a. Oleh karenanya terlebih dahulu kita cari percepatan mobil dengan menggunakan persamaan pertama GLBB.

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + a \cdot t \\ 10 &= 5 + a \cdot 4 \\ 10 - 5 &= 4 a \\ a &= 5/4 \\ &= 1,25 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Setelah dapat percepatan a, maka dapat dihitung jarak yang ditempuh mobil dalam waktu 4 s:

$$\begin{aligned} s &= v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\ &= 5 \times 4 + \frac{1}{2} \times 1,25 \times 4^2 \\ &= 20 + 10 \\ &= 30 \end{aligned}$$

Contoh:

3. Sebuah mobil yang melaju dengan kecepatan 72 km/jam mengalami pengereman sehingga mengalami perlambatan  $2 \text{ m/s}^2$ . Hitunglah jarak yang ditempuh mobil sejak pengereman sampai berhenti!

Penyelesaian:

Karena pada akhirnya mobil berhenti, berarti kecepatan akhir  $v_t = 0$ .

$$v_0 = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s (coba buktikan sendiri)}$$

$$a = -2 \text{ m/s}^2 \text{ (tanda negatif artinya perlambatan)}$$

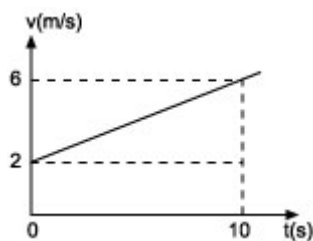
Kita gunakan persamaan ketiga GLBB:

$$\begin{aligned} v_t^2 &= v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \\ 0 &= 20^2 + 2 \cdot (-2) \cdot s \\ &= 400 - 4 s \\ s &= 400 / 4 \\ &= 100 \text{ meter} \end{aligned}$$

## Modul Kinematika

Contoh:

4. Benda yang bergerak lurus berubah beraturan diwakili oleh grafik  $v - t$  di bawah.



Tentukan:

- Percepatan rata-rata!
- Jarak yang ditempuh selama 10 s.

Penyelesaian:

Dari grafik di atas kita ketahui:

$$v_0 = 2 \text{ m/s}$$

$$v_t = 6 \text{ m/s}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

sehingga dapat kita hitung besar percepatan rata-rata benda:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$a = (6 - 2) / 10$$

$$a = 0,4 \text{ m/s}^2$$

Jarak yang ditempuh oleh benda dalam waktu 10 s dapat kita hitung dalam 2 cara.

Cara 1:

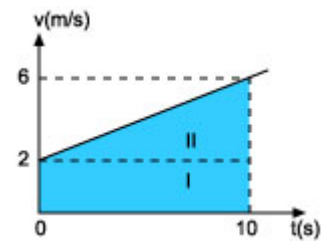
Kita gunakan persamaan kedua GLBB:

$$\begin{aligned} s &= v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2 \\ &= 2 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 10^2 \\ &= 20 + 20 \\ &= 40 \text{ meter} \end{aligned}$$

Cara 2:

Kita hitung luas di bawah kurva grafik  $v - t$ , yaitu luas daerah yang diarsir.

## Modul Kinematika



Tampak daerah tersebut merupakan bidang berbentuk trapesium. Hitunglah luas bidang tersebut. Bila Anda lupa cara menghitung luas trapesium tak perlu Anda kuatir. Sebab bila Anda perhatikan dengan lebih teliti, daerah yang diarsir pada grafik di atas sebenarnya terdiri dari 2 bidang, yaitu sebuah segiempat dan sebuah segitiga dengan panjang sisi-sisi yang diketahui.

$$\text{Luas bidang I} = 2 \times 10 = 20 \text{ m}$$

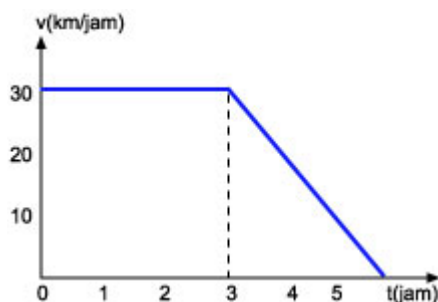
$$\text{Luas bidang II} = \frac{1}{2} \times 10 \times 4 = 20 \text{ m}$$

$$\text{Luas total} = 20 \text{ m} + 20 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

$$\text{Jarak yang ditempuh} = \text{luas total} = 40 \text{ meter}$$

Contoh:

- Mobil yang bergerak GLBB diwakili oleh grafik  $v - t$  seperti pada gambar di bawah.



Berapakah jarak total yang ditempuh oleh mobil itu?

Soal seperti ini agak berbeda dengan soal-soal sebelumnya. Oleh karenanya sebelum menjawab pertanyaan di atas, ada baiknya Anda perhatikan penjelasan berikut ini.

Dari grafik di atas tampak selama perjalanannya, mobil mengalami 2 macam gerakan. Tiga jam pertama (dari 0 - 3 pada sumbu  $t$ ) mobil bergerak dengan kecepatan tetap, yakni 30 km/jam. Ini berarti mobil menjalani gerak lurus beraturan (GLB). Dua jam berikutnya (dari 3 - 5 pada sumbu  $t$ ) gerak mobil diperlambat, mula-mula bergerak dengan kecepatan awal 30 km/jam lalu berhenti. Artinya mobil menjalani gerak lurus berubah beraturan diperlambat. Jarak total yang ditempuh mobil dapat dihitung dengan menggunakan 2 cara

## Modul Kinematika

sebagai berikut.

Cara 1:

Jarak yang ditempuh selama 3 jam pertama (GLB)

Diketahui:

$$v = 30 \text{ km/jam}$$

$$t = 3 \text{ jam}$$

$$s_1 = v \cdot t$$

$$s_1 = 30 \text{ km/jam} \times 3 \text{ jam}$$

$$s_1 = 90 \text{ km}$$

Jarak yang ditempuh selama 2 jam berikutnya (GLBB)

Diketahui:

$$v_0 = 30 \text{ km/jam}$$

$$v_t = 0$$

$$t = 2 \text{ jam}$$

Karena mobil yang semula bergerak kemudian berhenti, maka mobil mengalami percepatan negatif yang kita sebut perlambatan. Besar perlambatannya kita hitung dengan menggunakan persamaan GLBB pertama, yaitu:

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

$$0 = 30 + a \cdot 2$$

$$2a = -30$$

$$a = -30/2 = -15 \text{ km/jam}$$

Jarak yang ditempuh mobil selama 2 jam terakhir kita hitung dengan menggunakan persamaan GLBB kedua,

$$s_2 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$s_2 = 30 \cdot 2 + \frac{1}{2} (-15) \cdot 2^2$$

$$s_2 = 60 - 30$$

$$s_2 = 30 \text{ km}$$

Jarak total yang ditempuh mobil:

$$s = s_1 + s_2$$

$$s = 90 \text{ km} + 30 \text{ km}$$

$$s = 120 \text{ km}$$

Cara 2:

Jarak total yang ditempuh mobil dapat ditemukan dengan cara menghitung daerah di bawah kurva grafik. Bila Anda perhatikan grafik di atas berbentuk trapesium dengan tinggi 30 m/s dan panjang sisi-sisi sejajar 3 km dan 5 km. Nah, jarak total yang ditempuh mobil sama dengan luas trapesium itu. Jadi,

Jarak total = luas trapesium

$$= 30 \times (3 + 5) \times \frac{1}{2}$$

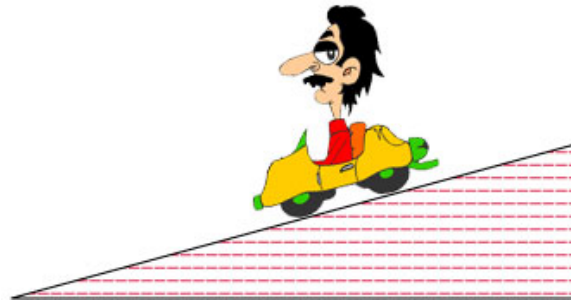
$$= 30 \times 8 \times \frac{1}{2}$$

$$= 120 \text{ km}$$

## Modul Kinematika

### 2. Mengukur Percepatan Benda

Untuk mengukur percepatan benda yang bergerak dapat kita gunakan ticker timer yang cara pemakaiannya sudah dijelaskan di depan. Misalkan kita ingin mengukur percepatan sebuah mobil mainan yang meluncur pada bidang miring seperti ditunjukkan Gambar 2.2.



