



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat  
Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan  
Tahun 2017

**MODUL 2**

# Gerak Berbagai Benda di Sekitar Kita

FISIKA  
PAKET C SETARA SMA/MA





Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat  
Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan  
Tahun 2017

MODUL 2

# Gerak Berbagai Benda di Sekitar Kita

FISIKA  
PAKET C SETARA SMA/MA



## Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip *flexible learning* sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan pusat kurikulum dan perbukuan kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, Desember 2017  
Direktur Jenderal

Harris Iskandar

## Daftar Isi

Kata Pengantar .....	ii
Daftar Isi .....	iii
Petunjuk Penggunaan Modul .....	1
Tujuan Pembelajaran Modul .....	1
<b>UNIT 1 GERAK</b> .....	2
A. Apa yang Dimaksud dengan Gerak? .....	2
B. Pengertian Gerak .....	3
C. Jarak dan Perpindahan .....	5
Penugasan 1 .....	5
D. Kelajuan dan Kecepatan .....	5
Latihan1 .....	8
E. Gerak Lurus Kecepatan Konstan .....	9
Penugasan 2 .....	9
Kegiatan 1 .....	10
F. Gerak Lurus Percepatan Konstan .....	12
Kegiatan 2 .....	14
Penugasan 3 .....	21
G. Penerapan Gerak Lurus Kecepatan Konstan dan Gerak Lurus Percepatan Konstan .....	22
Penugasan 4 .....	22
Penugasan 5 .....	24
Evaluasi .....	24
<b>UNIT 2 GERAK MELINGKAR</b> .....	26
Penugasan 1 .....	28
A. Percepatan Sentripetal .....	28
Penugasan 2 .....	31
B. Penerapan Gerak Melingkar dalam Kehidupan Sehari-hari ...	32
Penugasan 3 .....	32
Evaluasi .....	33

# GERAK BERBAGAI BENDA DI SEKITAR KITA

<b>UNIT 3 GERAK DAN GAYA</b> .....	36
A. Gaya Sentuh dan Gaya Tak Sentuh .....	38
Kegiatan 1 .....	38
B. Hukum Newton Mengenai Gerak .....	39
C. Hubungan Gaya dengan Gerak .....	44
D. Penggambaran Gaya .....	45
Penugasan 1 .....	46
Latihan 1 .....	46
Kegiatan 2 .....	47
Penugasan 2 .....	49
Latihan 2 .....	49
Penugasan 3 .....	51
Latihan 3 .....	52
E. Berat dan Massa .....	52
Kegiatan 3 .....	53
Latihan 4 .....	53
Evaluasi .....	54
<b>UNIT 4 GERAK PARABOLA</b> .....	56
A. Apa yang Dimaksud dengan Gerak Parabola? .....	56
Latihan 1 .....	60
Evaluasi .....	60
Rangkuman .....	63
Penilaian .....	64
Kunci Jawaban .....	64
Kriteria Pindah Modul .....	65
Daftar Istilah .....	68
Daftar Pustaka .....	68



## Petunjuk Penggunaan Modul

Modul tentang gerak benda di sekitar kita terdiri dari gerak lurus, gerak melingkar, gerak parabola, dan penguatan pemahaman tentang gerak secara keseluruhan. Pembahasan tentang gerak ini sangat penting karena begitu dekat dengan keberadaan kita sehari-hari. Sebagai manusia, dan juga bagian dari makhluk hidup di dunia dan alam semesta, dituntut untuk selalu aktif bergerak agar kita bisa hidup. Begitu juga benda-benda di sekitar kita juga cenderung bergerak. Cobalah perhatikan! Apakah itu gerak nyata atau gerak semu?

Modul ini terdiri dari pengantar yang berfungsi sebagai dasar pemikiran untuk memotivasi para pembaca; uraian materi sebagai gejala dan atau konsep dasar yang perlu dicermati; kegiatan agar pembaca bisa mengalami sendiri suatu permasalahan; contoh soal memberi contoh kepada pembaca cara mengatasi suatu permasalahan; soal latihan dan tugas untuk melatih pembaca mengatasi permasalahan.



## Tujuan Pembelajaran Modul

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat

1. Menjelaskan pengertian gerak
2. Membuat grafik perpindahan terhadap waktu berdasarkan data yang ada
3. Membedakan antara gerak lurus benda yang mengalami kecepatan konstan dengan yang mengalami percepatan konstan
4. Menunjukkan contoh penerapan konsep gerak lurus dengan kecepatan konstan dalam kehidupan sehari-hari.
5. Menunjukkan contoh penerapan konsep gerak lurus dengan percepatan konstan dalam kehidupan sehari-hari.
6. Menjelaskan adanya suatu keterpaduan dua macam gerak dalam gerak parabola.
7. Menunjukkan contoh gerak parabola di lingkungan hidup sehari-hari.
8. Membedakan antara gerak lurus dengan gerak melingkar
9. Menunjukkan adanya percepatan sentripetal dalam gerak melingkar berdasarkan contoh-contoh di lingkungan sekitar.
10. Menjelaskan Hukum Newton tentang gerak pada penerapannya terhadap berbagai gerak di sekitar kita

# UNIT 1 GERAK

## Apa yang Dimaksud dengan Gerak?

Gerak merupakan salah satu gejala alam yang terjadi setiap saat di lingkungan sekitar kita. Bahkan kita pun selalu bergerak untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, seperti bekerja mencari nafkah. Begitu seringnya gejala gerak yang terjadi di sekitar sehingga kita kadang mengabaikannya, dan menganggapnya sebagai suatu kejadian biasa.

Mempelajari gerak bertujuan agar kita mengetahui bagaimana terjadinya gerak. Diharapkan kita menjadi lebih tahu cara memanfaatkan gejala alam ini secara lebih berdayaguna. Gerak kadangkala juga berbahaya bagi kita jika kita tidak mampu mengontrolnya. Misalnya gerak jatuh bebas, jatuh dari suatu ketinggian bisa memberikan dampak yang cukup menyakitkan bagi kita. Begitu juga dalam mengontrol kendaraan agar mengatur kecepatannya dengan baik karena bisa berbahaya jika bertumbukan dengan benda lainnya.

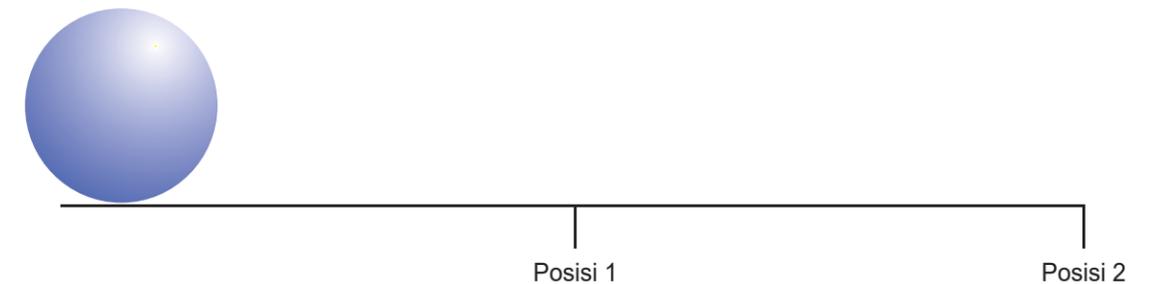


Gambar 1.1 Gerak merupakan gejala alam yang sering terdapat di lingkungan kita

## Pengertian Gerak

Untuk lebih memahami tentang gerak, mari kita lakukan kegiatan berikut.

- Sediakan beberapa benda yang mudah bergerak, seperti bola atau mainan mobil-mobilan serta pengukur waktu (stopwatch atau arloji).
- Kemudian luncurkan pada sebidang lantai yang sudah diberi tanda ukuran berskala (atau pada lantai dengan pola ubin yang sebangun dan terukur, misalnya ubin dengan pola persegi dengan sisi 20 cm atau 30 cm).
- Ukurlah perpindahan bola pada lantai berskala tersebut dan secara bersamaan ukurlah waktu tempuhnya.
- Catat hasil pengamatanmu.
- Selanjutnya gunakan dua atau lebih alat ukur waktu (stopwatch/ arloji) pada lantai berskala yang dibagi dua (atau lebih).
- Kemudian luncurkan bola itu pada lantai berskala dengan dua posisi tersebut. Pada posisi pertama catat waktu dengan menggunakan stopwatch pertama (atau arloji), kemudian pada posisi kedua, catat dengan menggunakan stopwatch kedua (atau arloji).

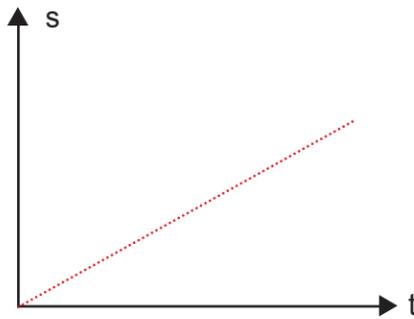


Gambar 1.2 Bidang berskala dengan alat pengukur waktu

- Selanjutnya bisa dicobakan dengan 3 posisi yang sama panjang dengan aturan yang sama.
- Buatlah tabel dan grafik dari catatan hasil pengamatan.

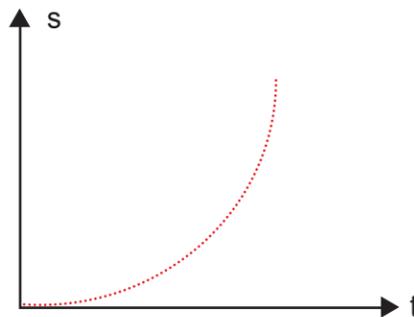
Tabel jarak terhadap waktu

No	Jarak	Waktu
1		
2		
3		
4		
5		
6		



Gambar 1.3 Grafik jarak terhadap waktu pada bidang datar

- Selanjutnya gunakan papan seluncur yang sudah diberi skala dengan tanda pada posisi 1, 2, 3 .... dan seterusnya.
- Luncurkan pada papan tersebut dengan sudut kemiringan yang berubah-ubah (makin lama makin besar).
- Catat waktu pada posisi 1, 2, .... dan seterusnya, dan buatlah grafiknya.
- Kemudian bandingkan grafik pada gerak luncur bola secara mendatar dengan bola yang meluncur pada bidang miring.



Gambar 1.4 Grafik jarak terhadap waktu pada bidang miring

### Apa yang Dimaksud dengan Gerak?

Dalam konteks fisika, suatu benda dikatakan bergerak apabila kedudukannya selalu berubah terhadap suatu acuan tertentu. Acuan gerak merupakan titik atau posisi dimana terjadi pengamatan terhadap suatu gerak atau sebagai pembanding terhadap gerak tersebut. Misalnya bila kita mengatakan bahwa mobil itu bergerak, maka yang biasanya dimaksudkan ialah bahwa mobil itu bergerak terhadap kita sebagai acuan pengamat atau terhadap rumah yang berada dalam posisi diam.

Kenyatannya dari penjelasan di atas bahwa gerak bersifat relatif. Dalam gerak, akan melibatkan besaran skalar dan besaran vektor. Besaran skalar merupakan besaran yang

mempunyai nilai tapi tidak mempunyai arah. Besaran skalar yang dipelajari dalam bab ini adalah jarak dan kelajuan, keduanya memiliki nilai yang selalu positif.

Sedangkan besaran vektor adalah besaran yang mempunyai nilai dan arah, dalam bab ini berhubungan dengan perpindahan, kecepatan, dan percepatan.



## Jarak dan Perpindahan

Jarak adalah panjang suatu lintasan, atau letak suatu titik terhadap titik lainnya. Jarak dapat diukur dari dua arah dan nilainya selalu bersifat mutlak (positif). Jarak merupakan besaran skalar dan tidak mempunyai arah.

Perpindahan adalah perubahan posisi suatu benda pada waktu tertentu terhadap posisi awal (acuan) benda tersebut. Perpindahan merupakan besaran vektor sehingga selain mempunyai besar juga memiliki arah sehingga dapat bernilai positif atau negatif.

### PENUGASAN 1

1. Diskusikan mengapa ada perbedaan antara jarak dan perpindahan biarpun panjang lintasan dari keduanya adalah sama.
2. Seorang siswa berjalan dari P ke Q sejauh 48 m dan kemudian kembali ke arah P sebesar 12 m. Tentukan jarak dan perpindahannya!
3. Koordinat titik A, B, C, D dan E ialah (-15,0), (-6,0), (8,0), (15,0) dan (24,0). Tentukan jarak tempuh dari titik B ke D melalui lintasan BCBABCD dan BCD, dan tentukan pula perpindahan dari E ke A?



## Kelajuan dan Kecepatan

Di dalam kehidupan sehari-hari kata kelajuan jarang dipergunakan, yang sering dipakai adalah kata kecepatan. Kelajuan dan kecepatan merupakan dua pengertian yang berbeda.

Misalkan, kita mengendarai sepeda motor dengan kelajuan (speed) 60 km/jam, maka dapat diartikan bahwa kita menempuh jarak sejauh 60 km untuk setiap jam. Jadi, kelajuan dapat dikatakan sebagai jarak yang ditempuh tiap satuan waktu. Kelajuan termasuk besaran skalar, sehingga tidak bergantung pada arah gerak. Besar kelajuan dapat diamati pada kendaraan melalui alat yang biasa disebut sebagai speedometer.

Sementara itu, kecepatan (*velocity*) selalu berhubungan dengan perpindahan. Oleh karena itu, kecepatan dapat bernilai positif atau negatif, bergantung pada arah perpindahan, karenanya juga merupakan besaran vektor.

### 1. Kelajuan Rata-rata

Pada umumnya sebuah kendaraan sangat sukar bergerak dengan kelajuan tetap. Hal ini terutama bergantung pada keadaan jalan yang dilewati, disamping juga adanya faktor gesekan dengan udara dan jalanan. Kadang-kadang kendaraan bisa melaju dengan kencang jika tidak ada halangan di jalan, tapi bisa juga berhenti pada saat berhadapan dengan lampu merah. Oleh karena itu, untuk menghitungnya perlu menggunakan nilai kelajuan rata-rata. Cara menghitung nilai kelajuan rata-rata adalah dengan menjumlahkan jarak yang ditempuh dan membaginya dengan total waktu yang dibutuhkan untuk menempuh sepanjang jarak tersebut.

#### Contoh Soal:

Dalam suatu perjalanan dari kota Jakarta ke Bandung melalui beberapa kota, yaitu Bogor, Cianjur, dan Padalarang. Jakarta – Bogor berjarak 65 km ditempuh dalam waktu 1 jam. Selanjutnya Bogor – Cianjur berjarak 15 km ditempuh dalam waktu 30 menit. Kemudian Cianjur – Padalarang berjarak 90 km ditempuh dalam waktu 2 jam. Terakhir, Padalarang – Bandung berjarak 20 km ditempuh dalam waktu 30 menit. Maka kelajuan rata-ratanya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kelajuan rata-rata} &= \frac{65 \text{ km} + 15 \text{ km} + 85 \text{ km} + 15 \text{ km}}{1 \text{ jam} + \frac{1}{2} \text{ jam} + 2 \text{ jam} + \frac{1}{2} \text{ jam}} = \frac{180 \text{ km}}{4 \text{ jam}} \\ &= 45 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa kelajuan rata-rata adalah jarak total yang ditempuh dalam selang waktu tertentu. Bila kelajuan rata-rata diberi simbol ( $V$ ), jarak tempuh ( $s$ ), dan waktu tempuh ( $t$ ), maka persamaan secara matematis dapat ditulis

$$V = \sum \frac{s}{t}$$

#### Contoh Soal:

Seorang siswa yang berangkat ke sekolah mengendarai sepeda dengan kelajuan tetap 5 m/det selama 10 menit pertama. Enam (6) menit berikutnya, siswa tersebut bersepeda dengan kelajuan 10 m/det hingga tiba di sekolahnya.

#### Tentukanlah:

- Jarak yang ditempuhnya dari rumah ke sekolah
- Kelajuan rata-ratanya selama perjalanan

#### Penyelesaian:

#### Diketahui:

$$\begin{aligned} V_1 &= 5 \text{ m/det} & t_1 &= 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik} \\ V_2 &= 10 \text{ m/det} & t_2 &= 6 \text{ menit} = 360 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### Ditanyakan:

- Berapa jarak yang ditempuh dalam waktu  $t_1$  dan  $t_2$ ?
- Berapa kelajuan rata-rata dalam total waktu  $t$ ?

#### Jawab:

- Jarak yang ditempuh selama selang waktu  $t_1$  dan  $t_2$

$$S_1 = V_1 \cdot t_1 = (5) \cdot (600) = 3000 \text{ m}$$

$$S_2 = V_2 \cdot t_2 = (10) \cdot (360) = 3600 \text{ m}$$

Jarak dari rumah ke sekolah :

$$S_1 + S_2 = 3000 + 3600 = 9600 \text{ m}$$

Jadi jarak yang ditempuh selama  $t_1$  dan  $t_2$  adalah 9.600 m.

- Kelajuan rata-rata

$$\text{Waktu tempuh } t_1 + t_2 = 600 \text{ detik} + 360 \text{ detik} = 960 \text{ detik}$$

$$\text{Kelajuan rata-rata } v = \frac{9600 \text{ m}}{960 \text{ det}} = 10 \text{ m/det}$$

Jadi kelajuan rata-rata siswa bersepeda ke sekolahnya adalah 10 m/det.

### 2. Kecepatan Rata-rata

Besarnya kecepatan rata-rata dari suatu benda bergantung pada besar dan arah perpindahan serta selang waktu yang dibutuhkan. Sebuah kendaraan yang bergerak dengan kelajuan tertentu tidak berarti memiliki nilai kecepatan yang sama pula, karena kecepatan sangat bergantung pada arah perpindahan.

Dalam penulisan nilai kecepatan, kita harus memperhatikan tanda positif (+) atau tanda negatif (-) dari arah perpindahannya. Karena perpindahan merupakan besaran vektor, maka kecepatan rata-ratanya juga besaran vektor. Persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Kecepatan rata-rata } v = \frac{s}{t}$$

S = perpindahan (meter)

t = selang waktu (detik)

v = kecepatan rata-rata (m. det-1)

### Contoh Soal:

Kesi dan Aria berlari sepanjang lintasan garis lurus A ke B berjarak 60 m. Kesi berlari dari A ke B, sedangkan Aria dari B ke A. Setelah 10 detik kedudukan Kesi menjadi 40 meter dari A dan Aria 50 meter dari B. Hitunglah perpindahan dan kecepatan masing-masing mereka?

### Jawab:

Lintasan dari A ke B dianggap bernilai positif, sementara dari B ke A negatif.

