

# Bab 1 Besaran dan Satuan

## Standar kompetensi

Menerapkan konsep besaran fisika dan pengukurannya

## Kompetensi Dasar

- Mengukur besaran fisika (massa, panjang, dan waktu)
- Melakukan penjumlahan vektor

## Uraian Materi Pokok

- Besaran dan satuan
- Pengukuran dan Angka penting
- Besaran pokok dan besaran turunan
- Dimensi suatu besaran
- Penjumlahan vektor

## Indikator

- Melakukan pengukuran dengan benar
- Membaca dan menuliskan hasil pengukuran dengan benar sesuai dengan penulisan angka penting
- Mendefinisikan angka penting dan menerapkannya
- Menjelaskan pengertian tentang kesalahan sistematis dan acak serta memberi contoh
- Menghitung kesalahan sistematis dalam pengukuran
- Mengolah data hasil pengukuran dan menyajikannya dan mampu menarik kesimpulannya
- Menjumlahkan dua vektor atau lebih dengan metode grafis
- Menjumlahkan dua vektor atau lebih dengan cara analitis

## Pendalaman Materi

### A. Pengukuran, Besaran dan Satuan

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang didasarkan atas hasil percobaan / pengukuran. Percobaan memerlukan pengukuran. Untuk menjelaskan hasil pengukuran digunakan angka atau bilangan. Misal dalam percobaan di laboratorium diperoleh hasil pengukuran panjang benda 5 meter, suhu air 20°C dan volum alkohol 3 cm<sup>3</sup>. Dalam fisika panjang, suhu dan volume disebut besaran.

**Besaran** adalah sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka. **Mengukur** adalah membandingkan sesuatu yang diukur dengan sesuatu lain yang sejenis dan ditetapkan sebagai satuan. Jadi **satuan** adalah sesuatu yang digunakan untuk menyatakan suatu besaran.

Contoh : **panjang** pensil itu adalah **15 cm**.

**Panjang** adalah besaran, karena dapat diukur. Angka **15** adalah nilai atau besar, dan **cm** adalah satuan.

Hasil pengukuran selalu memiliki derajat ketidakpastian. Kesalahan pengukuran dibedakan dua jenis, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan acak. Penyebab kesalahan sistematis antara lain:

- a. kesalahan alat, akibat kalibrasi yang kurang baik
- b. kesalahan pengamatan
- c. kesalahan lingkungan
- d. kesalahan teoritis

Kesalahan acak disebabkan oleh ketidakmampuan pengamat untuk mengulangi pengukuran secara presisi (teliti).

Untuk memperoleh hasil pengukuran yang tepat dan benar, maka setiap melakukan pengukuran harus mempertimbangkan aspek ketepatan (akurasi), ketelitian (presisi) dan kepekaan (sensitivitas).

## Penulisan Angka Hasil Pengukuran

### a. Pengukuran Tunggal

Bila pengukuran besaran dilakukan hanya satu kali, ketidakpastian pengukurannya adalah  $\Delta x$  yang besarnya :

$$\Delta x = \frac{1}{2} \text{ skala terkecil alat ukur}$$

Penulisan hasil pengukuran besaran  $x$  ditulis :

$$x = x_0 \pm \Delta x$$

$x$  = besaran yang diukur (hasil pengukuran)

$x_0$  = nilai pengukuran

$\Delta x$  = ketidakpastian pengukuran

Untuk mengetahui tingkat kesalahan dan ketelitian perlu dituliskan kesalahan dan taraf ketelitian sebagai berikut :

- Kesalahan mutlak =  $\Delta x$
- Kesalahan relatif =  $\frac{\Delta x}{x}$
- kesalahan persen =  $\frac{\Delta x}{x} \times 100\%$
- Taraf ketelitian =  $(1 - \frac{\Delta x}{x}) \times 100\%$

### b. Pengukuran Berulang

Bila pengukuran besaran dilakukan hanya berulang, ketidakpastian pengukurannya digunakan standart deviasi  $\Delta x$  yang besarnya :