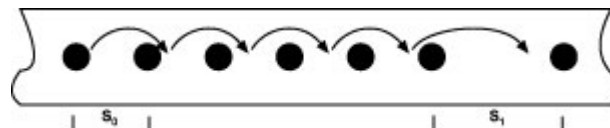
Gambar 2.2: Mobil mainan pada bidang miring

Setelah pita ketik kita hubungkan pada mobil mainan (tanpa baterai) dan mobil meluncur ke bawah, maka rekaman pada pita tiker akan tampak seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Pita ketik mobil mainan yang bergerak pada bidang miring.

Anda tentu masih ingat bahwa interval waktu antara dua dot terdekat adalah 0,02 s sehingga interval waktu untuk 10 dot berturut-turut adalah 0,2 s. Untuk mengukur percepatan mobil mainan, kita harus menentukan terlebih dahulu kecepatan awal dan kecepatan akhir mobil mainan untuk selang waktu tertentu. Misalkan saja selang waktu tersebut adalah selang waktu untuk menempuh 50 dot atau 5 x 10 dot berturut-turut sehingga lamanya waktu tersebut adalah  $\Delta t = 1$  s.



Gambar 2.4: Pita ketik mobil mainan untuk 50 dot berturut-turut.

Jarak  $S_0$  dan  $S_1$  pada Gambar 2.4 diukur menggunakan penggaris mm, kedua jarak ini ditempuh dalam selang yang sama, yakni 0,2 s (sama dengan waktu untuk 10 dot) sehingga kita dapatkan kecepatan awal  $V_0 = S_0 / t$  dan kecepatan

## Modul Kinematika

akhir  $v_1 = S_1 / t$ . Perubahan kecepatan ini terjadi setelah mobil mainan menempuh 50 dot berturut-turut atau  $\Delta t = 1$  s, sehingga percepatan mobil mainan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:  $a = (v_t - v_o) / \Delta t$

### C. Rangkuman

Modul ini berjudul Kinematika Gerak Lurus. Kinematika adalah cabang Fisika yang mempelajari gerak benda tanpa menghiraukan penyebabnya. Besaran-besaran penting pada Kinematika Gerak Lurus adalah jarak dan perpindahan, kelajuan dan kecepatan, serta perlajuan dan percepatan.

Di antara besaran-besaran tersebut, jarak, kelajuan dan perlajuan merupakan besaran skalar, sedangkan yang lainnya besaran vektor. Besaran-besaran kinematika ini berkaitan satu sama lain.

Gerak lurus pada modul ini, dibedakan atas gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Pada GLB benda bergerak dengan kecepatan tetap, sedangkan pada GLBB benda bergerak dengan percepatan tetap.

Percepatan diartikan sebagai perubahan kecepatan per satuan waktu. Bila perubahan kecepatan benda semakin melambat, percepatannya berharga negatif dan disebut perlambatan.

Gerak lurus baik GLB maupun GLBB dapat diwakili oleh grafik s-t dan grafik v-t. Dari grafik s-t, GLB kita dapat menentukan kecepatan rata-rata. Dari grafik v-t kita dapat menghitung jarak yang ditempuh benda dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva.

Gerak lurus berubah beraturan dibedakan menurut lintasannya, yaitu GLBB pada lintasan mendatar dan GLBB pada lintasan vertikal. Gerak pada lintasan vertikal terdiri dari gerak vertikal ke atas, jatuh bebas dan gerak vertikal ke bawah dengan kecepatan awal. Di bawah ini disarikan persamaan-persamaan yang kita bicarakan di atas.

Persamaan GLBB,

1. Pada lintasan datar.

$$\begin{aligned} v_t &= v_o + a \cdot t \\ s &= v_o \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\ v_t^2 &= v_o^2 + 2a \cdot s \end{aligned}$$

### D. Uji Kompetensi 2

Petunjuk:

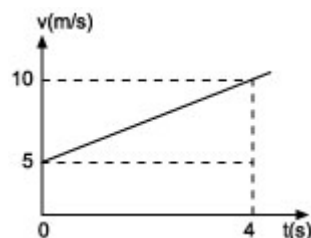
Kerjakan soal-soal di bawah ini tanpa menggunakan kalkulator atau alat bantu



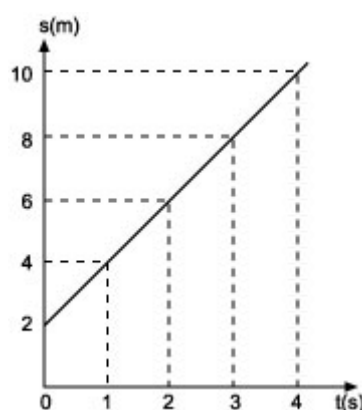
## Modul Kinematika

lainnya. Kerjakan secara berurutan mulai dari soal nomor 1 dan seterusnya. Jangan melompat-lompat. Selesaikan keseluruhan soal dalam waktu  $\pm 60$  menit. Setelah selesai dan Anda yakin akan jawaban Anda, cocokkanlah jawaban Anda dengan kunci jawaban tugas di akhir modul.

1. Tulislah pengertian gerak lurus berubah beraturan!
2. Tulislah 3 persamaan penting pada gerak lurus berubah beraturan!
3. Benda yang semula diam didorong sehingga bergerak dengan percepatan tetap  $2 \text{ m/s}^2$ . Berapakah besar kecepatan benda itu setelah 5 detik kemudian?
4. Gerak suatu benda dipercepat sehingga dalam waktu 4 s kecepatannya berubah dari 8 m/s menjadi 12 m/s. Berapakah jarak yang ditempuh benda selama 15 s itu?
5. Perhatikan grafik  $v - t$  untuk suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan di bawah.

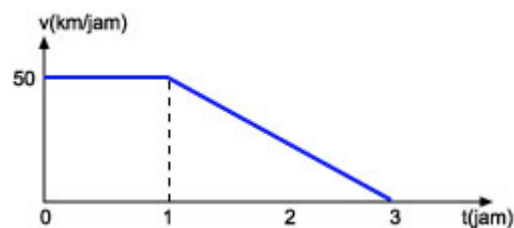


6. Berapakah besar percepatan rata-rata pada grafik di atas?
7. Berapakah jarak yang ditempuh oleh suatu benda yang bergerak selama 10 s, bila selama waktu tersebut kecepatannya berubah dari 2 m/s menjadi 20 m/s?
8. Perhatikan grafik sebuah benda yang bergerak lurus berubah beraturan di bawah ini lalu tentukan jarak yang ditempuh benda dalam waktu 4 s!