- Perpindahan Kesi dalam t = 10 detik adalah s = 40 m
- Perpindahan Aria dalam t = 10 detik adalah s = -50 m
- Kecepatan Kesi

$$v = \frac{s}{t} = \frac{40 \text{ m}}{10 \text{ detik}} = 4 \text{ m/detik}$$

- Kecepatan Aria

$$v = \frac{s}{t} = \frac{-50 \text{ m}}{10 \text{ detik}} = -5 \text{ m/detik}$$

Tanda positif dan negatif di depan nilai satuan suatu besaran vektor menunjukkan adanya arah lintasan. Kesi berpindah dari A ke B, sementara Aria dari B ke A.

## LATIHAN 1

1. Apa perbedaan kelajuan dengan kecepatan?
2. Seorang atlet berlari menempuh jarak 1 lap putaran sepanjang 400 meter dalam waktu 60 detik. Tentukan kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata anak tersebut.
3. Apabila sedang mengendarai sepeda motor lalu terlihat pada speedometer jarumnya menunjukkan angka 60. Apa maksud angka tersebut? Berapa nilai dalam satuan SI?



## Gerak Lurus Kecepatan Konstan

Kita sudah membahas mengenai jarak dan perpindahan dimana nilai jarak bisa dianggap sama dengan nilai mutlak perpindahannya. Begitu juga kelajuan memiliki nilai yang bisa dianggap sama dengan nilai mutlak kecepatan. Pada tabel di bawah ini, terdapat jarak/perpindahan terhadap, sehingga bisa dihitung kecepatan/kelajuan suatu dalam bergerak meluncur, yaitu kelajuan/kecepatan v sama dengan jarak/perpindahan s per satuan waktu t, atau ditulis:

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

Dimana s merupakan jarak/perpindahan, dan t adalah waktu tempuh.

Selanjutnya buat tabel baru berdasarkan hasil tabel sebelumnya, namun dengan menggunakan benda dan sudut kemiringan yang bervariasi.

Tabel Kecepatan

No	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Kecepatan (meter per detik)
1			
2			
3			
4			

## PENUGASAN 2

- (a) Buatlah grafik kecepatan terhadap waktu dari gerak bola mendarat.
- (b) Buatlah grafik kecepatan terhadap waktu dari gerak meluncur di bidang miring.
- (c) Diskusikan perubahan pola gerak yang terjadi pada bidang datar dan bidang miring

### Apakah Gerak Lurus Kecepatan Konstan?

Beberapa contoh yang hampir menggambarkan suatu gerak lurus beraturan secara tepat adalah ketika mobil yang bergerak di jalan bebas hambatan (tol) dengan kecepatan tetap, gerak bola yang menggelinding di permukaan yang licin, dan gerak pesawat terbang pada ketinggian tertentu. Namun ketiga contoh di atas hanya terjadi dalam selang waktu tertentu. Apabila suatu

benda dapat bergerak dengan kecepatan tetap pada suatu lintasan garis lurus, maka dikatakan bahwa benda tersebut bergerak lurus dengan kecepatan konstan. Untuk lebih jelas mari kita lihat penugasan 2

## KEGIATAN 1

**Tujuan:** Menyelidiki gerak lurus beraturan suatu benda dengan menggunakan ticker timer.

**Alat dan Bahan:**

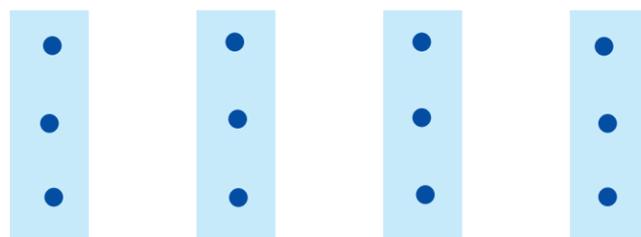
1. Sebuah ticker timer
2. Beberapa balok kayu
3. Sebuah papan sebagai landasan
4. Sebuah troli
5. Sebuah gunting

**Langkah-langkah Kegiatan:**

1. Hubungkan troli dengan ticker timer dan biarkan troli bergerak melintasi bidang lintasan mendatar sambil menarik pita detik.
2. Amati hasil pada pita detik yang diperoleh.
3. Potonglah pita menjadi beberapa bagian yang sebangun dan tempelkan kertas tersebut berdampingan satu dengan lainnya.



Gambar 1.5 Pola hasil ketik ticker timer untuk gerak pada bidang datar

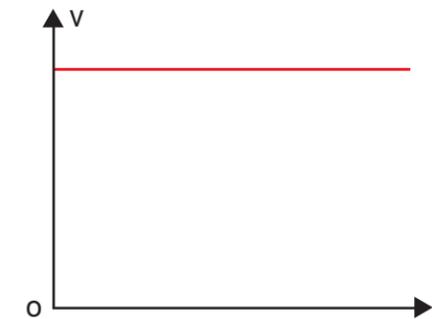


Gambar 1.6 Perbandingan pola hasil ticker timer untuk gerak pada bidang datar

Untuk menghitung atau menggambarkan pola titik-titik pada kertas ticker timer tersebut digunakan rumus kecepatan berdasarkan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan} &= v = \frac{s}{t} \\ \text{Waktu 1 ketikan} &= 0,5 \text{ detik} \\ \text{Waktu 10 ketikan} &= 10 \times 0,5 \text{ detik} = 5 \text{ detik} \\ \text{Jarak tempuh} &= 2 \text{ m} \\ \text{Kecepatan troli} &= v = \frac{s}{t} = \frac{2 \text{ m}}{5 \text{ det}} = 0,4 \text{ m/det} = 0,4 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam kegiatan 1.2, dimana terdapat pola titik-titik yang sama antara satu dengan lainnya (Gambar 1.6), berarti kecepatan ketikan pada tiap potongan adalah sama. Jadi, dapatlah kita nyatakan bahwa dalam gerak lurus beraturan kecepatan benda adalah tetap, dan grafik kecepatan terhadap waktu berbentuk garis lurus horizontal yang sejajar sumbu waktu.



Gambar 1.7 Grafik kecepatan terhadap waktu (v – t) pada gerak lurus beraturan (GLB)

**Kesimpulan:**

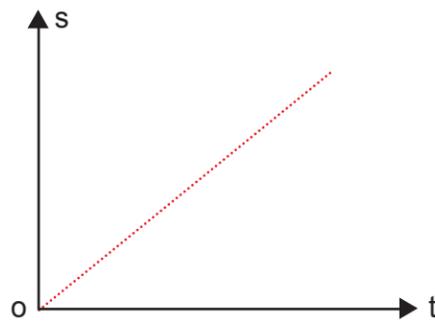
- a. Perpindahan yang terjadi ditentukan oleh panjang alur ketikan pada kertas ticker timer
- b. Waktu ditentukan dari jumlah detik dalam pita ketik
- c. Pola yang ditunjukkan pada pita menunjukkan jenis gerak yang terjadi

Hubungan antara nilai perpindahan (s) dan nilai kecepatan (v) dinyatakan dengan persamaan.

$$s = v \cdot t$$

Dimana t merupakan perubahan waktu.

Berdasarkan persamaan di atas, gerak lurus beraturan dengan kecepatan tetap merupakan fungsi linier dan dapat dilukis dengan grafik sebagai berikut :



Gambar 1.8 Grafik jarak terhadap waktu ( $s - t$ ) pada gerak lurus kecepatan konstan

### Contoh Soal:

Sebuah mobil meluncur dengan kelajuan tetap, berdasarkan alat ukur speedometer sebesar 90 km/jam, selama 15 menit. Berapa jarak yang ditempuh selama selang waktu tersebut?

### Jawab:

$$\begin{aligned} V &= 90 \text{ km/jam} = 25 \text{ m/det} \\ t &= 15 \text{ menit} = 720 \text{ detik} \\ S &= V \cdot t \\ &= (25 \text{ m/det}) \times 600 \text{ detik} \\ &= 15.000 \text{ m} \end{aligned}$$

Benda yang bergerak lurus dengan kecepatan konstan berarti kecepatannya tetap (tidak berubah sepanjang waktu). Pada gerak lurus kecepatan konstan tidak terjadi perubahan kecepatan, maka nilai percepatan  $a = 0$ . Dalam kehidupan sehari-hari, kita akan kesulitan menemukan contoh gerak lurus dengan kecepatan konstan yang sebenarnya, karena adanya faktor gesekan di sekitar kita, seperti udara dan permukaan bidang gerak yang bersentuhan. Faktor-faktor tersebut yang menyebabkan kecepatan gerak mengalami perubahan dan terjadi percepatan atau perlambatan pada benda yang bergerak tersebut.

Berikut ini merupakan gerak di mana nilai percepatannya  $a \neq 0$  karena kecepatannya mengalami perubahan

## Gerak Lurus Percepatan Konstan

Berdasarkan percobaan gerak pada bidang mendatar dan gerak pada bidang miring, bisa diambil contoh gerak lurus dalam kehidupan sehari-hari. Gerak pada bidang datar seperti yang dibahas sebelumnya, menyebabkan terjadinya gerak dengan kecepatan yang cenderung tetap atau disebut sebagai gerak lurus dengan kecepatan konstan. Sementara itu, gerak pada bidang miring, akibat dari pengaruh gaya gravitasi bumi, kecepatannya mengalami perubahan makin

lama makin cepat atau bisa disebut benda mengalami percepatan. Percepatan akibat pengaruh gaya seperti gravitasi bumi cenderung konstan. Oleh karena itu gerak dimana benda dalam pengaruh suatu gaya disebut sebagai gerak lurus percepatan konstan.

### Percepatan

Telah dibahas sebelumnya, bahwa sangat sulit mencari beberapa contoh benda yang bergerak dengan kecepatan tetap. Secara umum hanya sedikit benda yang dapat bergerak dengan kecepatan tetap pada suatu lintasan yang sangat panjang. Jika pada setiap selang waktu tertentu, benda mengalami perubahan kecepatan (bertambah atau berkurang) atau arahnya berubah, maka boleh dikatakan bahwa benda mengalami perubahan kecepatan atau mengalami percepatan.

Percepatan didefinisikan sebagai perubahan kecepatan terhadap waktu. Percepatan dapat ditulis menurut persamaan sebagai berikut.

$$\text{Percepatan } a = \frac{V_t - V_0}{t}$$

**Dimana:**  $a$  = percepatan

$v_t$  = kecepatan setelah selang waktu  $t$

$v_0$  = kecepatan awal

$t$  = selang waktu terjadinya perubahan kecepatan

Percepatan merupakan besaran vektor, oleh karena itu percepatan yang berharga positif disebut percepatan dan yang berharga negatif disebut perlambatan.

#### 1. Percepatan rata-rata

Percepatan rata-rata adalah perubahan kecepatan dibagi dengan selang waktu tertentu. Untuk menghitung percepatan rata-rata, perlu diketahui terlebih dahulu nilai kecepatan awal, nilai kecepatan akhir, dan selang waktu.

$$\text{Percepatan rata-rata} = a = \frac{V_t - V_0}{t}$$

**Dimana:**  $v_t$  = kecepatan akhir (m/det)

$v_0$  = kecepatan awal (m/det)

$t$  = selang waktu (detik)

$a$  = percepatan rata-rata (m/det<sup>2</sup>)

## 2. Apa hubungan antara gerak lurus percepatan konstan dengan percepatan rata-rata?

Dalam kehidupan sehari-hari sering kita jumpai beberapa contoh dari gerak lurus berubah beraturan, bahkan kita dapat mengamati dengan mudah. Mobil atau kendaraan bermotor yang baru saja melaju dari keadaan berhenti. Atau sebaliknya, kendaraan bermotor yang sedang melakukan pengereman untuk menghentikan laju kendaraan. Kita bisa melakukan percobaan dengan menggunakan kelereng yang digelindingkan pada bidang miring, maka kelereng tersebut akan mengalami percepatan karena kecepatannya berubah secara beraturan menurut selang waktu tertentu. Jadi hubungan antara gerak lurus percepatan konstan dengan percepatan rata-rata adalah benda yang bergerak dalam lintasan lurus dengan kecepatan yang berubah dalam selang waktu tertentu.

## KEGIATAN 2

**Tujuan:** Menyelidiki gerak lurus berubah beraturan suatu benda dengan ticker timer.

### Alat dan Bahan:

1. Sebuah troli
2. Sebuah ticker timer
3. Sebuah landasan balok
4. Balok kayu sebagai pengganjal

### Langkah-langkah Kegiatan:

1. Hubungkan troli dengan ticker timer,
2. Miringkan landasan supaya kecepatan troli bertambah akibat pengaruh gravitasi
3. Luncurkan troli sambil menarik pita ketik.
4. Ulangi langkah-langkah-langkah di atas

### Hasil yang diperoleh:

- a. Pita ketik yang diperoleh adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar.
- b. Jarak antara titik-titik berurutan semakin jauh, hal ini menunjukkan kecepatannya semakin besar.



Gambar 1.9 Pola ketikan pada gerak lurus percepatan konstan

### Kesimpulan:

1. Jarak antara titik yang berurutan semakin jauh
2. Percepatan troli dapat ditentukan dengan cara:

#### Menentukan waktu 1 kali ketikan

Waktu 1 ketikan = 0,5 detik

#### Menentukan jarak tiap titik

Jarak titik 1 ke 2 = 2 cm

$$\text{Kecepatan} = v = \frac{s}{t} = \frac{2}{0,5 \text{ det}} = 4 \text{ cm/det}$$

Jarak titik 2 ke 3 = 6 cm

$$\text{Kecepatan} = v = \frac{s}{t} = \frac{6}{0,5 \text{ det}} = 12 \text{ cm/det}$$

Jarak titik 3 ke 4 = 10 cm

$$\text{Kecepatan} = v = \frac{s}{t} = \frac{10}{0,5 \text{ det}} = 20 \text{ cm/det}$$

Dan seterusnya

$$\text{Percepatan troli} = a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{12 - 4}{0,5} = 16 \text{ cm/det}^2 = 0,16 \text{ m/det}^2$$

### 3. Gerak troli itu dapat diuraikan berdasarkan pita ketik

Tampak bahwa pada gerak lurus berubah percepatan konstan, kecepatannya berubah secara beraturan menurut selang waktu tertentu.

Gerak lurus berubah beraturan dapat berupa gerak dipercepat yaitu makin lama kecepatannya bertambah besar karena mengalami percepatan. Atau sebaliknya gerak diperlambat yaitu gerak yang kecepatannya semakin berkurang karena mengalami perlambatan

$$\text{Dari persamaan percepatan: } a = \frac{v_t - v_0}{t_t - t_0}$$

Umumnya waktu mula-mula  $t_0 = 0$  sehingga :  $v_t - v_0 = at$

Kecepatan pada waktu  $t$  yaitu dapat dinyatakan dengan:

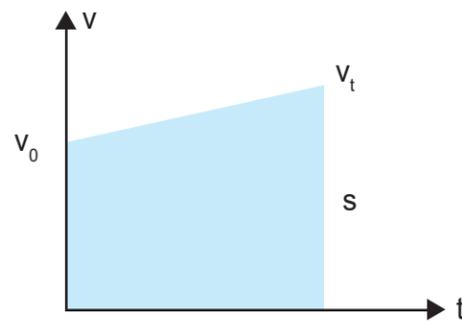
$v_t$  = Kecepatan awal (m/det)

$v_0$  = Kecepatan pada  $t$  detik (m/det)

$a$  = Percepatan (m/det<sup>2</sup>)

$t$  = waktu (detik)

Jarak tempuh untuk gerak lurus percepatan konstan, dapat dihitung dengan meninjau gambar di bawah



Gambar 1.10 Grafik kecepatan terhadap waktu: luas bidang yang diarsir merupakan jarak yang ditempuh s

Pada gambar grafik di atas, jarak tempuh s merupakan hasil dari perkalian antara kecepatan dengan waktu tempuh t. Oleh karena itu jarak tempuh (s) merupakan luas bidang arsiran yang berbentuk trapesium, atau dapat dikatakan:

jarak tempuh (s) = luas bidang arsiran (trapesium)

$$s = \frac{1}{2} v_0 \cdot t + \frac{1}{2} v_t \cdot t$$

Jika diketahui percepatan  $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ , atau  $v_t = a \cdot t + v_0$

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

atau  $s = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 - v_t^2}{a}$

**Dimana:** s = Jarak tempuh (m)

$v_0$  = Kecepatan awal (m/det)

$v_t$  = Kecepatan akhir (m/det)

t = waktu (detik)

a = percepatan (m/det<sup>2</sup>)

Dari persamaan di atas tampak bahwa jarak tempuh s merupakan fungsi waktu pangkat dua.

Persamaan gerak diperlambat beraturan dapat ditulis :

$$S = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} a t^2$$

### Contoh Soal:

Seorang pengendara sepeda motor pada detik pertama mempunyai kecepatan 5 m/det dan pada detik kedua kecepatannya berubah menjadi 10 m/det. Tentukan percepatan rata-rata sepeda motor tersebut ?

### Penyelesaian:

$t_0 = 0$  detik ;  $V_0 = 5$  m/det       $t_1 = 1$  detik ;  $V_1 = 10$  m/det

$t_2 = 2$  detik ;  $V_2 = 10$  m/det

### Percepatan rata-rata:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t_t - t_0} = \frac{10 \text{ m/det} - 5 \text{ m/det}}{2 \text{ detik} - 0 \text{ detik}} = 2.5 \text{ m/det}^2$$

### Contoh Soal:

Sebuah mobil dari keadaan diam, mengalami percepatan 2 m/det<sup>2</sup>. Tentukanlah:

- Kecepatan mobil setelah bergerak selama 5 detik?
- Jarak tempuh mobil setelah 5 detik?

### Jawab:

Diketahui

$a = 2$  m/det<sup>2</sup>     $t = 5$  detik

- Kecepatan mobil setelah 5 detik

$$V_t = V_0 + a \cdot t$$

$$V_t = 0 + 2 \text{ m/det}^2 \times 5 \text{ detik}$$

$$V_t = 10 \text{ m/detik}$$

Jadi setelah 5 detik, kecepatan mobil 10 m/detik

- Jarak setelah menempuh waktu 5 detik

$$S = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$S = 0 + \frac{1}{2} \cdot (2) \cdot (5)^2$$

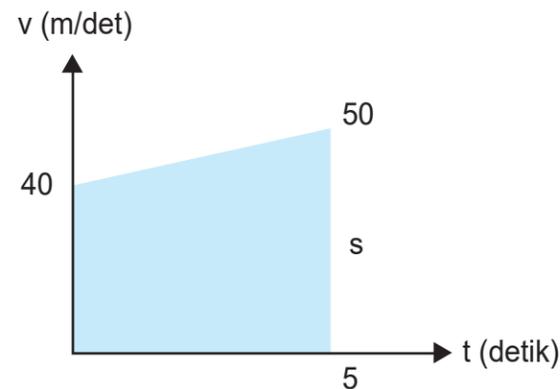
$$S = (1) \cdot (25)$$

$$S = 25 \text{ m}$$

Jadi setelah 5 detik jarak yang ditempuh adalah 25 meter

### Contoh Soal:

Gambar berikut menunjukkan grafik kecepatan terhadap waktu (V-t) dari gerak sebuah benda.