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum x_i - (\sum x_i)^2}{N-1}}$$

Penulisan hasil pengukuran besaran  $x$  ditulis :

$$x = x_0 \pm \Delta x$$

$x$  = hasil pengukuran

$x_0$  = nilai pengukuran

$\Delta x$  = ketidakpastian pengukuran

## 1. Pengukura Panjang

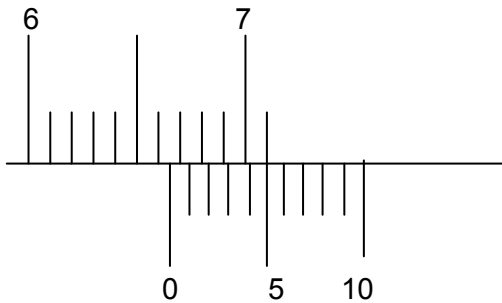
### a. Mistar

Mengukur panjang benda umumnya digunakan mistar. Jika sebuah mistar skala terkecilnya milimeter (mm), maka satu skala mistar ini adalah 1 mm atau 0,1 cm. Oleh karena itu ketelitian mistar berskala mm adalah 1 mm atau 0,1 cm. Misalnya panjang sebuah pencil adalah 15 cm, maka penulisan hasil pengukuran adalah  $(15 \pm 0,05)$  cm.

Pada saat membaca alat ukur seringkali terjadi kesalahan paralaks, yaitu kesalahan membaca angka pada skala suatu alat ukur karena kedudukan mata tidak tepat. Untuk menghindari kesalahan paralaks, maka mata pengamat harus tegak lurus pada tanda/skala yang dibaca.

### b. Jangka Sorong

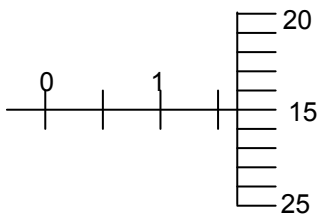
Mengukur panjang benda dapat menggunakan jangka sorong. Jangka sorong memiliki ketelitian 0,1 mm atau 0,01 cm (ada juga yang mempunyai ketelitian selain itu). Jangka sorong terdiri dari bagian utama yang disebut rahang tetap dan rahang geser. Skala yang tertera pada rahang tetap disebut skala utama, sedangkan skala yang tertera pada rahang geser disebut skala nonius atau vernier. Skala nonius terdiri dari 10 skala yang panjangnya 9 mm, sehingga 1 skala nonius panjangnya 0,9 mm. Jadi skala nonius berselisih 0,1 mm dengan skala utama. Angka 0,1 mm adalah ketelitian jangka sorong. Perhatikan gambar berikut :



Skala utama menunjukkan angka 6,6 cm. Skala nonius yang berimpit dengan skala utama adalah skala ke-5 skala ( $5 \times 0,1 \text{ mm} = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$ ). Jadi hasil pengukuran panjang =  $6,6 \text{ cm} + 0,05 \text{ cm} = 6,65 \text{ cm} = 66,5 \text{ mm}$ . Penulisan hasil pengukuran adalah  $(66,5 \pm 0,05) \text{ mm}$ . Apabila jangka sorongnya mempunyai nonius yang terdiri dari 20 skala, maka nilai tiap skala nonius tersebut adalah 0,05 mm.

**c. Mikrometer skrup**

Mengukur panjang benda juga dapat menggunakan mikrometer skrup. Alat ini terdiri dari rahang tetap, rahang geser dengan cara diputar, skala utama dan skala nonius. Skala utama terdiri dari skala mm dan 0,5 mm. Skala nonius mempunyai 50 skala dengan pergeseran 0,5 mm tiap putaran, sehingga pergeseran 1 mm skala nonius terbagi menjadi 2 kali 50 skala atau sama dengan 0,01 mm atau 0,001 cm yang menyatakan tingkat ketelitian mikrometer skrup. Perhatikan gambar :



Skala utama menunjukkan angka 1,5 mm dan skala nonius yang segaris dengan skala utama adalah skala ke-15 ( $15 \times 0,01 \text{ mm} = 0,15 \text{ mm}$ ). Hasil pengukuran =  $1,5 \text{ mm} + 0,15 \text{ mm} = 1,65 \text{ mm}$ . Penulisan hasil pengukuran adalah  $(1,65 \pm 0,005) \text{ mm}$ .