8. Sebuah benda bergerak lurus dengan percepatan tertentu seperti tampak pada grafik  $v - t$  di bawah.

## Modul Kinematika



- Apakah perbedaan gerak benda saat  $t = 0$  ke  $t = 1$  jam dan saat  $t = 1$  jam ke  $t = 3$  jam?
- Hitung jarak yang ditempuh benda dari  $t = 0$  ke  $t = 1$  jam!
- Hitung jarak yang ditempuh benda dari  $t = 1$  jam ke  $t = 3$  jam!
- Hitung jarak total yang ditempuh benda selama 3 jam dengan metode luas grafik!

### E. Kunci jawaban Uji Kompetensi 2

- Gerak pada lintasan lurus dengan percepatan tetap.
- Lihat uraian modul
- 10 m/s
- $s = 232,5$  m
- 1,25
- 110 m
- 24 m
- GLBB dipercepat dan GLBB diperlambat
  - 25 km
  - 50 km
  - 75 km (sama dengan luas segitiga dengan tinggi 50 dan alas 3)

### F. Kegiatan Laboratorium

Cobalah Anda lakukan eksperimen untuk menentukan besar percepatan rata-rata suatu benda menggunakan ticker timer seperti uraian di atas. Mintalah bantuan Guru Bina agar Anda dapat melakukan hal tersebut di Sekolah Induk.

## Modul Kinematika

### IV. KEGIATAN BELAJAR 3

#### GERAK VERTIKAL

##### A. Tujuan Pembelajaran

Pada akhir kegiatan, diharapkan Anda dapat menghitung:

1. besar kecepatan benda jatuh bebas pada saat berada di ketinggian tertentu dari tanah.
2. waktu yang dibutuhkan oleh benda jatuh bebas untuk sampai ke tanah
3. kecepatan benda yang dilemparkan vertikal ke atas pada saat berada di ketinggian tertentu
4. tinggi maksimum yang dicapai oleh benda yang dilemparkan vertikal ke atas.
5. kecepatan benda saat tiba di tanah setelah dilemparkan ke bawah dari ketinggian tertentu
6. waktu yang dibutuhkan benda untuk sampai di tanah setelah dilemparkan dari ketinggian tertentu

##### B. Uraian Materi

##### 1. Gerak Vertikal ke Bawah

Berbeda dengan jatuh bebas, gerak vertikal ke bawah yang dimaksudkan adalah gerak benda-benda yang dilemparkan vertikal ke bawah dengan kecepatan awal tertentu. Jadi seperti gerak vertikal ke atas hanya saja arahnya ke bawah. Sehingga persamaan-persamaannya sama dengan persamaan-persamaan pada gerak vertikal ke atas, kecuali tanda negatif pada persamaan-persamaan gerak vertikal ke atas diganti dengan tanda positif. Sebab gerak vertikal ke bawah adalah GLBB yang dipercepat dengan percepatan yang sama untuk setiap benda yakni  $g$ .

Jadi,

- |              |                                   |
|--------------|-----------------------------------|
| 1. kecepatan | : $v_t = v_o + g.t$               |
| 2. tinggi    | : $h = v_o.t + \frac{1}{2} g.t^2$ |
| 3. kecepatan | : $v_t^2 = v_o^2 + 2.g.h$         |

Persamaan gerak vertikal ke bawah

Contoh:

5. Sebuah bola dilemparkan vertikal dengan kecepatan 10 m/s dari atas bangunan bertingkat ( $g = 10$  ). Bila tinggi bangunan itu 40 m, hitunglah:
  - a. kecepatan benda 1,5 s setelah dilemparkan.
  - b. Waktu untuk mencapai tanah.

## Modul Kinematika

c. Kecepatan benda saat sampai di tanah.

Penyelesaian:

a. Kecepatan benda 1,5 s setelah dilemparkan:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + g \cdot t \\ &= 10 + 10 \cdot 1,5 \\ &= 10 + 15 \\ &= 25 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b. Waktu untuk mencapai tanah:

$$\begin{aligned} h &= v_0 \cdot t + \frac{1}{2} g t^2 \\ 40 &= 10 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \\ &= 10t + 5t^2 \end{aligned}$$

Bila ruas kiri dan kanan sama-sama kita bagi 5, maka:

$$8 = 2t + t^2$$

atau,

$$t^2 + 2t - 8 = 0$$

$$(t + 4)(t - 2) = 0$$

$$t_1 = -4$$

$$t_2 = +2$$

Kita ambil  $t = t_2 = 2 \text{ s}$  (sebab ada waktu berharga negatif). Jadi waktu untuk mencapai tanah = 2 sekon.

c. Kecepatan benda sampai di tanah:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + g \cdot t \\ &= 10 + 10 \cdot 2 \\ &= 30 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dapat juga dengan cara lain,

$$\begin{aligned} v_t^2 &= v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h \\ &= 10^2 + 2 \cdot 10 \cdot 40 \\ &= 100 + 800 \\ &= 900 \\ v_t &= 30 \text{ m/s} \end{aligned}$$

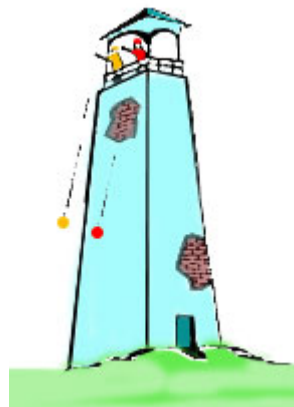
Bila Anda berkesimpulan bahwa gerak vertikal ke bawah ini sama dengan gerak GLBB pada arah mendatar, Anda benar. Beda antara keduanya adalah bahwa pada gerak vertikal ke bawah benda selalu dipercepat, sedangkan gerak GLBB pada arah mendatar dapat pula diperlambat. Selain itu pada gerak vertikal ke bawah besar percepatan selalu sama dengan percepatan gravitasi  $g$ . Sedangkan percepatan pada GLBB arah mendatar dapat berharga berapa saja.

## 2. Jatuh Bebas

## Modul Kinematika

Bila dua batu yang berbeda beratnya dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian yang sama dalam waktu yang sama, batu manakah yang sampai di tanah duluan?

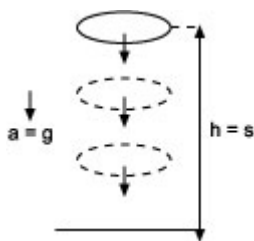
Peristiwa di atas dalam Fisika disebut sebagai jatuh bebas, yakni gerak lurus berubah beraturan pada lintasan vertikal. Ciri khasnya adalah benda jatuh tanpa kecepatan awal ( $v_0 = 0$ ). Semakin ke bawah gerak benda semakin cepat.



Gambar 3.1: Dua batu yang dijatuhkan dari ketinggian yang sama dan dalam waktu yang sama.

Percepatan yang dialami oleh setiap benda jatuh bebas selalu sama, yakni sama dengan percepatan gravitasi bumi (tentang percepatan gravitasi bumi akan Anda pelajari pada modul ke 3).

Pada modul ini, cukup Anda ketahui bahwa percepatan gravitasi bumi itu besarnya  $g = 9,8$  dan sering dibulatkan menjadi 10.



Gambar 3.2.

Benda jatuh bebas mengalami percepatan yang besarnya sama dengan percepatan gravitasi.

Pada jatuh bebas ketiga persamaan GLBB dipercepat yang kita bicarakan pada kegiatan sebelumnya tetap berlaku, hanya saja  $v_0$  kita hilangkan dari persamaan karena harganya nol dan lambang  $s$  pada persamaan-persamaan tersebut kita ganti dengan  $h$  yang menyatakan ketinggian dan  $a$  kita ganti dengan  $g$ .