### Hitunglah:

- Kecepatan benda setelah 10 detik
- Perpindahan benda setelah 5 detik

Dari gambar tersebut diketahui

$$V_0 = 40 \text{ m/detik}$$

$$V_t = 50 \text{ m/detik}$$

$$t = 5 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Percepatan } a &= (V_t - V_0) / t \\ &= (50 - 40) / 5 \\ &= 2 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

- Kecepatan benda setelah 10 detik

$$V_t = V_0 + a \cdot t$$

$$V_t = 40 + 2 \times 10$$

$$V_t = 60 \text{ m/det}$$

Jadi setelah 10 detik kecepatan benda mencapai 60 m/det

- Perpindahan benda setelah 5 detik

$$S = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$S = (40)(5) + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (5)^2$$

$$S = 200 + 25$$

$$S = 225 \text{ m}$$

Perpindahan setelah 5 detik adalah 225 m.

### Contoh Lain Gerak Lurus Percepatan Konstan

#### 1) Gerak Jatuh Bebas

##### Apakah gerak jatuh bebas?

Ketika suatu benda jatuh dari ketinggian tertentu maka timbul beberapa pertanyaan yang cukup mendasar. Apakah benda mengalami kelajuan tetap atau dipercepat, apakah geraknya bergantung pada bentuk, ukuran atau warnanya. Aristoteles seorang filsuf berkembangsaan Yunani menjawab semua pertanyaan di atas berdasarkan suatu prinsip dimana setiap benda mempunyai tempat alami dimana dia berada dan kemana ia pergi. Misalnya batu adalah benda bumi dan ia akan jatuh ke arah permukaan bumi. Dari hasil percobaan oleh Galileo (1564-1642) bahwa semua benda yang jatuh bebas mempunyai percepatan yang sama pada tempat yang sama dipermukaan bumi. Percepatan ini disebut percepatan gravitasi dan diberi lambang dengan huruf (g) dengan nilainya berbeda untuk setiap tempat di permukaan bumi.

Gerak jatuh bebas adalah salah satu contoh gerak lurus berubah beraturan, dengan gerak yang dipercepat oleh percepatan gravitasi bumi (g), dan tanpa kecepatan awal ( $V_0=0$ ).

Dalam kehidupan sehari-hari, gerak jatuh bebas dapat diamati dari buah kelapa yang telah tua dan jatuh dengan sendirinya dari batang pohon. Walaupun secara ideal gerak jatuh bebas haruslah dalam ruang hampa (vakum), artinya tidak ada gesekan antara benda dengan udara (tanpa gaya apung) yang dapat menghambat gerak tersebut.

##### Apakah massa benda berpengaruh terhadap gerak jatuh bebas?

Berdasarkan percobaan yang dilakukan Galileo di atas, berkesimpulan bahwa semua benda yang mengalami jatuh bebas akan memiliki nilai percepatan yang sama. Artinya, gerak jatuh bebas tidak dipengaruhi oleh massa benda. Benda bermassa besar akan bergerak dengan percepatan yang sama dengan benda bermassa kecil, seperti bulu ayam dan kapas. Terjadinya perbedaan karena adanya gaya gesekan udara yang lebih besar terhadap bulu ayam dan kapas. Mengapa demikian?

Agar gerak antara benda berat dengan yang ringan bisa diperbandingkan, maka harus dilakukan dalam ruang hampa. Sehelai bulu ayam dan sebutir kerikil dijatuhkan dalam tabung hampa udara akan menyentuh dasar tabung pada saat bersamaan.

Gambar 1.10 Bola jatuh bebas

### Contoh Soal:

Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian (h) di atas tanah. Waktu yang diperlukan untuk menyentuh tanah, dan kecepatan saat menyentuh tanah dapat dihitung sebagai berikut.

#### Dari persamaan GLBB:

$$V_t = V_0 + a.t$$

$$S = V_0 . t + \frac{1}{2}.a.t^2$$

$$V_t^2 = V_0^2 + 2 a S$$

Karena  $S = h$  dan  $a = g$ , maka  $h = \frac{1}{2} g.t^2$

t = waktu untuk menyentuh tanah

**Kecepatan pada saat menyentuh tanah:**  $V_t = V_0 + g.t$

karena saat awal benda dalam keadaan diam, maka  $V_0 = 0$

$$V_t = g . t$$

## 2) Gerak Vertikal ke Atas

### Apakah gerak vertikal ke atas?

Jika benda dilemparkan vertikal ke atas, maka gerak benda akan diperlambat beraturan ( $a = -g$ ) hingga kecepatannya akan menjadi nol ( $V_t = 0$ ), tepat ketika mencapai titik tertinggi, kemudian kembali jatuh bebas. Dengan menggunakan persamaan GLBB, ketinggian yang ditempuh dan kecepatannya dapat ditentukan sebagai berikut:

$$h = V_0 t - \frac{1}{2} g.t^2$$

$$V_t = V_0 - g.t$$

Dimana  $t = (V_0 - V_t)/g$

$$V_t^2 = V_0^2 - 2.g.h$$

Jika ketinggian mencapai maksimum, maka  $V_t = 0$  dan waktu untuk mencapai ketinggian maksimum ini adalah:

$$V_t = V_0 - g.t \quad t = (\text{karena } V_t = 0)$$

Sedangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai titik pelemparan mula-mula adalah :

$$t' = 2.t$$

$$t' = \frac{2V_0}{g}$$

### Contoh Soal:

Dari ketinggian 19,6 meter sebuah benda jatuh bebas.

Jika  $g = 9,8 \text{ m/det}^2$ . hitunglah :

- Waktu yang dibutuhkan saat benda menyentuh tanah.
- Kecepatan benda saat menyentuh tanah.

#### Penyelesaian:

Diketahui:  $h = 19,6 \text{ m}$

$$g = 9,8 \text{ m/det}^2$$

$$a) \quad t^2 = 2 .h/ g = 2. 19,6/9,8 = 4 \text{ detik}^2$$

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

Waktu untuk mencapai tanah adalah 2 detik.

$$b) \quad V = g . t = 9,8 . 2 = 19,6 \text{ m/det}$$

$$V = 19,6 \text{ m/det}$$

Kecepatan saat menyentuh tanah adalah 19,6 m/det.

## PENUGASAN 3

- Tentukan perbedaan gerak pada lantai mendatar dengan bidang miring.
- Gambarkan perbedaan kurva grafik pada gerak mendatar dengan gerak meluncur di atas bidang miring.

#### Keterangan:

Pengertian 'jarak' dan 'perpindahan' merupakan istilah yang sama dalam penggunaan sehari-hari, tapi berbeda dalam konteks fisika. Persamaannya pada perubahan posisi suatu benda. Perbedaannya antara kedua istilah tersebut adalah jarak merupakan besaran skalar yang tidak bergantung arah, sementara perpindahan merupakan besaran vektor yang bergantung arah. Dalam konteks ini tidak perlu membedakan kedua istilah tersebut, karena mengenai vektor dibahas secara khusus di jenjang berikutnya dan/atau pada pelajaran matematika.

Sementara itu waktu merupakan besaran skalar dan tidak bergantung arah.

Besarnya perpindahan/jarak tempuh benda persatuan waktu didefinisikan sebagai kecepatan atau kelajuan. Sekali lagi istilah 'kecepatan' dan 'kelajuan' merupakan istilah yang sama, namun beda dalam penggunaannya. Kecepatan merupakan besaran vektor yang bergantung pada arah, sementara kelajuan merupakan besaran skalar yang tidak bergantung arah. Sekali lagi tidak dibahas mengenai perbedaan tersebut dalam konteks pembahasan ini.

## Penerapan Gerak Lurus Kecepatan Konstan dan Gerak Lurus Percepatan Konstan

Amati tabel dan grafik pada bola yang meluncur di bidang miring. Amati grafik perpindahan terhadap waktu, dan grafik kecepatan terhadap waktu. Kemudian tariklah garis lurus yang menghubungkan titik-titik koordinat pada grafik kecepatan terhadap waktu. Selanjutnya tarik kurva grafik kecepatan terhadap waktu hingga mencapai waktu  $t_3 = 3$  detik. Tentukan kecepatan  $v_1$  pada saat  $t_1 = 1$  detik pada grafik berdasarkan skala yang ada. Demikian juga untuk  $v_2$  pada saat  $t_2 = 2$  detik, dan  $v_3$  pada saat  $t_3 = 3$  detik, dan seterusnya.

Misalnya pada tabel berikut tertulis

**Tabel kecepatan bola meluncur di lantai mendatar**

No	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Kecepatan (meter per detik)
1	1	1	1
2	2	2	1
3	3	3	1
4	4	4	1

Bisa dilihat pada contoh tabel di atas di mana bola meluncur di lantai mendatar cenderung kecepatannya konstan.

Namun jika bola meluncur di bidang miring, kecepatannya bertambah secara konstan per satuan waktu. Misalnya:

detik pertama  $t_1$ ,  $v_1 = 1$  m/det,

detik kedua  $t_2$ ,  $v_2 = 2$  m/det,

detik ketiga  $t_3$ ,  $v_3 = 3$  m/det, dan seterusnya.

Maka dari contoh tersebut terlihat bahwa setiap detiknya kecepatannya bertambah 1 m/det.

### PENUGASAN 4

- Tentukan percepatan bola meluncur pada bidang miring!
- Apa yang menyebabkan bola di atas bidang miring dapat bergerak dari keadaan diam atau kecepatan  $v = 0$ , menjadi bergerak dengan kecepatan  $v \neq 0$ ?

#### Keterangan:

Benda yang bergerak dengan kecepatan yang bertambah per satuan waktu secara konstan atau beraturan berarti benda tersebut mengalami percepatan. Hal ini terjadi karena adanya gaya yang bekerja pada benda tersebut. Jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda,

tidak akan bergerak (diam) atau bergerak dengan kecepatan konstan (tidak berubah). Untuk menentukan nilai percepatan tidaklah sulit, jika benda mulai bergerak pada kecepatan awal  $v_0 = 0$ , misalnya bola yang meluncur di bidang miring pada percobaan sebelumnya. Namun sebelumnya perlu diketahui kecepatan akhir pada benda  $v_t$  (yaitu kecepatan pada saat bola mencapai ujung lantai). Cara mengetahui kecepatan akhir  $v_t$  sebagai berikut.

Pada saat benda mulai bergerak dari kecepatan  $v_0 = 0$  hingga kecepatan akhir  $v_t$  di ujung jalan, dapatlah dihitung kecepatan rata-ratanya  $v_{rata-rata}$  berdasarkan jarak tempuh  $s$  per waktu tempuh  $t$ . Berdasarkan hasil pengukuran sebelumnya jarak tempuh  $s$  dan waktu tempuh  $t$  sudah diketahui.

$$v_{rata-rata} = \frac{s}{t}$$

Berdasarkan nilai kecepatan rata-rata  $v_{rata-rata}$  yang sudah diketahui, bisa dicari nilai kecepatan akhir  $v_t$ , jika kecepatan awal  $v_0 = 0$ .

$$v_{rata-rata} = \frac{v_t + v_0}{2}$$

$$\text{atau } v_t = 2 v_{rata-rata} - v_0$$

$$v_t = 2 v_{rata-rata} - 0$$

$$v_t = 2 v_{rata-rata}$$

Untuk mengetahui nilai percepatan  $a$  berdasarkan rumusan berikut

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

diketahui sebelumnya bahwa  $v_0 = 0$ , karena benda bergerak dari keadaan diam.

$$a = \frac{v_t - 0}{t} = \frac{v_t}{t}$$

dimana kecepatan akhir  $v_t$  sudah diketahui dan waktu tempuh  $t$  sudah diukur pada percobaan sebelumnya.

#### Contoh Soal:

Hasil pengamatan bola yang menggelinding dari keadaan diam di bidang miring mempunyai jarak tempuh hingga posisi akhir  $s = 1$  m dengan waktu tempuh  $t = 1$  detik, maka kecepatan rata-rata

$$v_{rata-rata} = \frac{s}{t} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ det}} = 1 \text{ m/det}$$

kecepatan akhir  $v_t$  juga bisa dihitung  $v_t = 2 v_{rata-rata} + v_0$

Jika benda bergerak dari keadaan diam maka kecepatan awal  $v_0 = 0$ , maka kecepatan akhir

$$v_t = 2 v_{rata-rata} = 2 \times 1 \text{ m/det} = 2 \text{ m/det}$$

Selanjutnya percepatan  $a$  bisa dihitung

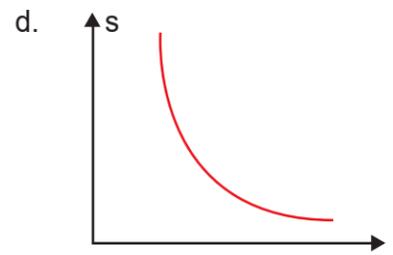
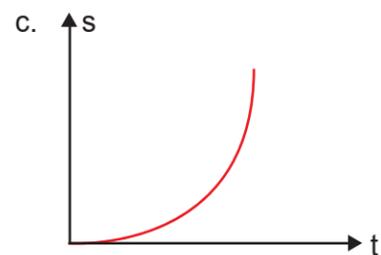
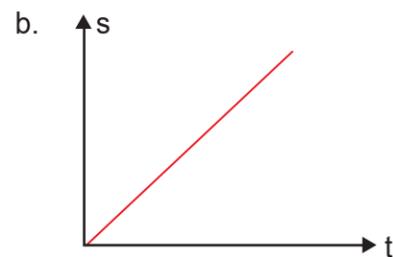
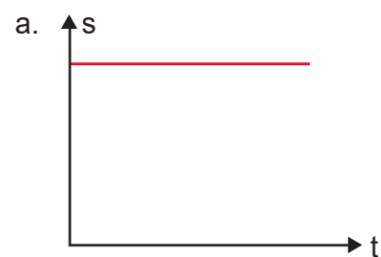
$$a = \frac{v_t - 0}{t} = \frac{v_t}{t} = \frac{2 \text{ m/det}}{1 \text{ det}} = 2 \text{ m/det}^2$$

## PENUGASAN 5

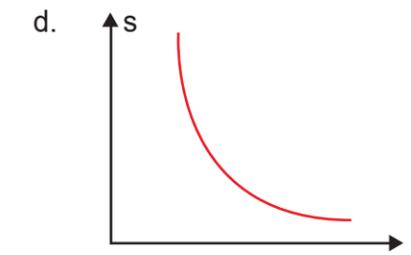
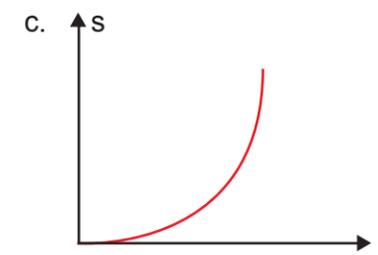
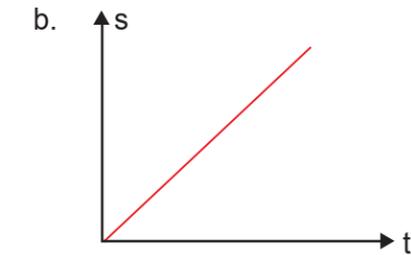
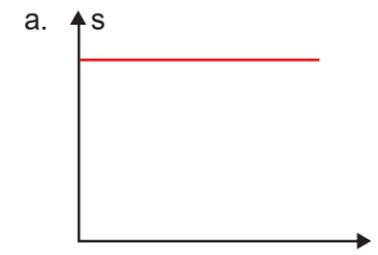
- Tunjukkan beberapa contoh gerak di sekitar yang merupakan gerak lurus percepatan tetap.
- Sebutkan salah satu ciri gerak lurus percepatan tetap!

## EVALUASI

- Pola grafik di bawah ini yang menunjukkan perubahan jarak terhadap waktu untuk gerak dengan kelajuan tetap adalah ....



- Pola grafik di bawah ini yang menunjukkan perubahan jarak terhadap waktu untuk gerak yang mengalami percepatan adalah ...



- Suatu bola dari keadaan diam terjatuh dari ketinggian  $h = 20 \text{ m}$  dalam waktu  $t = 2 \text{ detik}$ , maka kecepatan rata-rata  $v_{rata-rata}$  dan percepatannya adalah ....
  - $10 \text{ m/det}$ ,  $5 \text{ m/det}^2$
  - $5 \text{ m/det}$ ,  $5 \text{ m/det}^2$
  - $5 \text{ m/det}$ ,  $10 \text{ m/det}^2$
  - $10 \text{ m/det}$ ,  $10 \text{ m/det}^2$
- Apa yang dimaksud dengan gerak lurus kecepatan konstan? Apa saja contoh gerak lurus kecepatan konstan di lingkungan sekitar?
- Apa yang dimaksud dengan percepatan? Apa saja contoh gerak benda yang mengalami percepatan di lingkungan sekitar? Apa perbedaan antara percepatan rata-rata dengan percepatan konstan?



Gambar 2.1 Mengapa ketika di tikungan motor harus bergerak miring?

Di samping gerak lurus, seperti yang telah kita bahas sebelumnya, di lingkungan sekitar kita terdapat juga gerak melingkar. Beberapa contoh gerak melingkar, seperti kendaraan bermotor yang sedang melewati tikungan, begitu juga roda yang sedang berputar sebenarnya sedang mengalami gerak melingkar. Pada dasarnya, gerak melingkar merupakan gerak yang membentuk lintasan garis melingkar dengan jari-jari  $R$  dari pusat lingkaran. Semua benda yang sedang bergerak membelok, misalnya di suatu tikungan, maka benda tersebut bergerak membentuk lintasan melingkar. Dapatkah Anda menyebutkan beberapa contoh lain gerak melingkar?

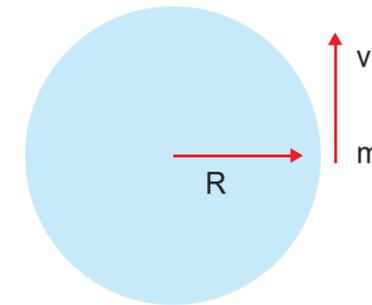
Suatu kasus keadaan dimana terjadi gerak melingkar, maka yang perlu diperhatikan adalah massa benda ( $m$ ) yang melakukan gerak melingkar dengan jari-jari ( $R$ ) terhadap pusat lingkaran. Di samping itu juga kecepatan gerak ( $v$ ) dapat memberikan pengaruh terhadap gerak lintasan tersebut. Pengaruh apakah yang akan terjadi akibat dari gerak melingkar tersebut?