**2. Pengukuran Massa**

Pengukuran massa di laboratorium umumnya dilakukan dengan neraca lengan. Neraca lengan memiliki batas maksimum pengukuran 311 gram dengan ketelitian 0,01 gram. Neraca lengan memiliki 4 lengan skala, yaitu masing-masing dengan rentang 0 – 1 gram, 0 – 10 gram, 0 – 100 gram dan 0 – 200 gram.

Dengan menggeser beban geser akan diperoleh hasil pengukuran. Jika hasil pengukuran massa suatu benda adalah 248,55 gram, maka penulisan hasil pengukuran adalah  $(248,55 \pm 0,005) \text{ gram}$ .

**3. Pengukuran Waktu**

Pengukuran waktu yang lebih teliti dapat dilakukan dengan stop watch. Stop watch memiliki 3 tombol yaitu tombol start, tombol stop dan tombol reset. Saat ini banyak jenis stop watch, misalnya stop watch digital yang mempermudah dan mempunyai ketelitian 0,01 detik atau lebih teliti lagi dalam pengukuran waktu. Penulisan hasil pengukuran waktu sama dengan penulisan hasil pengukuran panjang dan massa.

**Diskusikan**

1. Sebuah batang kayu diukur panjangnya dengan mistar berskala mm. Pengukuran dilakukan satu kali dan diperoleh nilai pengukuran 76,65 cm. Tuliskan hasil pengukuran panjang tersebut !
2. Hasil pengukuran berulang sebuah batang menghasilkan panjang 5,2 cm ; 5,3 cm ; 5,1 cm ; 5,1 cm ; 5,4 cm ; 5,2 cm ; 5,4 cm ; 5,3 cm . Tentukan :
  - a. nilai rata-rata hasil pengukuran
  - b. kelasalahan mutlak
  - c. hasil pengukurannya
  - d. kesalahan relatif
  - e. kesalahan persen
  - f. taraf ketelitian

### B. Sistim Satuan dan Notasi Ilmiah

Telah dijelaskan bahwa **Mengukur** adalah membandingkan sesuatu yang diukur dengan sesuatu lain yang sejenis dan ditetapkan sebagai satuan. Sistim satuan yang sering digunakan dalam pengukuran secara internasional dewasa ini adalah Sistem Satuan Internasional (SI). Misalnya mengukur panjang dengan mistar, mengukur massa dengan neraca, mengukur waktu dengan stopwatch.

Dalam pengukuran sering melibatkan angka yang sangat besar atau sangat kecil. Untuk mempermudah penulisan digunakan **notasi ilmiah atau notasi baku**, yaitu penulisan bilangan dalam bentuk bilangan sepuluh berpangkat yang penulisannya menggunakan awalan tertentu.

NO	NAMA AWALAN	KELIPATAN
1	Eksa	$10^{18}$
2	Penta	$10^{15}$
3	Tera	$10^{12}$
4	Giga	$10^9$
5	Mega	$10^6$
6	Kilo	$10^3$
7	Hekto	$10^2$
8	Deka	$10^1$
9	Desi	$10^{-1}$
10	Senti	$10^{-2}$
11	Mili	$10^{-3}$
12	Mikro	$10^{-6}$
13	Nano	$10^{-9}$
14	Piko	$10^{-13}$
15	Femto	$10^{-15}$
16	Atto	$10^{-18}$

Misalnya bilangan massa mobil 6.000 kg ditulis dalam notasi ilmiah menjadi  $6,0 \cdot 10^3$  kg. Dalam hal ini 6,0 disebut angka penting dan  $10^3$  disebut orde.