Jadi, ketiga persamaan itu sekarang adalah:

## Modul Kinematika

$$\begin{array}{l} 1. \quad v_t = g \cdot t \\ 2. \quad h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\ 3. \quad v_t = \sqrt{2gh} \end{array}$$

Persamaan-persamaan jatuh bebas

Keterangan:

$g$  = percepatan gravitasi ( )

$h$  = ketinggian benda (m)

$t$  = waktu (s)

$v_t$  = kecepatan pada saat  $t$  (m/s)

Perhatikan persamaan jatuh bebas yang kedua.

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Bila ruas kiri dan kanan sama-sama kita kalikan dengan 2, kita dapatkan:

$$2h = g \cdot t^2$$

atau

$$t^2 = \frac{2h}{g}$$

sehingga,

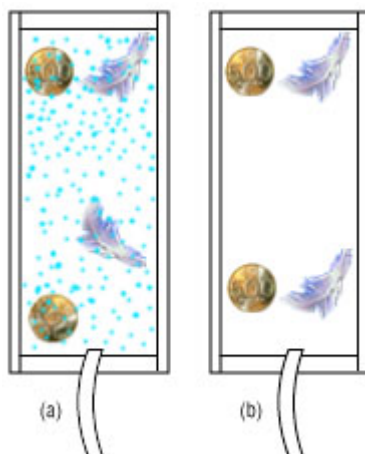
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Persamaan waktu jatuh benda jatuh bebas

Dari persamaan waktu jatuh, terlihat bahwa waktu jatuh benda bebas hanya dipengaruhi oleh dua faktor yaitu  $h$  = ketinggian dan  $g$  = percepatan gravitasi bumi. Jadi berat dari besaran-besaran lain tidak mempengaruhi waktu jatuh. Artinya meskipun berbeda beratnya, dua benda yang jatuh dari ketinggian yang sama di tempat yang sama akan jatuh dalam waktu yang bersamaan.

Dalam kehidupan kita sehari-hari mungkin kejadiannya lain. Benda yang berbeda beratnya, akan jatuh dalam waktu yang tidak bersamaan. Hal ini dapat terjadi karena adanya gesekan udara. Percobaan di dalam tabung hampa udara membuktikan bahwa sehelai bulu ayam dan satu buah koin jatuh dalam waktu bersamaan.

## Modul Kinematika



Gambar 3.3: Bulu ayam dan koin di tabung hampa udara.

Contoh:

1. Dari salah satu bagian gedung yang tingginya 20 m, dua buah batu dijatuhkan secara berurutan. Massa kedua batu masing-masing 1/2 kg dan 5 kg. Bila percepatan gravitasi bumi di tempat itu  $g = 10$ , tentukan waktu jatuh untuk kedua batu itu (Abaikan gesekan udara)

Penyelesaian:

Karena gesekan udara diabaikan (umumnya memang demikian), maka gerak kedua batu memenuhi persamaan waktu jatuh gerak jatuh bebas.

Untuk batu pertama,

$$h_1 = h_2 = 20 \text{ m,}$$

$$m_1 = 0,5 \text{ kg}$$

$$m_2 = 5 \text{ kg}$$

$$g = 10$$

$$t_1 = ? \text{ dan } t_2 = ?$$

## Modul Kinematika

$$\begin{aligned}t_1 &= \sqrt{\frac{2h_1}{g}} \\&= \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} \\&= \sqrt{4} \\&= 2 \text{ sekon}\end{aligned}$$

Untuk batu kedua,

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

$h_1 = h_2 = 20\text{m}$ , sehingga  $t_2 = t_1 = 2 \text{ sekon}$

Jadi, benda-benda yang jatuh bebas dari ketinggian yang sama di tempat yang sama (= percepatan gravitasinya sama) akan jatuh dalam waktu yang sama.

### Kegiatan Laboratorium

Cobalah Anda lakukan eksperimen bersama teman Anda. Carilah sebuah tempat di lingkungan Anda di mana Anda dapat menjatuhkan benda dengan leluasa. Semakin tinggi tempat itu dari tanah, akan semakin baik, misalnya sebuah menara. Suruh teman Anda menunggu di bawah menara. Sementara Anda di atas menara itu. Setelah teman Anda siap, jatuhkanlah sebuah benda (misalnya bola) ke bawah menara. Suruh teman Anda mencatat waktu jatuh benda dengan menggunakan stopwatch atau jam tangan digital.



## Modul Kinematika



Gambar 3.4:  
Membandingkan waktu jatuh  
berbagai benda.

Lakukan hal itu berulang-ulang dan untuk berbagai benda yang berbeda. Bandingkan waktu jatuh berbagai benda itu. Apakah berbeda?

Bila Anda lakukan percobaan ini dengan cermat, Anda pilih benda-benda yang pejal dan bulat (bukan papan, apalagi kertas), akan Anda dapatkan bahwa waktu jatuh semua benda itu akan sama.

Contoh:

2. Seekor monyet menjatuhkan buah durian dari pohonnya ( $g = 10$  ). Dari ketinggian berapa buah itu dijatuhkan bila dalam 1,5 s buah itu sampai di tanah? Berapa kecepatan durian itu, 1 s sejak dijatuhkan?



Gambar 3.5: Buah durian mengalami jatuh bebas.

Penyelesaian:

Kita gunakan persamaan kedua jatuh bebas untuk menghitung ketinggian. Jadi,

## Modul Kinematika

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \cdot 10 (1,5) \\ &= 5 (2,25) \\ &= 11,25 \text{ meter} \end{aligned}$$

Kita gunakan persamaan pertama untuk menghitung kecepatan. Jadi,

$$\begin{aligned} v_t &= g \cdot t \\ &= 10 \cdot 1 \\ &= 10 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Contoh:

3. Berapakah kecepatan sebuah benda saat jatuh bebas dari ketinggian 5 m saat tepat tiba di tanah (anggap  $g = 10$  )?

Penyelesaian:

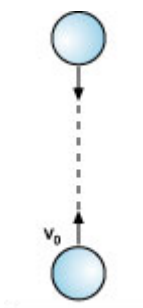
Kita gunakan persamaan ketiga jatuh bebas.

$$\begin{aligned} v_t &= 2 \cdot g \cdot h \\ &= 2 \cdot 10 \cdot 5 \\ &= 100 \\ v_t &= 10 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dengan beberapa contoh soal dan uraian singkat di atas, mudah-mudahan Anda dapat memahami peristiwa jatuh bebas. Ingatlah ketiga persamaan jatuh bebas di atas. Meskipun sederhana, persamaan ini sangat penting. Kelak di modul-modul berikut Anda pasti menggunakan persamaan-persamaan itu lagi.

### 3. Gerak Vertikal ke Atas

Lemparkan bola vertikal ke atas, amati gerakannya. Bagaimana kecepatan bola dari waktu ke waktu!



Gambar 3.6:

Bola dilemparkan vertikal ke atas.

Selama bola bergerak vertikal ke atas, gerakan bola melawan gaya gravitasi yang menariknya ke bumi. Akhirnya bola bergerak diperlambat. Akhirnya setelah mencapai ketinggian tertentu yang disebut tinggi maksimum, bola tak dapat naik lagi. Pada saat ini kecepatan bola nol. Oleh karena tarikan gaya gravitasi bumi tak pernah berhenti bekerja pada bola, menyebabkan bola bergerak turun. Pada saat ini bola mengalami jatuh bebas, bergerak turun dipercepat.