Pertama-tama, kita bisa mencoba merasakan ketika kita berada dalam kendaraan yang sedang bergerak melingkar atau membelok di sebuah tikungan. Apa yang biasa kita rasakan?

Apakah kita biasa merasakan seolah-olah ada gaya yang berusaha melempar kita ke arah luar lintasan saat kendaraan yang kita tumpangi melakukan gerakan membelok?

Gaya akibat dari adanya gerak melingkar dirumuskan sebagai

$$F = m \frac{v^2}{R}$$



Gambar 2.2 Gerak melingkar

**Dimana:**  $F$  = gaya yang bekerja pada benda saat melakukan gerak melingkar

$v$  = kecepatan benda saat bergerak melingkar

$R$  = jari-jari lintasan gerak melingkar

$m$  = massa benda yang melakukan gerak melingkar

Apa arti dari persamaan di atas? Tampak bahwa gaya yang ditimbulkan akibat gerak melingkar makin besar secara kuadrat, jika kecepatan gerak melingkarnya ( $v$ ) bertambah. Sebaliknya, gaya makin kecil jika jari-jari lintasan gerak ( $R$ ) bertambah besar. Bagaimana penerapan pengetahuan kita mengenai gerak melingkar, agar 'gaya lempar' yang ditimbulkannya tidak terlalu besar? Apa yang terjadi seandainya 'gaya lempar' nilainya terlalu besar?

**Contoh Soal:**

Fadi mengemudikan sepeda motor di suatu tikungan dengan jarak pada pusat lintasan, atau jari-jari  $R = 4$  m. Jika massa Fadi  $m_1 = 60$  kg dan massa sepeda motor  $m_2 = 140$  kg, sementara kecepatan sepeda motor saat bergerak melingkar  $v = 36$  km/jam. Berapa 'gaya lempar' yang terjadi terhadap Fadi saat melakukan gerak melingkar tersebut?

**Jawab:**

Kecepatan  $v = 36$  km/jam =  $36\ 000$  m/3600 detik =  $10$  m/detik

Gaya terhadap Fadi:

$$F = (m_1 + m_2) \frac{v^2}{R} = (60 \text{ kg} + 140 \text{ kg}) \frac{(10 \text{ m/det})^2}{4 \text{ m}}$$
$$= 200 \text{ kg} \times 25 \text{ m/det}^2$$
$$= 5.000 \text{ joule}$$

Perhatikan bahwa gaya sebesar ini sangat besar!! Dengan gaya sebesar itu, seolah-olah ada beban sebesar 500 kg yang mendorong Fadi ke arah luar lintasan melingkar. Kemungkinan besar Fadi akan terlempar dari sepeda motor tersebut karena tidak tahan dengan beban sebesar itu.

Bagaimana caranya agar Fadi lebih aman dalam melakukan gerak melingkar tersebut?

## PENUGASAN 1

- Diskusikan mengapa kita perlu memperlambat kendaraan jika melewati suatu tikungan.
- Diskusikan mengapa di suatu jalan dengan tikungan yang cukup tajam, selalu diberi rambu agar berhati-hati.

## Percepatan Sentripetal

Pembahasan sebelumnya, kita telah mengetahui adanya 'gaya lempar' saat kita di dalam kendaraan yang sedang melewati suatu tikungan. Adanya gaya tersebut menunjukkan adanya percepatan terhadap benda yang melakukan gerak melingkar.

### Keterangan:

Sekedar informasi tambahan dan mengingat kembali beberapa bahan sebelumnya bahwa adanya gaya yang bekerja pada suatu benda, menyebabkan benda tersebut mengalami percepatan atau mengalami gerak dengan kecepatan yang berubah beraturan. Gaya, dapat dirumuskan sebagai

$$F = m \cdot a$$

**Dimana:**  $F$  = gaya yang bekerja terhadap suatu benda

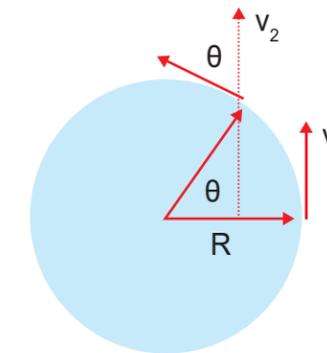
$m$  = massa benda yang mengalami gaya

$a$  = percepatan, atau kecepatan yang bertambah secara beraturan

Oleh karena itu, adanya 'gaya lempar' saat melewati suatu tikungan menunjukkan bahwa benda yang melakukan gerak melingkar sebenarnya mengalami percepatan. Percepatan yang arahnya ke pusat lingkaran pada lintasan melingkar tersebut, disebut sebagai percepatan sentripetal. Sementara 'gaya lempar' yang biasa kita rasakan saat melewati tikungan atau lintasan melingkar, biasa disebut sebagai percepatan sentrifugal.

Besar percepatan sentrifugal tidak boleh lebih besar daripada percepatan sentripetal. Mengapa demikian?

Pada saat suatu benda mengalami gerak melingkar, benda akan mengalami percepatan akibat dari gerak melingkar tersebut. Hal ini terjadi biarpun kecepatan gerak melingkar benda merupakan kecepatan tetap (tidak berubah). Benda yang mengalami gerak melingkar merupakan benda yang tadinya bergerak lurus, namun karena ada gaya lain yang menyebabkan terjadinya gerak melingkar. Gaya lain tersebut adalah gaya sentripetal yang arahnya ke titik pusat lintasan melingkar. Percepatan yang ditimbulkannya disebut sebagai percepatan sentripetal. Adanya percepatan ini timbul dari gerak benda yang melingkar, menyebabkan benda tersebut seolah-olah mengalami kecepatan yang bertambah dilihat dari titik pusat atau sumbu lintasan melingkar. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



Gambar 2.3 Arah vektor kecepatan pada gerak melingkar

- Pada saat benda yang melakukan gerak melingkar berada pada posisi 1, kecepatan  $v$  terhadap sumbu lingkaran adalah  $v_R = v \sin \theta$ , dimana  $\theta = 0$ , jadi  $\rightarrow v_R = v \sin 0 = 0$ .
- Setelah benda melakukan gerak melingkar hingga berada pada posisi 2 membentuk sudut  $\theta$ . Oleh karena itu sudut  $\theta \neq 0$ , dan kecepatan benda terhadap sumbu lingkaran adalah  $v_R = v \sin \theta$ .

Berdasarkan perbedaan posisi benda saat melakukan gerak melingkar, terdapat perbedaan kecepatan terhadap sumbu lingkaran, yaitu dari kecepatan  $v = 0$  pada posisi 1, menjadi bernilai tidak nol atau  $v \neq 0$  pada posisi 2. Percepatan yang terjadi antara posisi 1 dan posisi 2 ini disebut sebagai percepatan sentripetal yang arahnya terhadap sumbu lingkaran.

Selanjutnya, kita perlu mengetahui nilai percepatan sentripetal ke arah sumbu lingkaran tersebut. Berdasarkan perubahan kecepatan dari posisi 1 ( $v_1 = 0$ ) ke posisi 2 ( $v_2 \neq 0$ ), dalam selang waktu  $t$ , maka dapat kita tentukan percepatan sentripetal  $a_R$  sebagai berikut.

$$a_R = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{v_2 - 0}{t} = \frac{v_2}{t}$$

Nilai  $v_2$  maksimum terjadi pada saat sudut  $\theta = 90^\circ$  atau tegak lurus terhadap sumbu jari-jari lingkaran  $R$  dan diperoleh  $v_2 = v \sin 90^\circ = v$ , atau setara dengan kecepatan benda dalam melakukan gerak melingkar. Selanjutnya percepatan sentripetal menjadi

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

Selanjutnya, nilai selang waktu  $t$  dapat diperoleh berdasarkan jarak tempuh benda terhadap sumbu jari-jari lingkaran  $R$  dengan kecepatan  $v$ , diperoleh

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

maka nilai percepatan sentripetal menjadi

$$a_R = \frac{v}{R}$$

### Buktikan!!

Variabel  $a_R$  merupakan percepatan sentripetal, yaitu percepatan yang timbul akibat dari benda yang melakukan gerak melingkar. Arah percepatan sentripetal ke sumbu lingkaran pada lintasan gerak melingkar tersebut.

Adanya percepatan pada gerak benda menunjukkan adanya gaya yang bekerja terhadap benda tersebut. Gaya yang timbul akibat adanya percepatan sentripetal disebut sebagai gaya sentripetal.

Di samping gaya sentripetal, ada gaya sentrifugal yang arahnya berlawanan dengan gaya sentripetal. Gaya sentrifugal inilah yang menyebabkan seolah-olah ada 'gaya lempar' ketika kita melewati suatu tikungan dan melakukan gerak melingkar. Besar gaya sentrifugal haruslah tidak lebih besar daripada gaya sentripetal. Jika gaya sentrifugal lebih besar, maka benda yang melakukan gerak melingkar akan terpelanting keluar lintasan melingkar.



Gambar 2.4 Motor balap sedang melewati tikungan selalu dalam keadaan miring

## PENUGASAN 2

- Diskusikan mengapa pengendara sepeda atau sepeda motor selalu memiringkan kendaraannya saat melintasi tikungan.
- Diskusikan apa yang terjadi seandainya gaya sentripetal lebih besar daripada gaya sentrifugal.

### Contoh Soal:

Pada suatu jalan yang membentuk lintasan melingkar dengan jari-jari  $R = 9$  m. Berapa kecepatan maksimum yang diperbolehkan suatu kendaraan agar tidak melebihi percepatan sentripetal sebesar  $25 \text{ m/det}^2$ ?

### Jawab:

Percepatan sentripetal maksimum  $a_R = \frac{v_2}{R}$

$$\Leftrightarrow v_2 = a_R \cdot R$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{a_R \cdot R}$$

$$= \sqrt{25 \text{ m/det}^2 \times 9 \text{ m}} = \sqrt{225 \text{ m}^2/\text{det}^2}$$

$$= 15 \text{ m/det}$$

Jadi kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah  $v = 15 \text{ m/det}$  (atau  $54 \text{ km/jam}$ ).

## Penerapan Gerak Melingkar dalam Kehidupan Sehari-hari

Gerak melingkar terdiri dari gerak melingkar dengan kecepatan tetap (gerak melingkar beraturan), seperti yang telah kita bahas sebelumnya, juga terdapat gerak melingkar dengan kecepatan yang tidak tetap (gerak melingkar berubah beraturan). Kenyataannya, contoh-contoh gerak melingkar dengan kecepatan tidak tetap (berubah beraturan) cukup banyak di sekitar kita. Bahkan mungkin gerak melingkar dengan kecepatan berubah beraturan lebih banyak terdapat di lingkungan sehari-hari. Hal ini karena gerak melingkar dengan kecepatan tetap (gerak melingkar beraturan) cenderung tidak stabil. Tahukan Anda bahwa gerak edar bumi dan planet-planet lainnya dalam mengelilingi matahari merupakan gerak melingkar yang berubah beraturan?

Berbagai gerak melingkar yang terdapat pada suatu mesin juga menunjukkan gerak melingkar yang berubah beraturan, misalnya gerak putaran kipas yang dipengaruhi oleh putaran mesin. Tampak bahwa pada putaran rendah, mesin kelihatan agar bergetar atau bergoyang. Namun makin cepat putaran mesin makin kurang tampak adanya gerak melingkar yang tidak beraturan dan mesin tampak halus tidak bergetar.

Hal lain tampak pada putaran gasing, makin cepat putaran gasing makin tidak tampak adanya gerak melingkar yang tidak beraturan. Namun makin lambat putaran gasing, akan tampak bahwa ternyata putaran gasing juga merupakan gerak melingkar berybah beraturan. Dapatkah Anda menemukan beberapa contoh gerak melingkar lainnya? Apakah termasuk gerak melingkar beraturan atau tidak contoh gerak melingkar tersebut?

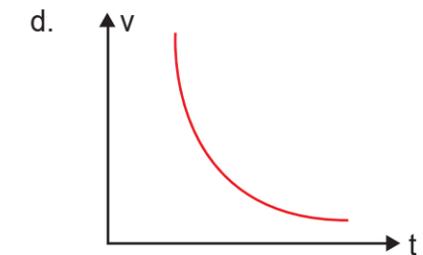
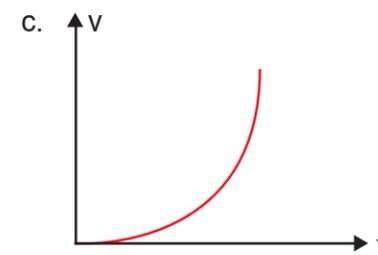
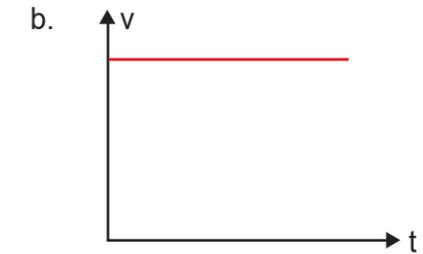
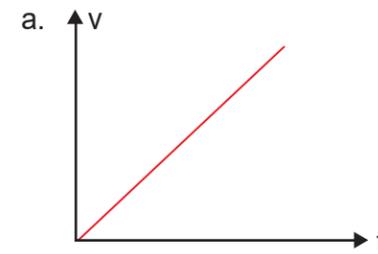
### PENUGASAN 3

- Dengan menggunakan tali atau benang yang ujungnya diberi beban (usahakan beban yang seringan mungkin agar tidak berbahaya bagi sekitarnya), putarkanlah beban tersebut secara perlahan membentuk gerak melingkar beraturan dan tidak beraturan.
- Cari dan kumpulkan berbagai contoh gerak melingkar di sekitar, seperti roda berputar, kincir berputar, jalan berkelok dan lainnya, serta tentukan sebagai gerak melingkar beraturan atau tidak beraturan.

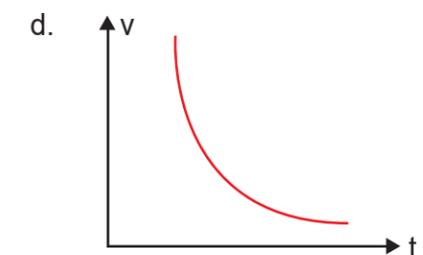
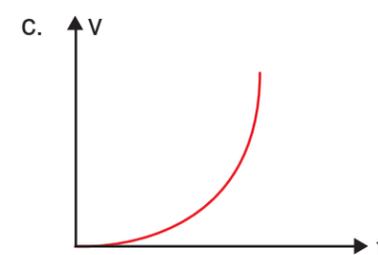
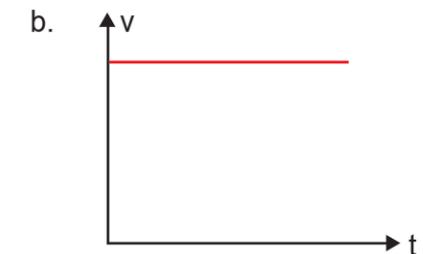
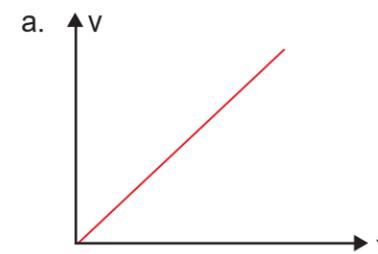
### EVALUASI

Pilihlah satu jawaban yang benar dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, dan D

- Pola grafik di bawah ini yang menunjukkan gerak lurus benda berkecepatan konstan adalah ....



- Pola grafik di bawah ini yang menunjukkan gerak lurus benda yang mengalami percepatan konstan adalah ....



3. Kesi berlari sepanjang jarak  $s = 100$  m dan diukur waktu tempuhnya adalah  $t = 12,5$  detik, maka kecepatan rata-rata Kesi berlari adalah ....
  - a. 8 m
  - b. 8 m/det
  - c. 8 det/m
  - d. 8 det
4. Suatu bola meluncur dari keadaan diam pada suatu bidang miring sepanjang  $s = 3$  m, dan diukur waktu tempuhnya adalah  $t = 1$  detik, maka kecepatan akhir benda di ujung lintasan adalah ....
  - a. 3 m/det
  - b. 6 m/det
  - c. 12 m/det
  - d. 15 m/det
5. Percepatan bola yang bergerak dari keadaan diam di bidang miring sepanjang  $s = 3$  m, yang ditempuh dalam waktu  $t = 1$  detik, adalah ....
  - a. 1 m/det<sup>2</sup>
  - b. 3 m/det<sup>2</sup>
  - c. 6 m/det<sup>2</sup>
  - d. 12 m/det<sup>2</sup>
6. Suatu bola dari keadaan diam terjatuh dari ketinggian  $h = 5$  m di atas permukaan tanah. Jika terukur membutuhkan waktu  $t = 1$  detik saat menyentuh tanah, maka kecepatan saat menyentuh tanah dan percepatan bola berturut-turut adalah ....
  - a. 5 m/det, 5 m/det<sup>2</sup>
  - b. 10 m/det, 5 m/det<sup>2</sup>
  - c. 5 m/det, 10 m/det<sup>2</sup>
  - d. 10 m/det, 10 m/det<sup>2</sup>
7. Gerak melingkar merupakan gerak benda yang membentuk lingkaran berpusat pada suatu sumbu yang berjarak  $R$  dari sumber gerak, dimana makin besar jarak  $R$ , maka ....
  - a. Makin kecil berat benda
  - b. Makin besar massa benda
  - c. Makin besar kecepatan benda
  - d. Makin kecil gaya sentripetal
8. Seorang siswa bermassa 60 kg mengendarai motor bermassa 180 kg dengan kecepatan 36 km/jam melalui tikungan berjari-jari  $R = 10$  m. Gaya sentripetal yang bekerja sebesar ....
  - a. 4.800 newton
  - b. 3.600 newton
  - c. 2.400 newton
  - d. 1.800 newton

9. Jika gaya sentripetal lebih besar daripada berat benda tersebut, maka benda akan terpental. Tentukan kasus di bawah ini apakah benda akan terpental atau tidak: "Sebuah mobil bermassa 800 kg meluncur dengan kecepatan 90 km/jam pada tikungan berjari-jari  $R = 5$  m." Gaya sentripetal yang bekerja dan keadaan yang terjadi pada mobil adalah ....
  - a. 4.000 N, tidak terpental
  - b. 8.000 N, tidak terpental
  - c. 90.000 N, terpental
  - d. 100.000 N, terpental
10. Beberapa hal yang perlu diperhatikan agar kita bisa melaju melewati suatu tikungan secara aman, kecuali ....
  - a. Kecepatan diperlambat
  - b. Beban tidak berlebihan
  - c. Diameter ban diperbesar
  - d. Jari-jari lintasan diperbesar

**Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat**

1. Perbedaan antara gerak lurus kecepatan konstan dengan gerak lurus percepatan konstan adalah ....
2. Benda yang mengalami kecepatan konstan, maka nilai percepatannya adalah ....
3. Benda yang mengalami kecepatan konstan, maka nilai gaya yang bekerja pada benda tersebut adalah ....
4. Suatu bola dari keadaan diam meluncur pada bidang miring sepanjang 2 m dalam waktu  $t = 1$  detik, memiliki kecepatan rata-rata dan percepatan sebesar ....
5. Percepatan sentripetal adalah ....