### C. Angka Penting

Angka penting adalah angka-angka hasil pengukuran. Banyaknya angka penting menunjukkan tingkat ketelitian pengukuran. Misalnya hasil pengukuran tebal kaca adalah 1,693 cm. Bilangan 1,693 disebut bilangan penting, sedangkan angka 1, 6, 9 dan 3 disebut angka penting. Angka penting terdiri dari angka pasti dan angka taksiran (angka ragu). Angka 1, 6 dan 9 disebut angka pasti, sedangkan angka 3 disebut angka taksiran.

Aturan untuk menentukan banyaknya angka penting adalah sebagai berikut :

1. Semua angka bukan nol adalah angka penting.  
Contoh : 3,257 (4 angka penting)
2. Angka nol yang terletak diantara angka bukan nol termasuk angka penting  
Contoh : 70,023 (5 angka penting)
3. Angka nol yang terletak disebelah kiri tanda desimal bukan angka penting  
Contoh : 0,023 (2 angka penting)
4. Angka nol yang terletak disebelah kanan tanda desimal termasuk angka penting  
Contoh : 70,00 (4 angka penting)
5. Angka nol yang terletak pada deretan akhir sebuah bilangan bulat ( $\geq 10$ ) termasuk angka penting, kecuali ada penjelasan lain misalnya berupa garis bawah pada angka terakhir yang masih dianggap angka penting.  
Contoh : 752.000 (6 angka penting)  
752.000 (4 angka penting)  
752<sub>.</sub>000 (3 angka penting)

Untuk menghindari kerancuan angka-angka nol pada deretan terakhir, digunakan notasi ilmiah.

Contoh :  $1,3 \cdot 10^3$  (2 angka penting).

Bilangan penting berbeda dengan bilangan eksak. Bilangan penting diperoleh melalui pengukuran, sedangkan bilangan eksak diperoleh dari hasil membilang. Misalnya banyaknya telur dalam keranjang 100 butir. Bilangan 100 termasuk bilangan eksak.

#### Aturan Berhitung Angka Penting

##### 1. Aturan pembulatan angka

- a. Angka lebih besar dari 5 dibulatkan ke atas. Contoh : 6,427 dibulatkan 6,43.
- b. Angka lebih kecil dari 5 dibulatkan ke bawah. Contoh : 6,424 dibulatkan 6,42.
- c. Angka tepat sama dengan lima, dibulatkan ke atas jika angka sebelumnya ganjil, dan dibulatkan ke bawah jika angka sebelumnya genap.

Contoh : 5,475 dibulatkan menjadi 5,48  
5,465 dibulatkan menjadi 5,46

## 2. Penjumlahan & Pengurangan

Hasil penjumlahan atau pengurangan harus memiliki satu buah angka taksiran (angka diragukan)

$$\begin{array}{r} \text{Contoh : } 52.\underline{7}00 \quad (\text{angka } 7 \text{ diragukan}) \\ \quad \quad 9.\underline{5}4\underline{0} \quad (\text{angka } 0 \text{ diragukan}) \\ \quad \quad 62.\underline{2}4\underline{0} \quad (\text{dibulatkan } \mathbf{62.200}) \\ \hline \quad \quad 638,\underline{4} \quad (\text{angka } 4 \text{ diragukan}) \\ \quad \quad 62\underline{5} \quad (\text{angka } 5 \text{ diragukan}) \\ \hline \quad \quad \underline{13,4} \quad (\text{dibulatkan } \mathbf{13}) \end{array}$$

## 3. Perkalian dan Pembagian

Hasil perkalian 2 buah bilangan penting memiliki jumlah angka penting sebanyak salah satu bilangan penting yang memiliki jumlah angka penting paling sedikit.