## Modul Kinematika

Jadi bola mengalami dua fase gerakan. Saat bergerak ke atas bola bergerak GLBB diperlambat ( $a = g$ ) dengan kecepatan awal tertentu lalu setelah mencapai tinggi maksimum bola jatuh bebas yang merupakan GLBB dipercepat dengan kecepatan awal nol. Dalam hal ini berlaku persamaan-persamaan GLBB yang telah kita pelajari pada kegiatan lalu.

Pada saat benda bergerak naik berlaku persamaan:

$$1. \text{ kecepatan} : v_t = v_o - g.t$$

$$2. \text{ tinggi} : h = v_o.t - \frac{1}{2} g.t^2$$

$$3. \text{ kecepatan} : v_t^2 = v_o^2 - 2.g.h$$

Persamaan gerak vertikal ke atas

$v_o$  = kecepatan awal (m/s)

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

$t$  = waktu (s)

$v_t$  = kecepatan akhir (m/s)

$h$  = ketinggian (m)

Sedangkan pada saat jatuh bebas berlaku persamaan-persamaan gerak jatuh bebas yang sudah kita pelajari pada kegiatan lalu.

Contoh:

1. Sebuah bola dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 20 m/s ( $g = 10$ ).

Hitunglah:

- a. waktu yang dibutuhkan bola untuk sampai ke titik tertinggi.
- b. tinggi maksimum yang dicapai bola.
- c. waktu total bola berada di udara.

Penyelesaian:

- a. Bola mencapai titik tertinggi pada saat  $v_t = 0$ .

Selanjutnya kita gunakan persamaan pertama gerak vertikal ke atas,

$$v_t = v_o - g.t$$

$$0 = 20 - 10.t$$

$$10.t = 20$$

$$t = 20/10$$

$$= 2 \text{ sekon}$$

## Modul Kinematika

- b. Tinggi maksimum bola,

$$\begin{aligned} h &= v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \\ &= 20 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2 \\ &= 40 - 20 \\ &= 20 \text{ meter} \end{aligned}$$

- c. Waktu total di sini maksudnya waktu yang dibutuhkan oleh bola sejak dilemparkan ke atas sampai jatuh kembali ke tanah. Terdiri dari waktu mencapai tinggi maksimum (jawaban pertanyaan a) dan waktu untuk jatuh bebas yang akan kita hitung sekarang.

tinggi maksimum = 20 m , jadi :

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} \\ &= \sqrt{4} \\ &= 2 \text{ sekon} \end{aligned}$$

Jadi waktu total benda yang bergerak vertikal ke atas lalu jatuh kembali adalah 4 s, sama dengan dua kali waktu mencapai tinggi maksimum. Bagaimana? Cukup jelas, bukan?

Contoh:

2. Berapa tinggi maksimum yang dicapai oleh benda yang dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 5 m/s? Anggap percepatan gravitasi bumi  $g = 10$  !

Penyelesaian:

Diketahui  $v_0 = 5 \text{ m/s}$  dan  $g = 10$  . Apa hanya ini data yang kita miliki untuk menghitung tinggi maksimum?

Masih ada satu lagi yakni  $v_t = 0$ . Mengapa?

Ya benar! Pada tinggi maksimum kecepatan = nol.

Jadi:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 - 2 \cdot g \cdot h \\ 0 &= 5 - 2 \cdot 10 \cdot h \\ 20 \cdot h &= 25 \\ h &= 1,25 \text{ meter} \end{aligned}$$

## Modul Kinematika

Tidak terlalu tinggi bukan? Untuk mencapai ketinggian yang lebih besar kecepatan awal harus diperbesar, perhatikan contoh berikut.

Contoh:

3. Berapa kecepatan awal minimum yang dibutuhkan oleh sebuah roket agar dapat mencapai ketinggian 200 m?



Gambar 3.7:

Roket yang akan meluncur membutuhkan kecepatan awal yang besar

Penyelesaian:

Sama dengan cara yang kita gunakan pada contoh 2,

$$\begin{aligned}v_t &= v_o - 2 \cdot g \cdot h \\0 &= v_o - 2 \cdot 10 \cdot 200 \\v_o &= 40000 \\v_o &= 200 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Jadi, agar dapat mencapai ketinggian 200 m minimal, roket harus memiliki kecepatan awal sekurang-kurangnya 200 m/s.

Coba Anda hitung berapa kecepatan awal minimum yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian 300 m, 400 m, 500 m?

Apakah berat benda tidak mempengaruhi besarnya kecepatan awal ini? Jawabnya tidak! Sebab seperti yang Anda lihat pada persamaan di atas, faktor berat tidak memberi pengaruh apa-apa untuk mencapai suatu ketinggian tertentu. Faktor yang berpengaruh dalam peristiwa ini hanyalah besar percepatan gravitasi  $g$ .

Contoh:

## Modul Kinematika

4. Sebuah bola dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 50 m/s, berapa kecepatannya 1,5 s kemudian? Apakah bola masih meluncur ke atas pada saat 4 s setelah dilemparkan?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 - g \cdot t \\ &= 50 - 10 \cdot 1,5 \\ &= 50 - 15 \\ &= 35 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Karena  $v_t > 0$  dan berharga positif, maka dapat disimpulkan bola masih bergerak ke atas. Lain halnya bila  $v_t$  berharga negatif yang berarti bola sudah dalam keadaan turun ke bawah.

Contoh-contoh di atas mudah-mudahan membuat Anda memahami benar persoalan gerak vertikal ke atas. Bila belum, pelajari sekali lagi uraian di atas beserta contoh-contoh soal yang diberikan. Bila Anda sudah memahaminya, marilah kita lanjutkan pelajaran kita!

Sejauh ini menyangkut gerak vertikal, telah kita pelajari gerak jatuh bebas dan gerak vertikal ke atas. Jenis lain gerak vertikal yang harus kita pelajari adalah gerak vertikal ke bawah.

### C. Rangkuman

Modul ini berjudul Kinematika Gerak Lurus. Kinematika adalah cabang Fisika yang mempelajari gerak benda tanpa menghiraukan penyebabnya. Besaran-besaran penting pada Kinematika Gerak Lurus adalah jarak dan perpindahan, kelajuan dan kecepatan, serta perlajuan dan percepatan.

Di antara besaran-besaran tersebut, jarak, kelajuan dan perlajuan merupakan besaran skalar, sedangkan yang lainnya besaran vektor. Besaran-besaran kinematika ini berkaitan satu sama lain.

Gerak lurus berubah beraturan dibedakan menurut lintasannya, yaitu GLBB pada lintasan mendatar dan GLBB pada lintasan vertikal. Gerak pada lintasan vertikal terdiri dari gerak vertikal ke atas, jatuh bebas dan gerak vertikal ke bawah dengan kecepatan awal. Di bawah ini disajikan persamaan-persamaan yang kita bicarakan di atas.

Pada lintasan vertikal

- a. Gerak vertikal ke atas
  1.  $v_t = v_0 - g \cdot t$
  2.  $h = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$
  3.  $v_t^2 = v_0^2 - 2g \cdot h$

## Modul Kinematika

- b. Jatuh bebas
1.  $v_t = g \cdot t$
  2.  $h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
  3.  $v_t^2 = 2g \cdot h$
  4.  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
- c. Gerak vertikal ke bawah
1.  $v_t = v_o + g \cdot t$
  2.  $h = v_o \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$
  3.  $v_t^2 = v_o^2 + 2g \cdot h$

### D. Uji Kompetensi 3

Petunjuk:

Kerjakan soal-soal di bawah ini dalam waktu + 30 menit. Aturan-aturan yang ada pada petunjuk tugas-tugas sebelumnya tetap berlaku.