**Jawablah pertanyaan di bawah ini secara singkat dan tepat**

1. Mengapa gerak lurus kecepatan konstan memiliki kecepatan yang tetap (tidak berubah)?
2. Mengapa benda yang mengalami gerak lurus kecepatan konstan tidak memiliki gaya?
3. Apa yang menyebabkan suatu benda yang mengalami gerak lurus percepatan konstan memiliki kecepatan yang berubah secara teratur?
4. Mengapa ada percepatan pada suatu gerak berkecepatan tetap yang melalui lintasan melingkar?
5. Bagaimana cara agar gaya sentripetal akibat gerak melingkar bisa dikurangi?



Gambar 3.1 Gerak dan gaya merupakan gejala alam yang saling berkaitan

Dalam pembahasan mengenai gerak, terutama pada gerak lurus percepatan konstan, maka kita juga sebenarnya membahas tentang gaya. Mengapa gaya berhubungan dengan gerak lurus percepatan konstan? Kenyataannya adalah gaya dengan gerak ternyata tidak bisa dipisahkan satu dengan lainnya, akan kita bahas bersama dalam bab ini.

Selanjutnya, apa yang dimaksud dengan gaya? Apa hubungan antara gaya dan gerak? Pertanyaan ini merupakan pertanyaan mendasar bagi kita untuk mengetahui fenomena gerak.

Pada abad 17, seorang ilmuwan asal Inggris bernama Isaac Newton (1642-1727) berhasil menjelaskan fenomena tersebut. Awalnya terjadi ketika Newton masih kecil merasa takjub ketika melihat buah apel di kebunnya terjatuh dari pohon. Gerak jatuh bebas buah apel itu menimbulkan pertanyaan pada diri Newton kecil itu. Apa yang menyebabkan buah apel itu bergerak ke bawah? Kekuatan apa yang menyebabkan apel itu tertarik ke bawah? Istilah 'kekuatan' dalam bahasa Inggris adalah 'force'. Dalam istilah bahasa Indonesia 'kekuatan' ini diartikan sebagai 'gaya'.

Jadi gaya bisa diartikan sebagai kekuatan yang mampu menarik buah apel itu bergerak jatuh ke bumi. Oleh karena itu, secara umum bisa diartikan bahwa adanya gaya terhadap suatu benda menyebabkan benda itu bergerak. Dapatkah Anda menunjukkan beberapa contoh adanya gaya yang menyebabkan benda-benda di sekitar bergerak?

Contohnya Anda bergerak dengan cara berjalan atau berlari atau jenis gerak lainnya disebabkan oleh gaya dari tubuhmu. Orang yang sedang bersepeda bergerak akibat dari gaya yang ada pada kaki orang itu ketika mengayuh pedal sepeda. Mobil dan motor bergerak akibat adanya gaya pada mesin atau motor tersebut. Beberapa benda dari besi dapat ditarik magnet akibat adanya gaya dari magnet tersebut yang disebut gaya magnet. Lalu, gaya apa yang menyebabkan buah apel bergerak jatuh ke bawah? Gaya yang menyebabkan buah apel itu jatuh adalah gaya gravitasi bumi. Apa lagi contoh gaya yang bisa Anda tunjukkan di sekitarmu?



Gambar 3.2 Apel jatuh dari pohon



Gambar 3.3 Gerak benda di sekitar karena adanya gaya



## Gaya Sentuh dan Gaya Tak Sentuh

Gaya, berdasarkan sifatnya, dapat dibedakan menjadi gaya sentuh dan gaya tak sentuh. Gaya sentuh adalah gaya yang bekerja pada benda melalui sentuhan langsung terhadap benda tersebut. Sedangkan gaya tak sentuh adalah gaya yang bekerja pada benda tanpa melalui sentuhan terhadap benda tersebut. Dapatkah Anda menunjukkan contoh-contoh gaya yang termasuk gaya sentuh? Juga contoh-contoh gaya yang termasuk gaya tak sentuh?

Pada waktu Anda berjalan atau berlari, otot pada kaki Anda menghasilkan gaya yang menggerakkan tubuhmu hingga bisa berjalan atau berlari. Oleh karena itu gaya yang dihasilkan dari kontraksi otot disebut sebagai gaya otot. Menurut Anda termasuk gaya sentuh atau gaya tak sentuh gaya otot ini?

Otot pada kaki ini menempel pada tulang kaki. Pada saat otot berkontraksi, tulang kaki ikut bergerak, dan kaki Anda melakukan gerakan berjalan atau berlari. Hal ini berlaku juga pada otot lainnya, seperti otot tangan. Karena sifatnya yang bersentuhan langsung dengan tulang yang melakukan gerakan, maka gaya otot yang menyebabkan gerakan berjalan dan berlari tersebut bisa digolongkan sebagai gaya sentuh.

Beberapa benda di sekitar kita bisa bergerak tanpa melalui sentuhan. Gaya yang dapat menggerakkan benda tanpa melalui sentuhan biasa disebut sebagai gaya tak sentuh. Beberapa contoh diantaranya adalah benda jatuh bebas. Setiap benda di atas permukaan bumi mengalami gaya tarik bumi dan akibatnya akan cenderung jatuh ke bawah (ke arah bumi). Gaya tarik bumi tidak dapat kelihatan oleh mata kita, tetapi kita dapat melihat bahwa setiap benda selalu jatuh ke 'bawah'. Karena tidak tampak sentuhan gaya tarik tersebut terhadap benda, maka gaya tarik bumi bisa digolongkan sebagai gaya tak sentuh.

Dapatkah Anda menunjukkan contoh-contoh gaya lain dan menggolongkannya sebagai gaya sentuh atau gaya tak sentuh? Untuk menjawab pertanyaan ini, lakukan kegiatan berikut.

### KEGIATAN 1

- Amati segala macam gerak di sekitar Anda dan tentukan gaya yang bekerja pada benda tersebut sebagai gaya otot, gaya mesin, gaya pegas/karet, gaya tarik bumi, gaya listrik, dan gaya magnet.
- Buatlah daftar berupa tabel seperti di bawah ini, berdasarkan hasil pengamatan Anda terhadap segala macam jenis gerak dan gaya tersebut.

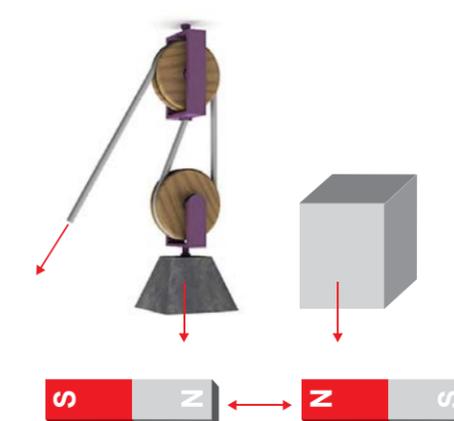
- Golongkan berbagai macam gaya tersebut sebagai gaya sentuh atau tak sentuh, dan catatkan ke dalam tabel.

Jenis Gerak	Jenis Gaya	Gaya Sentuh	Gaya Tak Sentuh
Berjalan	Gaya otot	✓	-
Berlari	Gaya otot	....	....
bersepeda	....	....	....
Benda jatuh	....	....	....
....	Gaya listrik	....	....
....	Gaya magnet	....	....
....	....	....	....

Berdasarkan tabel di atas, gaya bisa digolongkan dalam berbagai jenis. Namun pada prinsipnya semua gaya itu mempunyai karakteristik yang sama, yaitu mampu menggerakkan benda dari keadaan diam. Dapatkah Anda menyebutkan karakteristik lainnya dari gaya?



Gambar 3.4 Gaya sentuh



Gambar 3.5 Gaya tak sentuh



## Hukum Newton Mengenai Gerak

Apa yang dimaksud dengan gerak? Apa hubungannya dengan gaya? Sir Isaac Newton, seorang ilmuwan Inggris pada abad 17, menyatakan beberapa hal mengenai gerak yang menjadi hukum mengenai gerak yang terdiri dari tiga hukum.

**Hukum pertama Newton menyatakan bahwa:**

Sebuah benda akan diam atau bergerak dengan kecepatan tetap (konstan) selama tidak ada gaya yang bekerja terhadap benda tersebut

Pernyataan pertama Hukum Newton menjelaskan bahwa benda yang tidak mengalami gaya, berarti benda tersebut berada dalam keadaan tidak bergerak (atau kecepatan  $v = 0$ ), atau benda yang tidak lagi mengalami gaya (setelah sebelumnya pernah mengalami gaya) akan cenderung mengalami gerak lurus kecepatan konstan dengan kecepatan tetap.

Contohnya sebuah bola, akan diam selama tidak ada gaya yang bekerja pada bola tersebut. Agar bola tersebut bergerak, maka kita harus menendang atau menyodok bola tersebut. Akibatnya, bola mengalami gaya berupa dorongan dan akan bergerak dengan kecepatan yang berubah, yaitu dari keadaan diam saat belum dipengaruhi gaya atau  $v = 0$ , hingga bola mencapai kecepatan tertentu yang tidak nol atau  $v \neq 0$ .

Selanjutnya, bola yang sudah bergerak dengan kecepatan tertentu tersebut tidak lagi dalam pengaruh gaya saat tendangan atau sodokan terhadap bola tersebut lepas. Saat bola tidak lagi mengalami gaya, bola tetap bergerak dengan kecepatan tetap dari kecepatan akhir sebelumnya saat bola masih mengalami gaya.



Gambar 3.6 Bola melambung pada permainan bola dapat menentukan kemenangan

Pada contoh di atas, gaya yang bekerja pada bola melalui tendangan/dorongan hanya berlangsung singkat, namun hal itu cukup untuk menggerakkan bola itu.

Adanya gaya menimbulkan gerak pada bola tersebut hingga mengalami gerak lurus dengan percepatan konstan, yaitu dari keadaan diam atau  $v = 0$ , menjadi mempunyai kecepatan atau  $v \neq 0$ . Saat gaya tidak lagi mempengaruhi, bola tersebut mengalami gerak lurus kecepatan konstan.

Pertanyaan berikutnya, apa yang menyebabkan bola mengalami gerak lurus dengan percepatan konstan? Mari kita lanjutkan pada hukum Newton berikutnya.

### Hukum kedua Newton menyatakan bahwa:

Benda yang mengalami gaya akan mengalami percepatan yang besarnya sebanding dengan besar gaya tersebut, namun berbanding terbalik dengan massa benda, atau ditulis:  $F = m a$

Dimana:  $F$  = gaya,  $m$  = massa,  $a$  = percepatan

Berdasarkan pernyataan di atas, mempunyai pengertian bahwa makin besar gaya, benda mengalami percepatan yang makin besar pula. Adanya gaya menyebabkan benda mengalami gerak lurus dengan percepatan konstan.

Pernyataan hukum kedua Newton ini menjelaskan adanya hubungan tak terpisahkan antara gaya dan percepatan dengan gerak lurus percepatan konstan. Adanya gaya terhadap suatu benda menyebabkan benda tersebut mengalami percepatan yang menyebabkan benda bergerak secara lurus dengan kecepatan yang berubah (makin lama makin cepat) secara beraturan.

### Keterangan:

Dalam beberapa kasus, tidak semua gaya menyebabkan suatu benda bergerak makin lama makin cepat. Gaya lainnya bisa menyebabkan suatu benda kecepatannya makin lama makin perlahan, dan lalu berhenti. Misalnya gaya gesekan.

Arah gaya gesekan selalu berlawanan dengan arah gerak benda. Akibatnya gaya gesekan selalu membuat kecepatan benda makin lama makin perlahan, selanjutnya berhenti.

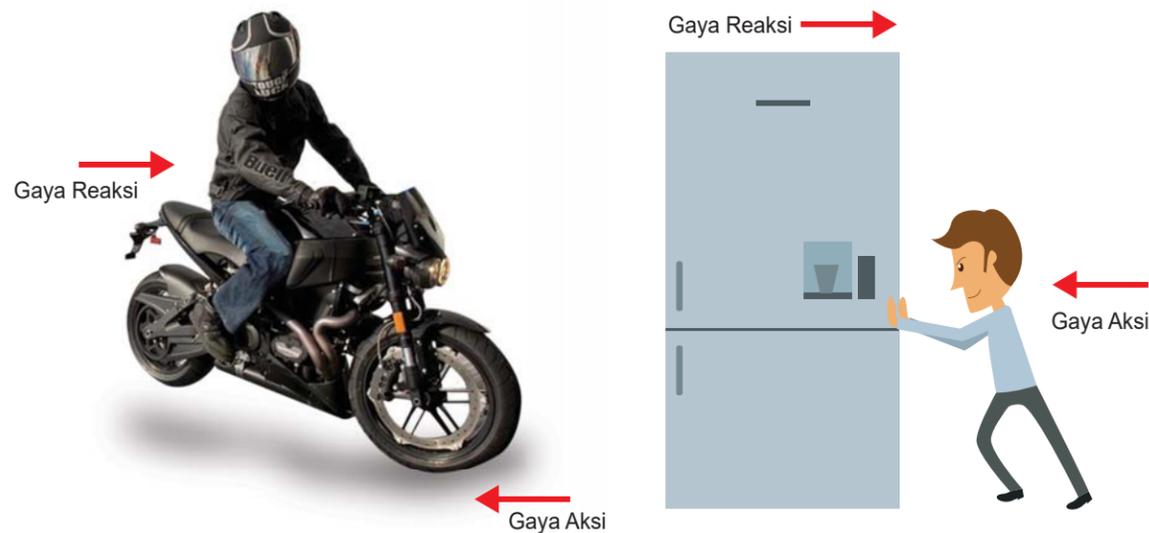
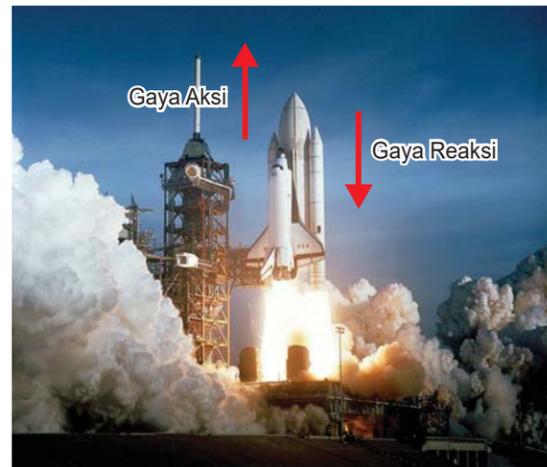


Gambar 3.7 Gaya gesekan selalu berlawanan dengan arah benda

### Hukum ketiga Newton menyatakan bahwa:

Pada setiap aksi berupa gaya yang bekerja pada suatu benda, akan menimbulkan reaksi berupa gaya yang besarnya sama, namun arahnya berlawanan.

Pernyataan di atas bisa dijelaskan misalnya saat Anda berada di dalam kendaraan bermotor yang baru bergerak dari keadaan diam. Pada saat kendaraan bergerak maju, seolah-olah ada gaya dorong yang mendorong Anda ke arah sebaliknya dari arah maju kendaraan. Begitu juga sebaliknya, pada saat kendaraan memperlambat kecepatan akibat adanya gaya yang menghambat gerak kendaraan (arah gaya berlawanan dengan arah gerak kendaraan), seolah-olah ada gaya yang mendorong Anda ke depan.



Gambar 3.8 Gaya aksi dan gaya reaksi

Jadi, pada dasarnya, adanya aksi gaya, selalu diikuti dengan adanya reaksi berupa gaya yang nilainya sama besar namun arahnya berlawanan, atau dapat ditulis:

$$\text{aksi} = - \text{reaksi}$$

Dapatkah Anda menunjukkan contoh-contoh lain di sekitar kita berkaitan dengan hukum ke-3 Newton tersebut?

## Hubungan Gaya dengan Gerak

Pembahasan berikutnya akan membantu pemahaman kita tentang gejala gerak pada benda, dalam hubungannya dengan gaya. Adanya gaya, menyebabkan suatu benda bisa bergerak dari keadaan diam. Artinya jika tidak ada gaya, maka tidak mungkin benda-benda sekeliling kita bisa bergerak. Padahal kalau kita amati, hampir seluruh benda di sekitar kita selalu bergerak!

Mengenai gerak, khususnya gerak lurus, kita sudah mengetahui dari pembahasan sebelumnya, bahwa gerak terdiri dari gerak lurus kecepatan konstan dan gerak lurus percepatan konstan. Pada dasarnya, dalam kehidupan sehari-hari, sangat sulit melihat adanya benda yang mengalami gerak lurus kecepatan konstan karena adanya gesekan dari lingkungan sekitarnya. Misalnya gesekan dari lantai (saat benda bergerak di atas lantai) dan udara di sekitar benda yang bergerak. Adanya gesekan ini menyebabkan benda di sekitar kita selalu mengalami perlambatan, atau kecepatan benda cenderung melambat dan akhirnya berhenti.

Gaya gesekan juga merupakan gaya yang besarnya selalu negatif (berlawanan arah dengan arah gerak benda), karena bersifat melambatkan gerak benda. Oleh karena itu, gaya gesekan menimbulkan perlambatan pada benda, bukan percepatan. Adanya gaya gesekan yang menimbulkan perlambatan ini hampir tidak dapat dihindari dalam kehidupan kita sehari-hari, terutama karena adanya udara di sekitar kita yang selalu mengelilingi kita.

Mengenai hubungan antara gaya dengan gerak lurus percepatan konstan, dapat digambarkan melalui adanya percepatan, karena benda yang mengalami percepatan, kecepatannya bertambah makin lama makin cepat. Menurut Sir Isaac Newton, seorang ilmuwan Inggris, hubungan antara gaya dengan percepatan ditulis sebagai:

$$F = m \cdot a$$

Dimana:  $F$  = gaya,  
 $a$  = percepatan, dan  
 $m$  = massa.