$$\begin{array}{r} \text{Contoh : } 3,22 \quad (3 \text{ angka penting}) \\ \quad \quad 2,1 \quad (2 \text{ angka penting}) \\ \quad \quad \text{-----} \times \\ \quad \quad 6,762 \sim \mathbf{6,8} \quad (2 \text{ angka penting}) \end{array}$$

Hasil perkalian atau pembagian bilangan penting dengan bilangan eksak atau sebaliknya, memiliki jumlah angka penting sebanyak bilangan pentingnya.

$$\text{Contoh : } 8,57 \text{ cm} \times 12 = 102,84 \sim \mathbf{103 \text{ cm}}$$

## 4. Pemangkatan

Hasil pemangkatan suatu bilangan penting memiliki jumlah angka penting sebanyak bilangan penting yang dipangkatkan. Contoh :

$$(1,5 \text{ cm})^3 = 3,375 \text{ cm}^3 \sim 3,4 \text{ cm}^3$$

## 5. Penarikan akar

Hasil penarikan akar suatu bilangan penting memiliki jumlah angka penting sebanyak bilangan penting yang ditarik akarnya. Contoh :

$$\sqrt{625 \text{ m}^2} = 25,0 \text{ m}$$

## 6. Penggunaan bilangan $\pi$

Bilangan  $\pi$  biasanya digunakan untuk menghitung luas atau keliling lingkaran. Banyak angka penting pada bilangan  $\pi$  sama dengan jumlah angka penting jari-jari. Contoh : Keliling lingkaran yang berjari-jari 4 cm adalah  $K = 2\pi R = 2 \cdot 3,14 \cdot 4 = 25,12 \text{ cm}$ .

Angka  $\pi = 3,14$  (tiga angka penting) dibulatkan menjadi 3 (satu angka penting), karena menyesuaikan dengan jari-jari 4 cm (satu angka penting)

## Contoh Soal

1. Pembangkit listrik tenaga air menghasilkan daya sebesar 55MW. Tuliskan bilangan tersebut dalam notasi ilmiah !

**Penyelesaian :**

$$55 \text{ MW} = 55 \text{ Mega Watt} = 5,5 \cdot 10^7 \text{ Watt}$$

2. Massa seuntai kalung adalah 350 miligram. Tulis bilangan tersebut dalam satuan kilogram!

**Penyelesaian :**

$$350 \text{ miligram} = 350 \cdot 10^{-3} \text{ gram} = 350 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

ditulis :  $3,50 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ .

## Aktivitas 1

### Pengukuran Tunggal

**Tujuan :**

Melakukan pengukuran tunggal (satu kali pengukuran) pada besaran panjang dengan berbagai alat ukur dan melaporkan hasil pengukuran

**Alat dan Bahan :**

1. Sebuah buku dan cincin
2. Mistar
3. Jangka Sorong
4. Mikrometer Skrup

**Langkah Kerja**

1. Ukur panjang buku dengan mistar satu kali saja
2. Ukur tebal buku satu kali saja dengan mistar, jangka sorong dan mikrometer skrup
3. Ukur diameter dalam cincin satu kali saja dengan mistar, dan jangka sorong
4. Buat laporan untuk masing-masing pengukuran.

**Pertanyaan dan Kesimpulan**

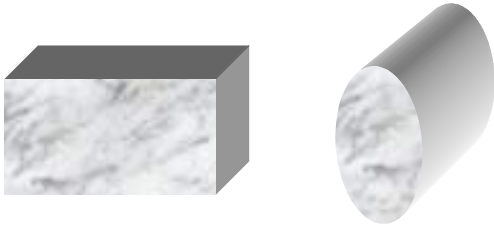
Pada langkah 2 dan 3, manakah alat ukur yang memberikan hasil pengukuran yang lebih teliti ?  
Jelaskan alasan dari jawaban anda !