1. Tulislah 2 faktor yang mempengaruhi waktu jatuh benda jatuh bebas!
2. Sebuah bola jatuh bebas dari ketinggian 50 m di atas tanah. Hitung besar kecepatannya 1 sekon setelah dijatuhkan! ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
3. Seorang penerjun jatuh bebas dari ketinggian 200 m. Hitung kecepatannya pada saat posisinya 175 m dari tanah!
4. Tuti menjatuhkan kerikil ke dalam sumur yang dalamnya 20 m ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Berapakah waktu yang diperlukan kerikil itu untuk sampai di permukaan air sumur?
5. Sebuah bola yang dijatuhkan dari atas menara sampai ke tanah dengan kecepatan 30 m/s ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Berapa lama bola di udara?
6. Sebuah bola dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 10 m/s ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Tentukan tinggi maksimum bola!
7. Peluru ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 150 m/s. Hitung kecepatannya setelah meluncur 5 s!
8. Sebuah bola dilemparkan vertikal ke bawah dengan kecepatan awal 10 m/s dari ketinggian 15 m dari tanah ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Hitung kecepatan bola saat tiba di tanah!
9. Sebuah bola dilemparkan vertikal ke bawah dengan kecepatan 5 m/s dari ketinggian 30 m di atas tanah ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Berapa waktu yang dibutuhkan bola

## Modul Kinematika

itu untuk sampai di tanah?

### E. Kunci jawaban uji Kompetensi 3

#### Kegiatan 3

1. Percepatan gravitasi ( $g$ ) dan ketinggian ( $h$ )
2. 10 m/s
3. 50 m/s
4. 2 s
5. 3 s
6. 5 m
7. 100 m/s
8. 20 m/s
9. 2 s (gunakan cara memfaktorkan)

### V. EVALUASI

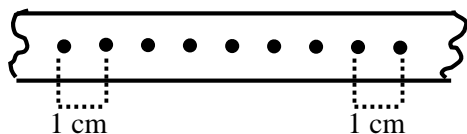
Pilihlah jawaban yang paling benar dengan memberi tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d atau e

1. Seorang anak berlari pada lintasan yang berbentuk lingkaran. Apabila jari-jari lingkaran 14 m, dan anak tersebut berlaris setiap putaran ( $\pi = \frac{22}{7}$ ) maka

perpindahan yang dilakukan oleh anak tersebut adalah ....

- a. 125 m
- b. 88 m
- c. 44 m
- d. 28 m
- e. 14 m

2.



Gambar di atas merupakan potongan rekaman gerak dari kereta dinamik oleh tiker timer. Pada pita rekaman (jarak antara 2 titik yang berurutan sama) maka kelajuannya adalah ....

- a. 50 m/s
- b. 25 m/s
- c. 10 m/s
- d. 5 m/s
- e. 0,5 m/s

3. Seorang pelari berlari pada lintasan lurus dari A ke B yang panjangnya 100 m ditempuh dalam waktu 10 s kemudian berbalik arah semula dan berhenti dititik C, dengan jarak BC 80 m ditempuh selama 10 s. Maka kecepatan rata-rata pelari tersebut adalah ....

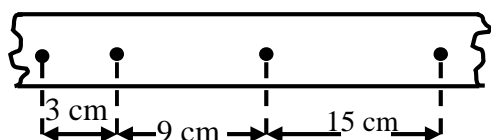
- a. 19 m/s
- b. 10 m/s
- c. 8 m/s
- d. 1 m/s
- e. 0,1 m/s



## Modul Kinematika

4. Seorang pelari berangkat dari A berlari mengelilingi 1 lap yang berupa lingkaran dengan jari-jari 14 m, dan diperlukan waktu 10 s, ( $\pi = \frac{22}{7}$ ), maka laju rata-rata dan kecepatan rata-rata pelari adalah ....
- 0 m/s dan 8,8 m/s
  - 8,8 m/s dan 0 m/s
  - 8,8 m/s dan 8,8 m/s
  - 0 m/s dan 0 m/s
  - 17,6 m/s dan 0 m/s
5. sebuah mobil melaju dengan kecepatan awal  $4 \text{ ms}^{-1}$  kemudian dipercepat dengan percepatan  $2 \text{ ms}^{-2}$  selama 2 detik berapakah kecepatan mobil saat itu
- 4 m/s
  - 6 m/s
  - 8 m/s
  - 10 m/s
  - 12 m/s

6.



Gambar di atas menunjukkan rekaman dari gerak kereta dinamik (troli) yang dipercepat. Jarak dua titik yang berurutan ditempuh tiap interval waktu  $\frac{1}{2}$  s. Dari data tersebut maka percepatan tetap dialami oleh kereta dinamik adalah ....

- 6  $\text{cm/s}^2$
  - 9  $\text{cm/s}^2$
  - 12  $\text{cm/s}^2$
  - 15  $\text{cm/s}^2$
  - 24  $\text{cm/s}^2$
7. Mobil dan truk berjalan pada jalan yang lurus dengan arah yang berlawanan pada saat mobil dan truk terpisah sejauh 50 m dan bergerak lurus beraturan. Apabila kecepatan mobil 20 m/s sedangkan kecepatan truk 15 m/s, maka waktu yang diperlukan mobil tepat menyusul truk dihitung dari saat mobil di A adalah ....
- 2,5 s
  - $3 \frac{1}{3}$  s
  - 4 s
  - 5 s
  - 10 s
8. Sebuah mobil A1 bergerak dari keadaan diam dan mencapai kecepatan 90 km/jam dalam waktu 10 s, maka percepatan rata-rata mobil tersebut adalah ....
- $9 \text{ m/s}^2$
  - $7,5 \text{ m/s}^2$
  - $5 \text{ m/s}^2$
  - $2,5 \text{ m/s}^2$
  - $0,2 \text{ m/s}^2$
9. Seorang pemain ski meluncur ke bawah dari keadaan diam dipercepat  $2 \text{ m/s}^2$  maka jarak yang ditempuh pada saat 5 s adalah ....
- 20 m
  - 25 m
  - 30 m
  - 35 m
  - 40 m
10. Sebuah mobil melaju di jalan raya dengan kecepatan 54 km/jam, ketika lampu merah menyala di suatu persimpangan, pengendara menginjak rem, jika waktu reaksi pengendara dari saat melihat hingga menginjak rem adalah 0,6 s. Setelah

## Modul Kinematika

mobil direm, mobil mengalami perlambatan sebesar  $7,5 \text{ m/s}^2$  maka jarak yang ditempuh mobil dari saat pengendara melihat lampu merah hingga mobil berhenti adalah ....

- a. 9 m
- b. 15 m
- c. 20 m
- d. 24 m
- e. 80 m

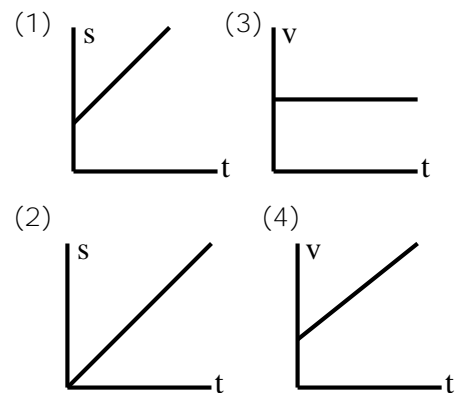
11. Sebuah mobil sedang menunggu lampu merah berubah ketika lampu berubah menjadi hijau mobil bergerak dengan percepatan tetap  $3 \text{ m/s}^2$  selama 4 s dan kemudian bergerak dengan kecepatan konstan pada saat mobil dengan yang sama dan bergerak dengan kecepatan tetap sebesar  $10 \text{ m/s}$ , maka lama waktu mobil dan truk itu bertemu dari saat lampu menjadi hijau adalah ....