Satuan gaya dinyatakan sebagai Newton.

Misalnya 1 Newton setara dengan besarnya gaya untuk menggerakkan benda bermassa 1 kg hingga benda tersebut bergerak dengan mengalami percepatan sebesar  $1 \text{ m/det}^2$ .

Berdasarkan rumusan di atas, dapat dijelaskan bahwa makin besar massa benda ( $m$ ), maka makin besar gaya ( $F$ ) yang dibutuhkan untuk menggerakkan benda tersebut. Begitu juga makin besar percepatan ( $a$ ) yang dialami benda, berarti makin besar gaya yang bekerja terhadap benda tersebut.

### Contoh Soal:

1. Suatu benda bermassa  $m = 1 \text{ kg}$  mengalami gaya yang menyebabkan benda mengalami percepatan sebesar  $a = 1 \text{ m/det}^2$ . Berapa gaya yang bekerja pada benda?

**Jawab:**  $F = m \cdot a$   
 $= 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/det}^2$   
 $= 1 \text{ Newton}$

2. Kelereng bermassa 15 gram bergerak menggelinding pada bidang miring. Akibat pengaruh gravitasi pada bidang miring tersebut, kelereng mengalami percepatan  $1 \text{ m/det}^2$ . Berapa gaya yang bekerja pada kelereng tersebut?

**Jawab:** Massa kelereng  $m = 15 \text{ gram} = 0,015 \text{ kg}$   
Percepatan terhadap kelereng  $a = 1 \text{ m/det}^2$   
Maka gaya yang bekerja pada benda  $F = m \cdot a = 0,015 \text{ kg} \times 1 \text{ m/det}^2 = 0,015 \text{ Newton}$

3. Jika bola bermassa 1 kg, dalam keadaan diam didorong dalam waktu 1 detik hingga mencapai kecepatan 3 m/det, berapa besar gaya yang bekerja pada bola tersebut?

**Jawab:**  
Massa bola  $m = 1 \text{ kg}$ ,  
Waktu  $t = 1 \text{ detik}$ ,  
Kecepatan awal  $v_A = 0$   
Kecepatan akhir  $v_B = 3 \text{ m/det}$   
Maka besar percepatan :  $a = \frac{v_B - v_A}{t} = \frac{3 \text{ m/det} - 0}{1 \text{ detik}} = 3 \text{ m/det}^2$   
dan besar gaya yang bekerja pada bola :  $F = m \cdot a$   
 $= 1 \text{ kg} \times 3 \text{ m/det}^2$   
 $= 3 \text{ Newton}$

Perhatikan bahwa besaran gaya (satunya Newton) ternyata terdiri dari beberapa besaran, seperti massa dan percepatan. Sementara besaran percepatan juga terdiri dari beberapa besaran, seperti besaran panjang (satunya meter) dan besaran waktu (satunya detik).

### Keterangan:

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur gaya adalah neraca pegas. Prinsip kerja dari neraca pegas ialah gaya yang bekerja pada benda yang hendak diukur, diperbandingkan dengan gaya pegas atau per (bisa juga karet) yang terdapat pada neraca pegas.



Gambar 3.9 Neraca pegas

## Penggambaran Gaya

Penggambaran gaya, seperti juga pada penggambaran gerak, biasanya menggunakan tanda panah. Tanda panah ini menggambarkan nilai dan juga arah gaya pada benda.

Pada suatu benda dengan tanda panah ke arah utara, maka yang dimaksud benda itu mengalami gaya ke arah utara. Begitu juga jika tanda panah pada benda mengarah ke selatan, maka benda itu mengalami gaya ke arah selatan. Tidak mungkin suatu gaya pada benda mengarah ke utara, tapi benda bergerak ke arah selatan, atau ke arah lainnya.

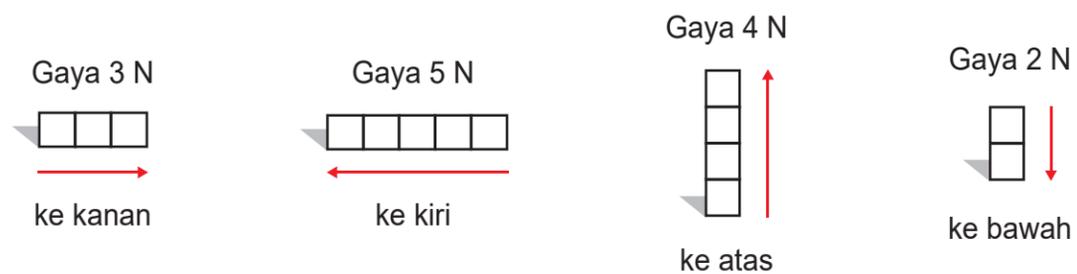
Dengan menggunakan kertas berpetak, Anda bisa menggambarkan besar gaya yang bekerja pada suatu benda. Misalnya gaya sebesar 3 newton mengarah ke kanan, maka digambarkan suatu garis lurus ke arah kanan sepanjang 3 petak. Karena gaya 3 newton digambarkan dengan 3 petak garis, maka skala yang digunakan

$$\frac{3 \text{ newton}}{3 \text{ petak}} = \frac{1 \text{ newton}}{1 \text{ petak}}$$

artinya: skalanya 1 : 1 atau 1 petak garis sebanding dengan gaya sebesar 1 newton.

### Keterangan:

Satuan gaya adalah Newton, sebagai penghargaan bagi Sir Isaac Newton yang berhasil merumuskan konsep tentang gaya. Di samping memiliki besaran, gaya juga mempunyai arah. Gaya sebesar 3 newton (ditulis 2 N) ke arah kanan, digambarkan dengan suatu tanda panah sepanjang 3 petak ke arah kanan. Begitu juga gaya 5 newton ke arah kiri digambarkan dengan tanda panah sepanjang 5 petak ke arah kiri. Gaya 4 newton ke arah atas digambarkan dengan tanda panah 4 petak ke arah atas. Gaya 2 newton ke bawah digambarkan dengan tanda panah 2 petak ke arah bawah. Skala yang digunakan adalah 1 : 1, atau untuk 1 petak sebanding dengan gaya sebesar 1 N.



## PENUGASAN 1

- Gambarkan beberapa gaya seperti berikut, 5 N, 10 N, 15 N, 20 N, 30 N masing-masing ke arah kanan dan atas pada kertas berpetak. Skala yang digunakan adalah 1 : 5
- Gambarkan gaya ke atas sebesar 10 N lalu bersambung dengan gaya ke kanan sebesar 25 N, dan selanjutnya gaya ke bawah 30 N dan ke kiri 5N. Penggambaran menggunakan Skala yang digunakan adalah 1 : 5 dan 1 : 10.

## LATIHAN 1

1. Apa hubungan gaya dengan gerak?
2. Apa hubungan antara gaya dengan percepatan?
3. Berapa besar gaya pada benda bermassa 5 kg yang mengalami percepatan sebesar 10 m/det<sup>2</sup>?
4. Berapa besar gaya pada benda bermassa 1 kg yang bergerak dari keadaan diam hingga kecepatan 10 m/det dalam selang waktu 1 detik?
5. Bagaimana kita menggambarkan besar dan arah gaya pada lembar kertas berpetak?

### A. Resultan Gaya

Resultan gaya merupakan hasil penjumlahan dari beberapa gaya yang bekerja pada suatu benda.

#### Contoh Soal:

Pada suatu benda, bekerja gaya sebesar 5 N ke arah kanan. Kemudian ada gaya lain yang

bekerja pada benda tersebut sebesar 7 N ke arah yang sama. Berapa resultan gaya atau hasil penjumlahan gaya-gaya tersebut?

**Jawab:**

Gaya ke kanan  $F_1 = 5 \text{ N}$

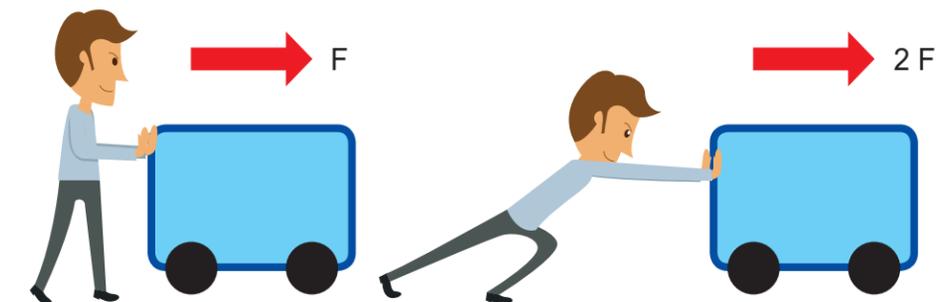
Gaya ke arah yang sama  $F_2 = 7 \text{ N}$

Maka resultan gaya  $F_R = F_1 + F_2$

$$F_R = 5 \text{ N} + 7 \text{ N}$$

$$F_R = 12 \text{ N ke Arah kanan}$$

Contoh di atas mengenai resultan gaya bisa digambarkan sebagai seseorang yang mendorong meja dengan gaya sebesar 5 N, kemudian temannya datang menolong mendorong meja tersebut dengan gaya sebesar 7 N ke arah yang sama. Maka pada meja tersebut bekerja gaya yang besarnya merupakan hasil penjumlahan dari gaya kedua orang tersebut dalam mendorong meja, yaitu  $5 \text{ N} + 7 \text{ N} = 12 \text{ N}$ .



Gambar 3.40 Adanya gaya ditunjukkan melalui tanda panah yang menunjukkan besar dan arah gaya

Sebelumnya telah dibahas bahwa besar gaya sebanding dengan percepatan atau gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Begitu juga, telah dibahas bahwa gerak selalu mempunyai arah. Oleh karena itu gaya juga selalu mempunyai arah.

Salah satu contoh untuk menjelaskan tentang arah gerak ialah jika Anda mengamati permainan kelereng. Untuk lebih jelasnya bisa lakukan kegiatan berikut.

## KEGIATAN 2

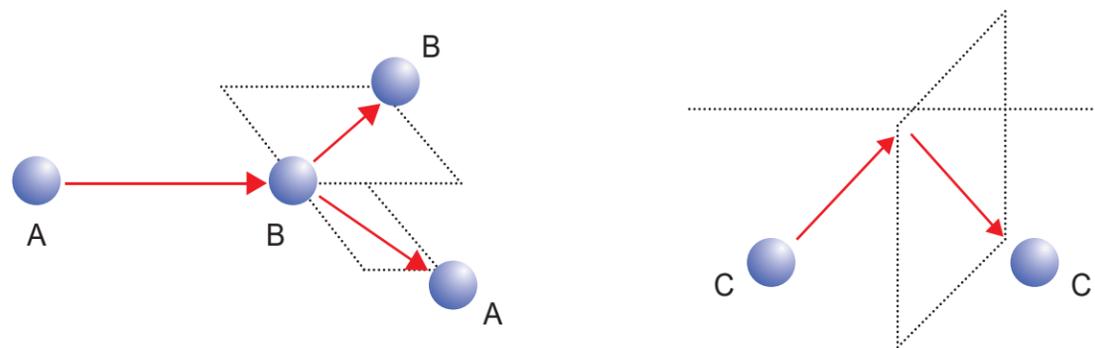
- Ambillah dua buah kelereng selanjutnya kita beri nama kelereng A dan kelereng B.
- Kelereng A ditumbukkan ke kelereng B, amati hasil tumbukan. Apakah arah gerak kedua

kelereng tersebut sama saat sebelum dan sesudah tumbukan?

- Ulangi beberapa kali tumbukan antara kedua kelereng tersebut.
- Selanjutnya tumbukkan sebuah kelereng ke dinding yang keras. Amati arah kelereng sebelum dan sesudah tumbukan

Apakah menurut Anda arah gerak kelereng selalu sama sebelum dan sesudah tumbukan? Bagaimana Anda menjelaskan hal tersebut?

Untuk menggambarkan besar dan arah gaya pada kelereng kita bisa menggunakan diagram gaya seperti di bawah ini



Kelereng A menumbuk B

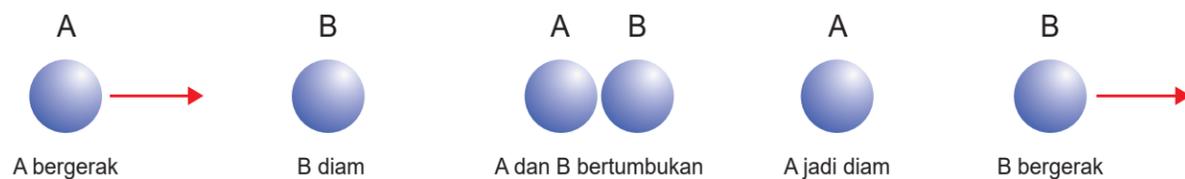
Gambar 3.41

Kelereng C memantul dari tembok

Pada gambar di atas tampak bahwa kelereng setelah mengalami gaya arahnya bisa berubah dan tidak selalu segaris lurus. Hal ini akibat adanya gaya lain yang arahnya tidak segaris lurus dengan gaya pertama.

Bagaimana jika gaya-gaya pada kelereng itu segaris lurus?

Jika ada gaya segaris tapi arahnya berlawanan dianggap bernilai negatif. Contoh: kelereng A setelah mengalami gaya menumbuk kelereng B. Jika kelereng A setelah tumbukan langsung berhenti (diam), maka gaya yang tadinya di kelereng A berpindah ke kelereng B dengan arah yang sama.



Gambar 3.42

Dari kegiatan yang sebelumnya telah kita lakukan menunjukkan bahwa gaya mempunyai arah dan besar resultan gaya merupakan jumlah dari semua gaya tersebut

## PENUGASAN 2

- Jumlahkan resultan gaya dari 5 buah gaya, dimana gaya yang ke kiri sebesar 5 N, 8 N, dan 12 N, sementara gaya ke kanan masing-masing sebesar 10 N dan 15 N.
- Gambarkan 4 buah gaya yang berlawanan arah pada kertas berpetak, yaitu 5 N ke kanan, 10 N ke kiri, 15 N ke atas dan 20 N ke bawah. Diskusikan dengan teman Anda berapa resultan dari keempat gaya tersebut.

## LATIHAN 2

1. Apa yang dimaksud dengan resultan gaya?
2. Mengapa untuk mengukur dan menghitung gaya, tidak hanya besarnya yang perlu diketahui, tapi juga arah gaya?
3. Menurut Anda samakah gaya 20 N dimana yang satu mengarah ke kanan, sedang yang lain mengarah ke kiri?
4. Berapa resultan gaya dari 4 buah gaya, masing-masing sebesar 5 N, 10 N, 15 N, dan 20 N, pada arah yang sama?
5. Berapa resultan gaya dari 4 buah gaya, yang mengarah ke kanan sebesar 5 N dan 15 N, sedang yang mengarah ke kiri sebesar 10 N dan 20 N? Bandingkan hasil ini dengan hasil pada no.4 di atas. Mengapa terjadi perbedaan antara hasil no.5 dengan no.4 di atas padahal ke-4 gaya tersebut nilainya sama?

### B. Gaya Gesekan

Pada semua benda yang mengalami gaya di lingkungan sekitar kita, sulit untuk dihindari adanya gaya gesekan pada benda tersebut. Gaya gesekan itu biasanya berupa hambatan udara dari lingkungan kita, tapi bisa juga karena benda yang bergerak tersebut bergesekan dengan lantai. Kenyataan yang tidak dapat disangkal bahwa semua benda yang bergerak selalu berada di udara hingga selalu ada gesekan udara pada semua benda tersebut.

Gaya gesekan tersebut selalu bersifat negatif, karena bersifat memperlambat gerak benda dan oleh karena itu arahnya selalu berlawanan arah dengan arah gerak benda. Kita dapat menggambarkan adanya gaya gesekan terhadap gerak benda seperti berikut.



**Dimana:**  $F$  = gaya yang bekerja pada benda

$f_g$  = gaya gesekan yang terjadi pada benda

**Keterangan:**

Sebelumnya telah dibahas mengenai kemungkinan adanya gaya yang searah dan juga yang berlawanan arah. Contoh adanya gaya yang selalu berlawanan arah dalam kehidupan sehari-hari adalah gaya gesekan. Adanya gaya gesekan menyebabkan benda yang bergerak, perlahan-lahan berhenti. Contohnya bola yang meluncur di lantai datar, lama kelamaan akan berhenti akibat adanya gaya gesekan. Gesekan pada bola terjadi dengan lantai dan hambatan udara (gesekan akibat adanya hambatan udara biasanya diabaikan).

Besarnya gaya gesekan bergantung pada permukaan benda yang bergesekan. Pada permukaan yang kasar, cenderung gaya gesekan lebih besar daripada permukaan licin. Beberapa gaya gesekan ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan.

Sebagai awal dari kegiatan ini, buatlah daftar berupa benda-benda yang bergesekan di sekitar, misalnya sol sepatu dengan lantai, ban mobil dengan jalan, roda dengan porosnya, dan lainnya.

**C. Gesekan Statis dan Gesekan Kinetis**

Gaya gesekan yang bekerja pada benda dibedakan menjadi gesekan statis dan gesekan kinetis. Gesekan statis (ditulis  $f_s$ ) merupakan gesekan pada saat benda mulai bergerak. Sesuai dengan hukum Newton pertama yang menyatakan bahwa benda cenderung diam atau bergerak dengan kecepatan tetap. Pada saat benda diam dibutuhkan gaya awal yang cukup besar agar benda bisa bergerak. Ini yang disebut gesekan statis. Selanjutnya, setelah benda bergerak, gaya gesekan menjadi lebih kecil daripada gesekan statis. Ini yang disebut gesekan kinetis (ditulis  $f_k$ ). Mengapa gesekan kinetis selalu lebih kecil daripada gesekan statisnya?

**Contoh Soal:**

Suatu balok di atas lantai membutuhkan gaya sebesar 2 N agar bisa lepas dari gaya gesekan statis terhadap lantai. Selanjutnya, setelah benda bergerak, gesekan kinetis pada benda hanya sebesar 1 N. Dapatkah benda bergerak terus setelah tidak lagi berada pada kondisi diam, jika pada benda hanya bekerja gaya sebesar 1,5 N?

**Jawab:**

Benda bisa tetap bisa bergerak dengan gaya 1,5 N dalam kondisi benda sudah bergerak, karena gesekan kinetisnya lebih kecil daripada gaya yang bekerja pada benda.

Dalam kondisi diam, gaya sebesar 1,5 N tidak cukup untuk menggerakkan benda karena gesekan statisnya lebih besar (yaitu 2 N).

**D. Gaya Gesekan pada Kehidupan Sehari-hari**

Adanya gaya gesekan ini menyebabkan dibutuhkan gaya yang lebih besar untuk menggerakkan benda. Sebagian gaya yang dihasilkan mesin mobil dan motor habis terpakai untuk mengatasi adanya gaya gesekan pada mesin, walaupun mesin mobil dan motor sudah menggunakan oli pelumas yang bertujuan mengurangi gesekan.

Begitu juga saat Anda berjalan, Anda akan menemui hambatan berupa udara. Apalagi jika angin bertiup ke arah yang berlawanan, menyebabkan Anda harus mengeluarkan gaya yang lebih besar lagi untuk berjalan.



Gambar 3.43 Sol sepatu dan ban mobil tempat terjadinya gesekan

Jadi adanya gesekan menimbulkan banyak energi yang terbuang. Oleh karena itu gesekan itu perlu dihilangkan, paling tidak dikurangi sebesar mungkin. Manusia berusaha untuk mengurangi gesekan ini, misalnya melalui adanya oli pelumas pada mobil untuk memperlicin beberapa permukaan yang bergesekan pada mesin. Bentuk mobil juga dirancang aerodinamis (bisa menyesuaikan dengan aliran udara) agar mampu mengurangi gesekan dengan udara.

Disamping kerugian yang ditimbulkan oleh gesekan ini, ternyata juga bisa dimanfaatkan untuk kepentingan tertentu. Misalnya sepatu bersol karet, berfungsi agar karet yang mempunyai gesekan besar terhadap permukaan yang bersentuhan, seperti lantai, mampu melindungi manusia dari kemungkinan tergelincir. Dapatkah Anda menjelaskan mengapa ban mobil dan ban sepeda terbuat dari karet?

**PENUGASAN 3**

- (a) Buatlah daftar berisi bahan-bahan atau benda yang mempunyai kecenderungan saling bergesekan satu dengan lainnya.

(b) Tentukan di antara daftar benda-benda bergesekan yang telah Anda buat tersebut, mana yang bisa digolongkan sebagai gaya gesekan menguntungkan dan mana yang merugikan?

### LATIHAN 3

1. Apa pengaruh adanya gesekan terhadap gerak suatu benda?
2. Mengapa gaya gesekan merupakan gaya yang bersifat negatif?
3. Sebutkan beberapa gaya gesekan yang menguntungkan dan jelaskan alasanmu!
4. Sebutkan beberapa gaya gesekan yang merugikan dan jelaskan alasanmu!
5. Apa yang dimaksud gesekan statis dan apa bedanya dengan gesekan kinetis?

### Berat dan Massa

Selama ini kita sudah mengenal istilah 'massa' dan 'berat'. Dalam konteks fisika, massa merupakan berat dalam pengertian sehari-hari, tanpa pengaruh adanya gaya gravitasi. Sementara berat merupakan massa benda yang berada dalam pengaruh suatu gaya gravitasi. Oleh karena itu berat merupakan akibat dari gaya gravitasi, sementara gaya gravitasi bisa berubah-ubah bergantung dimana benda tersebut berada. Benda di bumi beratnya tidak sama dengan berat benda tersebut di bulan, karena besar gravitasi bumi dan bulan berbeda. Sedangkan massa tidak bergantung pada gaya gravitasi, oleh karena itu massa di bumi ataupun di berbagai tempat lainnya, termasuk di bulan, selalu sama.

Berat merupakan besaran yang mempunyai arah, sementara massa tidak bergantung arah. Dapatkah Anda menjelaskan hal ini?

#### Contoh Soal:

Suatu benda setelah ditimbang massanya 2 kg. Berat benda tersebut akibat pengaruh gaya gravitasi bumi dimana  $g = 10 \text{ m/det}^2$  adalah

$$w = 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/det}^2 = 20 \text{ kg m/det}^2$$

atau biasa disebut 5 kg gaya

### KEGIATAN 3

Kumpulkan beberapa benda di sekitar, seperti balok kayu, sendok, garpu, gelas, piring, dan lainnya. Kemudian timbanglah, dan catat dalam suatu tabel di bawah ini.

Tabel Massa dan Berat Benda

No	Benda	Massa (kg)	Berat ( $g = 10 \text{ m/det}^2$ )
1	Balok kayu		
2	Sendok		
3	Garpu		
4	Gelas		
5	Piring		
6	.....		
7	.....		
8	.....		
9	.....		
10	.....		

Berdasarkan tabel tersebut, kita bisa melakukan hal berikut:

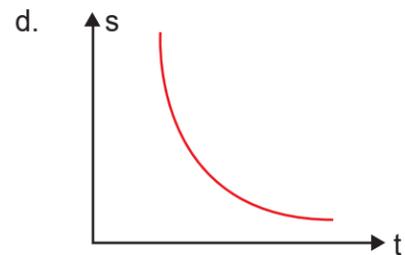
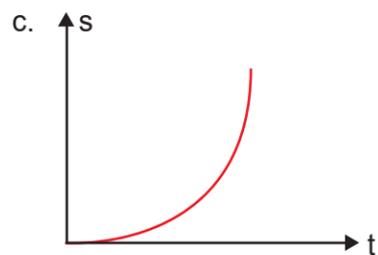
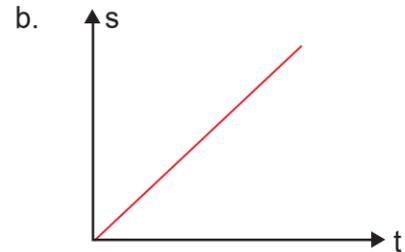
- (a) Hitunglah berat masing-masing benda berdasarkan massa benda yang telah ditimbang.
- (b) Diketahui di bulan, gravitasi sangat kecil dibandingkan di bumi. Diskusikan pengaruh gravitasi yang sangat kecil terhadap benda-benda dan bandingkan dengan keadaan saat benda berada di bumi.

### LATIHAN 4

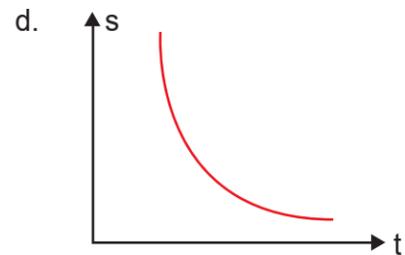
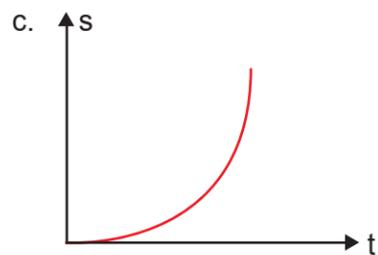
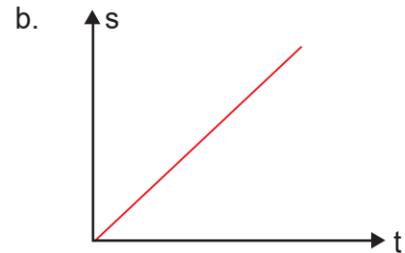
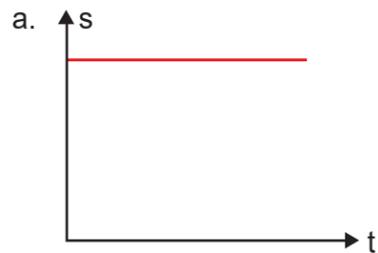
1. Apa yang dimaksud 'berat' dan 'massa' dalam konteks pengertian fisika?
2. Mengapa 'berat' bergantung pada gaya gravitasi, sementara 'massa' tidak terpengaruh pada gaya gravitasi?
3. Mengapa massa suatu benda dimanapun berada nilainya selalu tetap, sementara berat benda tersebut bisa jadi selalu berubah?
4. Berapa berat suatu benda bermassa 1 kg jika berada dalam pengaruh gravitasi bumi? ( $g = 10 \text{ m/det}^2$ )
5. Mengapa berat benda mempunyai arah, sementara massa tidak mempunyai arah?

## EVALUASI

1. Apa perbedaan 'berat' pada istilah sehari-hari dengan 'berat' dalam konteks fisika?
2. Tentukan pola grafik di bawah ini yang menunjukkan gerak lurus kecepatan konstan!



3. Tentukan pola grafik di bawah ini yang menunjukkan gerak lurus percepatan konstan!



4. Diketahui berdasarkan hasil pengukuran bahwa jarak tempuh bola meluncur  $s = 15$  m, ditempuh dalam waktu  $t = 3$  detik, maka kecepatan rata-rata benda adalah ....
  - a. 3 m
  - b. 3 m/det
  - c. 5 m/det
  - d. 10 m/det
5. Suatu bola yang meluncur di bidang miring dengan jarak tempuh  $s = 2$  m, ditempuh dalam waktu  $t = 1$  detik, maka kecepatan akhir benda di ujung lintasan adalah ....
  - a. 2 m/det
  - b. 3 m/det
  - c. 4 m/det
  - d. 8 m/det
6. Percepatan bola yang di bidang miring dengan jarak tempuh  $s = 2$  m, yang ditempuh dalam waktu  $t = 1$  detik, adalah ....
  - a. 1 m/det<sup>2</sup>
  - b. 3 m/det<sup>2</sup>
  - c. 4 m/det<sup>2</sup>
  - d. 12 m/det<sup>2</sup>
7. Suatu benda berada dalam pengaruh beberapa gaya, yaitu gaya ke kanan sebesar 15 N, ke atas 25 N, ke kiri 9 N, dan ke bawah 25 N. Resultan gaya pada benda ....
  - a. 40 N
  - b. 24 N
  - c. 6 N
  - d. 0
8. Suatu benda mengalami beberapa gaya, yang satu dan lainnya tegak lurus, masing-masing 3 N dan 4 N. Resultan gaya pada benda tersebut adalah ....
  - a. 3 N
  - b. 4 N
  - c. 5 N
  - d. 6 N
9. Di bawah ini merupakan alasan mengapa gaya gesekan arahnya selalu berlawanan dengan arah gerak benda, kecuali ....
  - a. Gesekan bersifat mengurangi gerak laju benda
  - b. Gaya gesekan merupakan dampak hasil benda yang bergesekan
  - c. Gaya gesekan timbul akibat perubahan arah gaya
  - d. Gaya gesekan bergantung pada gaya gerak benda yang bersifat negatif.
10. Suatu benda mengalami gaya gravitasi yang menyebabkan benda tersebut kecepatannya bertambah dari posisi diam, menjadi 20 m/det dalam waktu  $t = 2$  detik. Percepatan benda tersebut sebesar ....
  - a. 5 m/det<sup>2</sup>
  - b. 10 m/det<sup>2</sup>
  - c. 20 m/det<sup>2</sup>
  - d. 30 m/det<sup>2</sup>

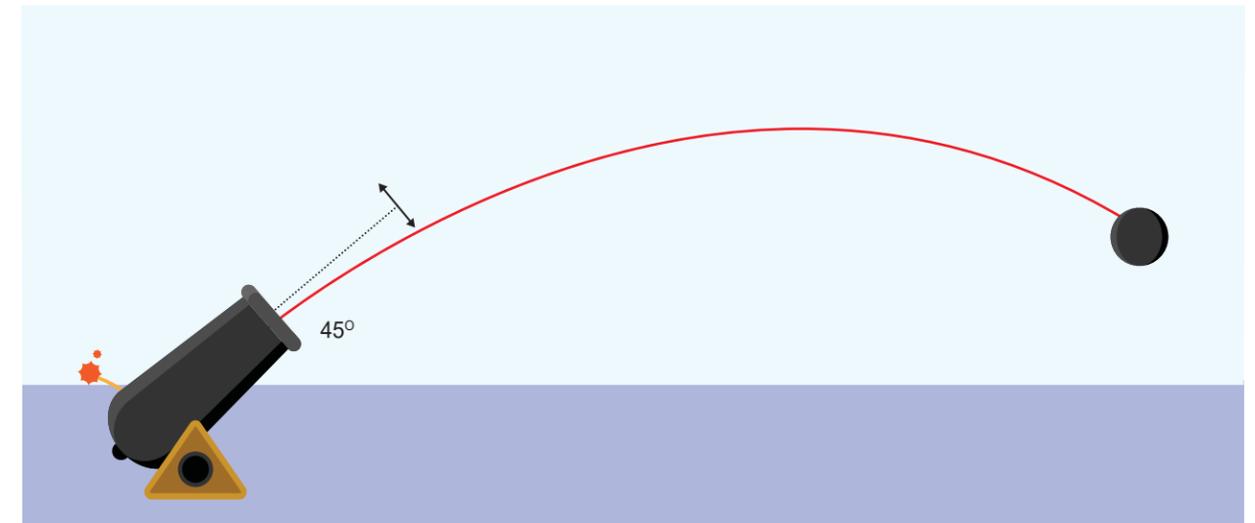


Gambar 4.1 Bola melambung merupakan gerak parabola

Perhatikan sebuah benda yang sedang meluncur bebas di angkasa. Biasanya benda tersebut diluncurkan dengan menggunakan ketapel, senjata berupa meriam, atau bisa juga dengan lemparan tangan atau tendangan kaki, tapi bukan benda yang meluncur dengan menggunakan roket. Gerak benda yang sedang meluncur tersebut hingga jatuh ke permukaan bumi, berada dalam pengaruh percepatan gravitasi. Oleh karena itu, bisa dianggap sebagai benda yang bergerak dalam pengaruh percepatan gravitasi bumi.

### Apa yang Dimaksud dengan Gerak Parabola?

Gerak parabola merupakan gerak yang dalam lintasannya membentuk suatu garis parabola. Pada saat benda meluncur bebas (tanpa gaya), benda berada dalam pengaruh gravitasi bumi, menyebabkan benda mengalami perlambatan saat bergerak naik, dan percepatan saat bergerak turun hingga menyentuh bumi. Lintasan gerak benda saat naik dan kemudian turun hingga

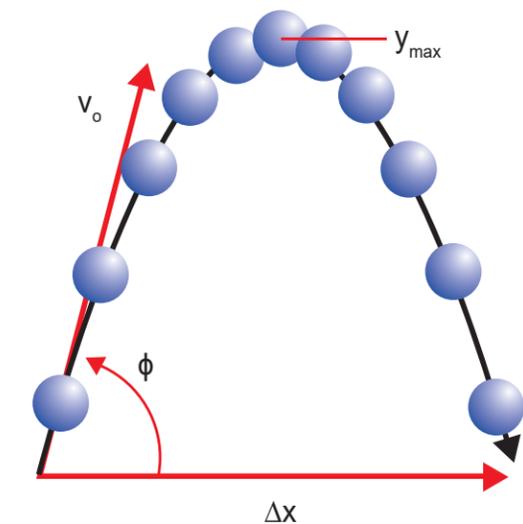


Gambar 4.2 Meriam bisa meluncurkan peluru melalui gerak parabola

menyentuh bumi, akan membentuk pola garis matematis yang disebut garis parabola. Oleh karena itu gerak ini disebut gerak parabola.

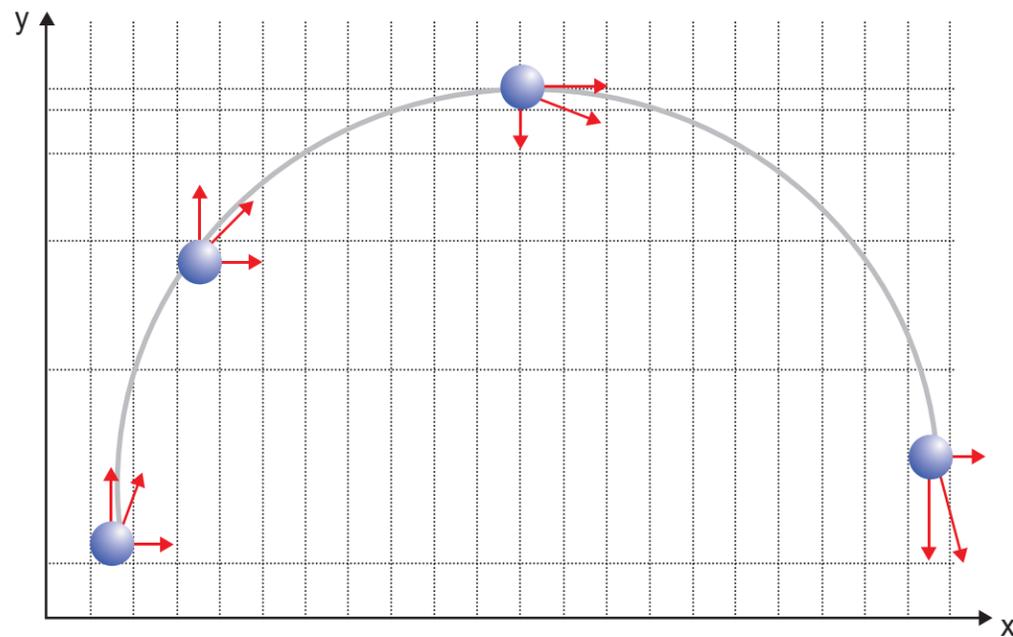
Misalnya benda yang akan meluncur bebas adalah bola, maka bola yang diluncurkan (atau dilemparkan) akan meluncur dalam ketinggian tertentu. Dalam hal bola yang sedang bergerak naik, bisa digambarkan pada sumbu y, sementara bola yang sedang menempuh jarak tertentu, digambarkan pada sumbu x.

Pada benda yang sedang mengalami gerak parabola, sebenarnya benda bergerak pada dua (2) arah yang berbeda. Gerak yang pertama pada arah sumbu x dimana benda dianggap mengalami gerak tanpa pengaruh gaya yang menghasilkan gerak dengan kecepatan tetap (gesekan dengan udara diabaikan). Gerak yang kedua adalah pada sumbu y dimana benda berada dalam pengaruh gaya gravitasi yang menyebabkan benda mengalami kecepatan yang berubah-ubah.



Gambar 4.3 Bola melambung pada sumbu x dan sumbu y

Pada gerak yang pertama bisa dimisalkan sebagai benda yang sedang melakukan perpindahan pada bidang datar dimana gesekan diabaikan. Sementara pada gerak kedua bisa dimisalkan benda yang sedang mengalami gerak jatuh bebas atau sebaliknya.