- a. 24 s
- b. 16 s
- c. 12 s
- d. 8 s
- e. 6 s

12. Benda bergerak dengan kecepatan tetap, maka yang benar ....

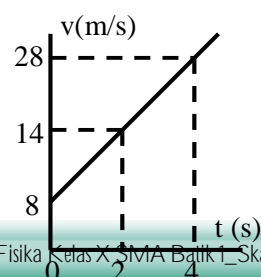
- (1) lintasannya berupa garis lurus
- (2) percepatannya nol
- (3) lajunya tetap
- (4) gerakanya, gerak lurus beraturan
- a. 1, 2, 3
- b. 1, 3
- c. 2, 4
- d. 4 saja
- e. 1, 2, 3 dan 4

13. Grafik gerak lurus beraturan di bawah ini yang benar ....



- a. 1, 2, 3
- b. 1, 3
- c. 2, 4
- d. 4 saja
- e. 1, 2, 3 dan 4

14.

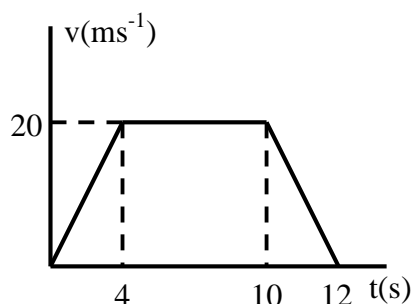


## Modul Kinematika

Pernyataan yang benar dari grafik gerak lurus berubah beraturan diatas tersebut adalah ....

1. Kecepatan awal benda  $8 \text{ ms}^{-1}$
  2. Kecepatan pada sekon ke-3  $17 \text{ ms}^{-1}$
  3. Perpindahan s.d. sekon ke-2  $22 \text{ m}$
  4. Perpindahan s.d. sekon ke 4 adalah  $112 \text{ m}$
- a. 1, 2, 3      d. 4 saja  
b. 1, 3              e. 1, 2, 3 dan 4  
c. 2, 4
15. Sebuah benda bergerak dengan kecepatan awal  $V_0 = 20 \text{ ms}^{-1}$  mengalami perlambatan dan berhenti setelah menempuh jarak  $100 \text{ m}$ . Berapa kecepatan benda itu pada sekon ke-3 ?
- a.  $6 \text{ ms}^{-1}$       d.  $12 \text{ ms}^{-1}$   
b.  $8 \text{ ms}^{-1}$       e.  $15 \text{ ms}^{-1}$   
c.  $9 \text{ ms}^{-1}$
16. Sebuah benda bergerak dengan kecepatan awal  $15 \text{ ms}^{-1}$  diperlambat dengan perlambatan tetap  $3 \text{ ms}^{-1}$ . Kecepatan benda itu ketika perpindahannya  $31,5 \text{ m}$  adalah ....  $\text{ms}^{-1}$ .
- a. 3              d. 7,5  
b. 4,5              e. 9  
c. 6
17. Sebuah pesawat terbang dari keadaan diam dipacu dengan percepatana  $= 100 \text{ ms}^{-2}$  sehingga lepas landas dengan kecepatan  $V = 600 \text{ m/s}$ . Berapa panjang landasan pacu minimal ....  $\text{m}$ ?
- a. 900              d. 2000  
b. 1200              e. 2400  
c. 1800
18. Dua buah benda A dan B yang bermassa masing-masing  $m$ , jatuh bebas dari ketinggian  $h$  meter dan  $2,25 h$  meter. Jika A menyentuh tanah dengan kecepatan  $v \text{ m/s}$  maka benda B menyentuh tanah dengan energi kinetik sebesar ....
- a.  $\frac{1}{2} v$               d.  $v$   
b.  $\frac{1}{2} v$               e.  $\frac{3}{2} v$   
c.  $\frac{3}{4} v$

19.

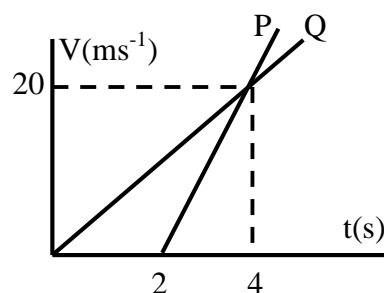


## Modul Kinematika

Sebuah mobil bergerak lurus dengan grafik kecepatan terhadap waktu seperti gambar. Pada interval waktu antara 10 sekon hingga 12 sekon, mobil bergerak ....

- lurus diperlambat dengan perlambatan  $10 \text{ ms}^{-2}$
- lurus dipercepat dengan percepatan  $10 \text{ ms}^{-2}$
- lurus dipercepat dengan percepatan  $5 \text{ ms}^{-2}$
- lurus diperlambat dengan perlambatan  $5 \text{ ms}^{-2}$
- lurus beraturan dengan kecepatan tetap sebesar  $10 \text{ ms}^{-2}$

20.



Grafik di atas melukiskan hubungan antara kecepatan dan waktu gerak benda P dan Q. Jika kedua benda berangkat dari tempat yang sama, maka:

P dan Q bertemu ketika P telah bergerak  $(2 + 2 \dots 2) \text{ s}$

P dan Q bertemu pada kecepatan sama =  $16 \text{ ms}^{-1}$

Percepatan P  $8 \text{ ms}^{-2}$

P dan Q bertemu pada jarak 16 m

Yang benar ....

- 1, 2, 3
- 1, 3
- 2, 4
- 4
- 1, 2, 3, 4

21. Sebuah benda bergerak pada sumbu x dengan persamaan  $x = 2t^2 + 10t + 20$ , x dalam meter, t dalam sekon. Pernyataan berikut berkaitan dengan pernyataan tersebut :

- gerak benda menurut sumbu x positif
- kecepatan awal  $2 \text{ ms}^{-1}$
- posisi awal pada  $x = 20 \text{ m}$
- percepatan benda  $a = 10 \text{ ms}^{-2}$

yang benar ....

- 1, 2, 3
- 1, 3
- 2, 4
- 4
- 1, 2, 3, 4

22. Seekor rusa yang massanya 40 kg berjalan dari ujung A ke ujung B dengan kecepatan tetap =  $2 \text{ ms}^{-1}$  pada papan yang bermassa 20 kg, sehingga papan bergerak dengan kecepatan  $4 \text{ ms}^{-1}$  berlawanan dengan arah gerak anak. Jika panjang papan AB = 60 m, berapa perpindahan rusa, ketika ia mencapai ujung B?

- 20 m
- 30 m
- 40 m
- 50 m
- 60 m

23. Sebuah kereta api meluncur menjauhi stasiun kereta api dengan kecepatan  $72 \text{ km jam}^{-1}$ . Seorang anak berjalan searah kereta api tersebut dengan kecepatan tetap  $5 \text{ ms}^{-1}$ . Kecepatan anak terhadap stasiun kereta api ....  $\text{ms}^{-1}$ .

## Modul Kinematika

- a. 15
- b. 20
- c. 25
- d. 40
- e. 77

24. Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian  $h = 19,2$  m di tempat yang percepatan gravitasinya  $9,8 \text{ ms}^{-2}$ . Benda menyentuh tanah setelah bergerak selama ... sekon.