Gambar 4.4 Bola yang sedang melayang membentuk garis lintasan yang berbentuk parabola akibat pengaruh dua arah yang berbeda yaitu arah vertikal (sumbu y) dan arah horizontal (sumbu x)

Jika dianggap bahwa bola melintas dalam jarak  $s$ , maka untuk menempuh jarak  $s$  tersebut dibutuhkan kecepatan dan waktu tertentu.

$$s = v_x t$$

Begitu juga, untuk mencapai ketinggian  $h$ , dibutuhkan kecepatan dan waktu tertentu

$$h = \frac{1}{2} v_y t$$

- Dimana:**
- $s$  = jarak tempuh dalam sumbu  $x$
  - $v_x$  = kecepatan dalam sumbu  $x$
  - $h$  = tinggi yang setara dengan jarak pada sumbu  $y$
  - $v_y$  = kecepatan dalam sumbu  $y$
  - $t$  = waktu tempuh

Tampak bahwa bola berada dalam dua macam gerak, yang satu gerak yang tergambar pada sumbu  $x$ , sementara gerak lainnya tergambar pada sumbu  $y$ . Gerak yang tergambar pada sumbu  $x$  merupakan gerak yang dianggap tidak berada dalam pengaruh apapun, oleh karenanya bisa dianggap sebagai gerak lurus kecepatan konstan. Sementara gerak yang tergambar pada sumbu  $y$  merupakan gerak yang berada dalam pengaruh percepatan gaya gravitasi, oleh karenanya bisa dianggap sebagai gerak lurus percepatan konstan.

Karena pada sumbu  $x$ , bola berpindah dalam gerak lurus beraturan, maka kecepatan pada sumbu  $x$  yang ditulis sebagai  $v_x$  merupakan kecepatan konstan, atau kecepatan yang tidak mengalami perubahan.

Sementara itu, pada saat bola meluncur pada sumbu  $y$ , bola melawan percepatan gravitasi  $g$  yang menyebabkan bola akan mengalami perlambatan. Pada ketinggian  $h$  tertentu, dan juga pada waktu  $t$  tertentu, bola akan mengalami kecepatan  $v = 0$ , atau bola akan berada dalam kondisi diam. Pada saat itu, percepatan/perlambatan benda dapat dihitung sebagai

$$\text{Percepatan/perlambatan} = a = \frac{0 - v_y}{t} = -\frac{v_y}{t}$$

$$\text{atau kecepatan } v_y = -a \cdot t$$

Persamaan untuk tinggi  $h$  bisa disesuaikan menjadi

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

$$\text{atau } h = -\frac{v_y^2}{2a}$$

#### Contoh Soal:

Suatu bola melambung dengan kecepatan awal pada sumbu  $y$  adalah  $v_y = 20$  m/det. Jika diketahui percepatan gravitasi yang menghambat gerak laju bola adalah sebesar  $g = 10$  m/det<sup>2</sup>, berapa tinggi maksimum  $h_{\text{maks}}$  yang bisa dicapai bola tersebut dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi maksimum  $h_{\text{maks}}$  ?

#### Jawab:

Kecepatan awal pada sumbu  $y$ :  $v_y = 20$  m/det

Perlambatan yang terjadi akibat dari gaya tarik bumi:  $a = -g = -10$  m/det<sup>2</sup>

Tinggi maksimum yang diperoleh

$$h = -\frac{v_y^2}{2a} = \frac{20^2}{2 \times 10} = 20$$

Waktu  $t$  yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi maksimum

$$t = -\frac{v_y}{a} = \frac{20}{10} = 2 \text{ detik}$$

#### Keterangan:

Kita sudah membahas sebelumnya mengenai gerak benda yang mengalami gaya tarik bumi, seperti benda yang mengalami jatuh bebas, akan mengalami memiliki percepatan gravitasi  $g = 9,8$  m/det<sup>2</sup>. Begitu juga benda yang bergerak melambung, mengalami pengaruh gaya tarik bumi sebesar  $g = -9,8$  m/det<sup>2</sup> dimana nilai negatif diperoleh akibat gerak benda melambung berlawanan dengan arah gravitasi bumi.

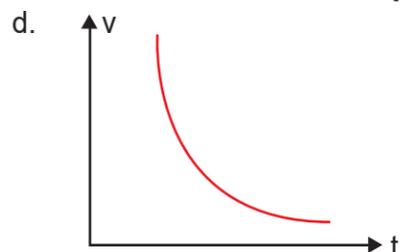
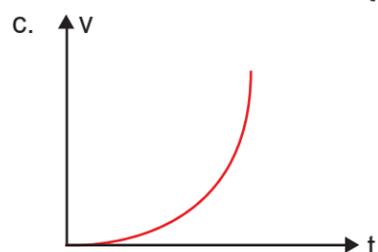
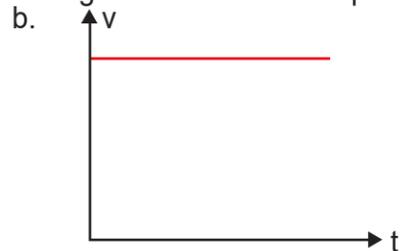
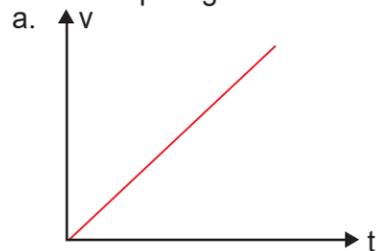
## LATIHAN 1

- Sebuah bola melambung dengan kecepatan mendatar  $v_x = 10$  m/det dan kecepatan awal vertikal  $v_y = 5$  m/det. Berapa jarak tempuh bola tersebut setelah menyentuh tanah kembali? Dan berapa ketinggian maksimum yang dicapai bola saat melambung?
  - 5 m, 5m
  - 10 m,  $1\frac{1}{4}$  m
  - $2\frac{1}{2}$  m, 5m
  - 10 m, 5 m
- Jika suatu bola basket yang melambung bisa mencapai ketinggian maksimum 20m, sementara kecepatan mendatar  $v = 8$  m/det, maka jarak yang ditempuh bola ketika menyentuh tanah adalah ....
  - 8 m
  - 15 m
  - 24 m
  - 32 m
- Jika bola melambung dengan kecepatan awal  $v = 7$  m/det pada sudut  $180^\circ$  pada bidang datar, berapa tinggi maksimum yang dicapai bola tersebut?
- Bola melambung pada sudut  $90^\circ$  terhadap bidang datar dengan kecepatan awal  $v = 15$  m/det. Berapa jarak yang ditempuh bola ketika menyentuh tanah kembali?
- Jika kecepatan mendatar  $v_x = v_o \cos \theta$  dan  $v_y = v_o \sin \theta$ , maka buktikan bahwa jarak  $S = \frac{v_o^2}{g} \sin^2 \theta$ , dan tinggi maksimum  $h = \frac{v_o^2}{2g} \sin^2 \theta$ .

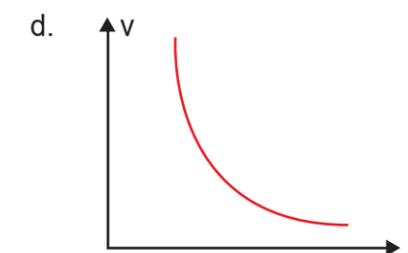
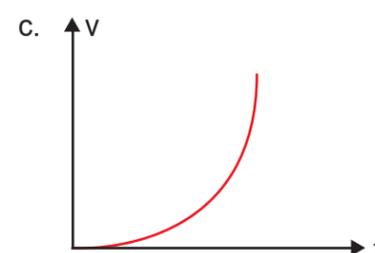
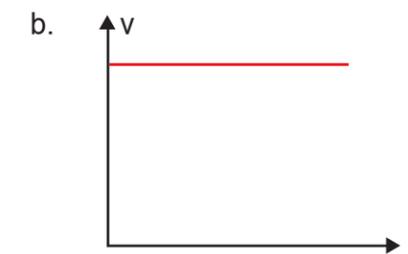
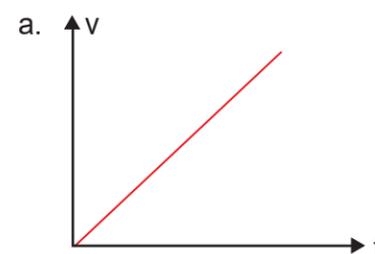
## EVALUASI

Pilihlah satu jawaban yang benar dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, dan D

- Manakah pola grafik di bawah ini yang menunjukkan gerak benda berkecepatan konstan?



- Manakah pola grafik di bawah ini yang menunjukkan kecepatan bertambah secara beraturan karena adanya percepatan konstan?



- Hasil pengukuran terhadap bola yang meluncur pada jarak  $s = 15$  m dalam waktu  $t = 3$  detik, maka kecepatan rata-rata bola tersebut adalah ....
  - 15 m
  - 15 m/det
  - 5 m/det
  - 5 det
- Hasil pengukuran terhadap bola yang meluncur pada suatu bidang miring sepanjang  $s = 8$  m, yang ditempuh dalam waktu  $t = 2$  detik, maka kecepatan akhir benda di ujung lintasan adalah ....
  - 4 m/det
  - 6 m/det
  - 8 m/det
  - 10 m/det
- Percepatan bola yang di bidang miring sepanjang  $s = 8$  m, yang ditempuh dalam waktu  $t = 2$  detik, adalah ....
  - 2 m/det<sup>2</sup>
  - 4 m/det<sup>2</sup>
  - 6 m/det<sup>2</sup>
  - 8 m/det<sup>2</sup>
- Gerak suatu benda pada suatu lintasan berbentuk lingkaran disebut ....
  - Gerak lurus
  - Gerak melingka
  - Gerak melintas
  - Gerak acak
- Gerak melingkar berpusat pada suatu sumbu yang berjari-jari  $R$ , dimana makin besar nilai  $R$  ....
  - Makin kecil kecepatan
  - Makin besar massa
  - Makin kecil gaya
  - Makin besar berat
- Seorang siswa bermassa 50 kg mengendarai motor bermassa 150 kg dengan kecepatan 54 km/jam melalui tikungan berjari-jari  $R = 5$  m. Gaya sentripetal yang bekerja sebesar ....
  - 9.000 newton
  - 7.500 newton
  - 4.500 newton
  - 500 newton
- Pada gerak melingkar, benda mengalami percepatan sentripetal yang merupakan dampak dari ....
  - Kecepatan benda yang selalu berkurang
  - Kecepatan benda yang selalu bertambah
  - Pengaruh gaya ke arah sumbu lingkaran
  - Pengaruh gaya gravitasi terhadap benda



## Rangkuman

10. Beberapa hal yang perlu diperhatikan agar kita bisa melaju melewati suatu tikungan secara aman, kecuali ....

- a. Kecepatan diperlambat
- b. Beban tidak berlebihan
- c. Jari-jari lintasan diperbesar
- d. Tekanan ban diperbesar

### Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Pada benda yang mengalami gerak lurus kecepatan konstan, percepatan benda selalu ....
2. Pada benda yang mengalami gerak lurus percepatan konstan, kecepatan benda selalu ....
3. Suatu bola yang meluncur pada bidang miring sepanjang 5 m dalam waktu  $t = 2$  detik memiliki kecepatan rata-rata sebesar ....
4. Suatu bola meluncur pada bidang miring sepanjang 5 m dalam waktu  $t = 2$  detik, memiliki kecepatan akhir dan percepatan sebesar ....
5. Jika radius lintasan  $R$  semakin kecil, maka nilai percepatan sentripetal menjadi ....

### Jawablah pertanyaan di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Apa hubungan antara gaya dengan percepatan?
2. Mengapa pada gerak lurus beraturan tidak ada percepatan?
3. Mengapa pada gerak yang melalui lintasan melingkar selalu ada gaya sentripetal?
4. Bagaimana cara agar gaya sentripetal akibat gerak melingkar bisa dikurangi?
5. Bagaimana kita bisa menentukan bahwa suatu bahan mempunyai nilai elastisitas yang tinggi?

1. Pada dasarnya, gerak terbagi dua, yaitu gerak lurus dan gerak melingkar.
2. Gerak lurus terbagi dua, yaitu gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB)
3. Pada gerak lurus beraturan (GLB), benda bergerak dengan kecepatan tetap (konstan) dan karenanya nilai percepatan  $a = 0$
4. Pada gerak lurus berubah beraturan (GLBB), benda bergerak dengan kecepatan yang berubah secara beraturan, bisa bertambah atau berkurang, dan karenanya memiliki nilai percepatan atau  $a \neq 0$ .
5. Kecepatan benda merupakan jarak atau perpindahan  $s$  posisi dari satu titik ke titik yang lain dalam selang waktu  $t$ , dapat ditulis

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

6. Percepatan merupakan kecepatan  $v$  yang berubah dalam selang waktu  $t$ , dapat ditulis

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

7. Percepatan sentripetal merupakan kecepatan suatu benda dalam melintas membentuk gerak melingkar berjari-jari  $R$  pada pusat lingkaran, dapat ditulis

$$a_R = \frac{v^2}{R}$$

8. Gerak parabola terjadi jika suatu benda yang bergerak dengan kecepatan konstan, mendapat pengaruh gaya gravitasi
9. Gerak parabola merupakan hasil resultan dari 2 jenis gerak terhadap suatu benda, yaitu 1) gerak lurus kecepatan konstan pada bidang datar, dan 2) gerak lurus percepatan konstan pada bidang vertikal

## Penilaian

Penilaian pengetahuan dengan memberi skor pada setiap soal. Jawaban yang benar memperoleh skor 1, yang salah skor 0. Selanjutnya membagi jumlah skor dengan jumlah soal dikalikan 100%

$$\text{Nilai Skor} = \frac{\text{Jumlah jawaban benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100\%$$

## Kunci Jawaban

### UNIT 1: Gerak Latihan

1. (B)
2. (C)
3. (D) 10 m/det, 10 m/det<sup>2</sup>

### UNIT 2: Gerak Melingkar Evaluasi

1. (B)
2. (A)
3. (B) 8 m/det
4. (B) 6 m/det
5. (C) 6 m/det<sup>2</sup>
6. (D) 10 m/det, 10 m/det<sup>2</sup>
7. (D) Makin kecil gaya sentripetal
8. (C) 2.400 newton
9. (D) 100.000 N, terpentak
10. (C) Diameter ban diperbesar

### UNIT 3: Gerak dan Gaya Evaluasi

1. -
2. (B)
3. (D)

4. (C) 5 m/det
5. (C) 4 m/det
6. (C) 4 m/det<sup>2</sup>
7. (C) 6 N
8. (C) 5 N
9. (C) Gaya gesekan timbul akibat perubahan arah gaya
10. (B) 10 m/det<sup>2</sup>

### UNIT 4: Gerak Parabola Latihan

1. (B) 10 m, 1¼ m
2. (D) 32 m

### Evaluasi

1. (B)
2. (A)
3. (C) 5 m/det
4. (C) 8 m/det
5. (B) 4 m/det<sup>2</sup>
6. (B) Gerak melingkar
7. (C) Makin kecil gaya
8. (A) 9.000 newton
9. (C) Pengaruh gaya ke arah sumbu lingkaran
10. (D) Tekanan ban diperbesar

- Berkenaan soal latihan dan evaluasi yang berbentuk isian dan esai agar dikerjakan secara mandiri atau kelompok.

## KRITERIA PINDAH MODUL

Para warga belajar dinyatakan tuntas belajar secara mandiri, jika telah mengerjakan semua tugas dan soal latihan/evaluasi dengan nilai skor minimal 70%.



## Daftar Istilah

**Jarak** – Merupakan besaran panjang yang menyatakan ukuran dari titik yang satu ke titik yang lain.

**Perpindahan** – Menggambarkan suatu benda yang berubah posisi dari satu tempat ke suatu arah lain.

**Kecepatan** – Menggambarkan perpindahan suatu benda dari titik satu ke arah titik lain dalam satuan waktu tertentu. Kecepatan mempunyai arah yang perlu diperhitungkan dalam pengukuran

**Kelajuan** – Menggambarkan perpindahan suatu benda dari titik satu ke lainnya dalam satuan waktu tertentu. Kelajuan tidak mempunyai arah.

**Percepatan** – Menggambarkan kecepatan suatu benda yang berubah secara teratur semakin cepat dalam satuan waktu tertentu.

**Gerak** – Merupakan benda yang berpindah posisi, dari posisi satu ke posisi lainnya.

**Gerak lurus kecepatan konstan** – Merupakan gerak dengan arah lurus dan berkecepatan tetap (konstan = tidak berubah)

**Gerak lurus percepatan konstan** – Merupakan gerak dengan arah lurus, namun memiliki kecepatan yang berubah secara teratur, atau benda yang bergerak lurus dengan percepatan/perlambatan tertentu.

**Gerak melingkar** – Merupakan gerak yang arahnya melingkar terhadap suatu sumbu atau pusat lingkaran berjarak  $r$  dari benda yang bergerak.

**Gaya** – Merupakan suatu aksi atau tindakan yang bisa mempengaruhi suatu benda untuk bergerak atau mengubah arah gerak.

**Gaya sentripetal** – Merupakan gaya yang menarik suatu benda berputar pada suatu sumbu berjarak  $r$  dari benda yang bergerak.



## Daftar Pustaka

\_\_\_\_\_, Permendikbud No.23 Tahun 2016, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.

\_\_\_\_\_, Permendikbud No.24 Tahun 2016, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.

\_\_\_\_\_, Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 1, Grolier, 2011

\_\_\_\_\_, Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 2, Grolier, 2011

\_\_\_\_\_, Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 3, Grolier, 2011

\_\_\_\_\_, Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 4, Grolier, 2011

\_\_\_\_\_, Ilmu Pengetahuan Populer, Jilid 5, Grolier, 2011

Bueche F.J., 1992. Fisika Edisi ke-7 Seri Buku Schaum, Erlangga, Jakarta.

Alonso M – Finn E., 1992. Dasar-Dasar Fisika Universitas: Mekanika dan Termodinamika jilid 1 Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.

<https://carafisika.blogspot.co.id/2016/>

[https://en.wikipedia/wiki/grand\\_prix\\_motorcycle\\_racing](https://en.wikipedia/wiki/grand_prix_motorcycle_racing)

[https://id.wikipedia.org/wiki/gaya\\_fisika](https://id.wikipedia.org/wiki/gaya_fisika)

[https://www.antaraneews.com/Transportasi\\_DKI](https://www.antaraneews.com/Transportasi_DKI)

<https://fisikagerak.blogspot.co.id/2012/11/gerak>

<https://fisikakontekstual.wordpress.com/materi-gerak-melingkar>

<https://militermeter.com/satelit> – 31 Agustus 2017

<https://fhannum.wordpress.com/> - 4 Desember 2012

<https://rumushitung.com/>

[https://belajarkemdikbud.go.id/sumber\\_belajar/tampilajar\\_php?](https://belajarkemdikbud.go.id/sumber_belajar/tampilajar_php?)

<https://www.perpusku.com/>

[https://gaungzelina.wordpress.com/tag/hukum\\_Newton](https://gaungzelina.wordpress.com/tag/hukum_Newton) – 16 Februari 2013

<https://www.bbc.co.uk/schools/scienceclips/>