- a. 2
- b. 1,5
- c. 1
- d. 0,5
- e. 0,25

25. Sebuah benda ditembakkan vertikal naik dengan kecepatan awal  $40 \text{ ms}^{-1}$  di tempat yang percepatan gravitasinya  $= 10 \text{ m.s}^{-2}$ , maka :

1. tinggi maksimum yang dicapai 80 m
2. mencapai pelempar lagi setelah 8 sekon
3. ketika ketinggiannya 35 m kecepatannya  $30 \text{ ms}^{-1}$
4. ketika benda sudah bergerak 6 sekon gerakanya ke bawah

yang benar :

- a. 1, 2, 3
- b. 1, 3
- c. 2, 4
- d. 4
- e. 1, 2, 3, 4

### B. ESSAY

Jawablah dengan singkat dan tepat!

1. Dua buah bus melaju di jalan raya yang satu ke arah barat sedangkan yang lain ke utara, laju kedua bus sama yaitu  $30 \text{ m/s}$  Apakah kecepatan kedua bus itu sama? Jelaskan!
2. Sebuah elektron bergerak dengan kecepatan  $4 \cdot 10^6 \text{ cm/s}$ , memasuki medan listrik yang memberikan percepatan pada elektron  $10^{12} \text{ cm/s}^2$  dengan arah yang sama dengan arah kecepatan awal. Berapakah waktu yang diperlukan agar kecepatan elektron dua kali kecepatan awalnya? Berapakah jarak yang ditempuh elektron dalam waktu tersebut?
3. Pancaran ion mempunyai kecepatan  $2 \cdot 10^6 \text{ cm/s}$ . Ketika ion tersebut memasuki medan listrik, ion tersebut mengalami percepatan yang searah dengan arah kecepatannya. Apabila waktu yang diperlukan ion tersebut untuk menempuh jarak  $30 \text{ cm}$  (dalam medan listrik itu) adalah  $6 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ , maka hitunglah:
  - a. percepatan tetap yang dialami ion tersebut dan
  - b. kecepatan ion tersebut pada akhir waktu  $2 \cdot 10^6 \text{ s}$ !
4. Pada planet X sebuah batu jatuh bebas dari ketinggian  $48 \text{ m}$ , diperlukan waktu  $4 \text{ s}$ . Berapakah percepatan gravitasi untuk planet tersebut?
5. Sebuah balok kayu hanyut di air sungai dengan laju konstan sebesar  $5 \text{ m/s}$ . sebuah batu dijatuhkan bebas dari jembatan yang tingginya  $80 \text{ m}$  dari atas permukaan air sungai, dan tepat mengenai balok kayu ( $g = 10 \text{ m/s}$ ). Hitunglah jarak balok dan jembatan ketika batu tersebut dilepaskan!
6. Sebuah mobil dari keadaan diam dipercepat dengan percepatan  $4 \text{ m/s}^2$ , Setelah beberapa waktu diperlambat dengan perlambatan  $2 \text{ m/s}^2$  hingga berhenti (diam lagi) hitung:
  - c. Kecepatan maksimum!
  - d. Jarak total yang ditempuh!

## Modul Kinematika

7. Sebuah benda ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal  $40 \text{ m/s}^1$  dari ketinggian  $h$  meter, benda mencapai tanah setelah 9 sekon dari saat ditembakkan. Berapakah  $h$ !
8. Sebuah partikel bergerak lurus menyusuri sumbu  $x$  dengan kecepatan awal  $3 \text{ ms}^{-1}$  searah sumbu  $x$  positif. Bila perlambatan  $3 \text{ ms}^{-2}$  bekerja pada partikel itu selama 3 sekon, maka :
  - besar kecepatan akhir 3 sekon
  - arah kecepatan akhir searah sumbu  $x$  negatif
  - partikel pernah berhenti
  - setelah 3 sekon kecepatan
9. Kereta api bergerak menjauhi stasiun kereta api dengan kecepatan  $54 \text{ km jam}^{-1}$ . Jika seorang anak berjalan dengan laju  $5 \text{ m/s}$  dari bagian depan kereta api menuju ke belakang, maka kecepatan anak terhadap stasiun kereta api ...  $\text{ms}^{-1}$ .
10. Dua buah bola A dan B dijatuhkan dari tempat yang cukup tinggi, (percepatan gravitasi  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). Bila A jatuh bebas 2s terlebih dahulu, baru bola B dijatuhkan dengan kecepatan awal  $25 \text{ m/s}$ . Dimana dan kapan kedua bola tersebut bertemu ?

## VI. PENUTUP

Sampai di sini berarti Anda telah selesai mempelajari isi modul ini. Untuk itu saya ucapkan selamat kepada Anda.

Marilah kita ulangi apa yang telah Anda pelajari pada modul ini.

## Modul Kinematika

### DAFTAR PUSTAKA

Beiser, Athur. 1995, *Applied Pshysics*, New York : McGraw-Hill.Inc.

Budikase, E dan Kertiasa, I Nyoman, 1994, *Fisika SMU jilid 1, jakarta* : Depdikbud RI

Chan, W.O. dan Ho, TS, 1979, *Physics*, Hongkong: Mac Millan, Duncan, Tom, *Physics for Today and Tomorrow*, London: John Murray, 1997

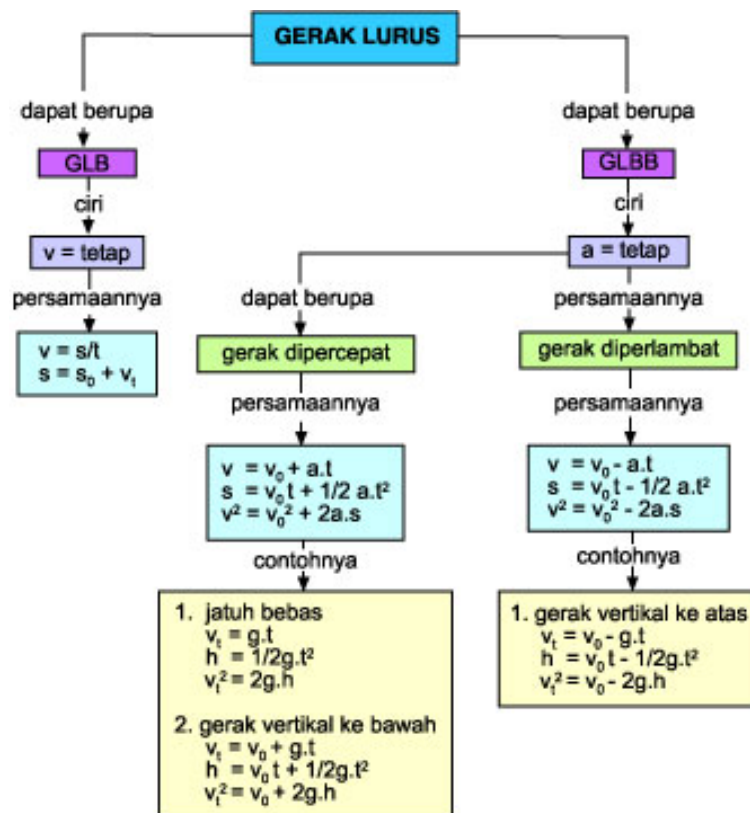
Halliday, D, Resnick, R. 1992, *Fisika jilid 1*, Jakarta : Erlangga.

Martin, Kanginan. 2004. *Fisika Untuk SMA Kelas X*, jakarta : Erlangga..

Surya, Yohannes, M.Sc., PhD., 1977, *Olimpiade Fisika jilid 1A*, Jakarta: Primatika Cipta Ilmu,

## Modul Kinematika

### Peta Konsep Kinematika Gerak Lurus





## Modul Kinematika