**Aktivitas 2****Pengukuran Tak Langsung****Tujuan :**

Melaporkan volume benda sebagai hasil pengukuran tak langsung

**Alat dan Bahan**

Mistar, jangka sorong, balok kaca dan silinder logam

**Langkah Kerja**

1. Dengan menggunakan mistar, ukurlah panjang  $p$ , lebar  $l$  dan tinggi  $t$  dari balok kaca. Ulangi pengukuran anda dengan jangka sorong !
2. Dengan mistar ukurlah panjang  $l$  dan diameter  $d$  dari silinder logam. Ulangi pengukuran anda dengan jangka sorong !

**Hasil Kegiatan**

1. Nyatakan hasil pengukuran panjang, lebar dan tinggi dari balok kaca dengan mistar lengkap dengan masing-masing ketidakpastiannya !  
Hitung volume balok kaca dan nyatakan hasil hitungannya anda lengkap dengan ketidakpastiannya !

$$P = (\dots\dots \pm \dots\dots) \text{ cm}$$

$$l = (\dots\dots \pm \dots\dots) \text{ cm}$$

$$t = (\dots\dots \pm \dots\dots) \text{ cm}$$

$$V = p \times l \times t = \dots\dots \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = \dots\dots \text{ cm}^3$$

$$\text{Jadi Volume} = (\dots\dots \pm \dots\dots) \text{ cm}^3$$

2. Ulangi langkah 1 tersebut, untuk hasil pengukuran menggunakan jangka sorong !
3. Nyatakan hasil pengukuran diameter  $D$  dan panjang  $L$  dari silinder dengan mistar lengkap dengan masing-masing ketidakpastiannya !  
Hitung volume silinder dan nyatakan hasil hitungan anda lengkap dengan ketidakpastiannya.

$$D = (\dots\dots \pm \dots\dots) \text{ cm}$$

$$L = (\dots\dots \pm \dots\dots) \text{ cm}$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = \dots\dots \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = \dots\dots \text{ cm}^3$$

$$\text{Jadi Volume} = (\dots\dots \pm \dots\dots) \text{ cm}^3$$

4. Ulangi langkah 3 untuk pengukuran dengan menggunakan jangka sorong

### Kesimpulan

Bandingkan hasil pengukuran volume balok dan silinder dengan menggunakan mistar dan jangka sorong, kemudian nyatakan kesimpulan anda !

## Uji Kompetensi 1

- Tuliskan bilangan berikut ini dengan menggunakan notasi ilmiah :
  - 0,0002500 m
  - 0,0002500 m
  - 25000 m
  - 25000 m
- Isilah titik-titik berikut ini :
  - 230 km = ...m
  - 750 gram = ...kg
  - 0,0520 nm = ...m
  - 10 cm/s = ...m/s
  - 1,0 m/s = ...km/jam
  - 36 km/jam = ...m/s
  - 1 gram/cm<sup>3</sup> = ...kg/m<sup>3</sup>
- Hitunglah hasil operasi berikut ini :
  - 34 kg + 57,2 kg + 65,75 kg = ... kg
  - 67,4 kg - 8,56 kg = ... kg
  - 273600 kg : 900 m<sup>3</sup> = ... kg/m<sup>3</sup>
  - 10,51 cm x 4,73 cm = ... cm<sup>2</sup>
  - $\sqrt[3]{125\text{cm}^3} = \dots \text{cm}$
  - (314 dm)<sup>2</sup> = ... dm<sup>2</sup>
- Tebal sebuah batu bata adalah 5,23 cm. Berapa tinggi 60 tumpukan batu bata ?
- Tentukan volume kubus yang panjang rusuknya 8,0 cm !
- Luas sebuah persegi adalah 225 cm<sup>2</sup>. Berapa panjang sisi persegi tersebut ?
- Tebal sebuah buku yang terdiri dari 120 lembar kertas adalah 8,2 mm. Berapa tebal satu lembar kertas buku tersebut ? Nyatakan jawabanmu dalam notasi ilmiah !
- Dalam sebuah percobaan diperoleh 5 buah hasil pengukuran panjang yaitu 14,54 cm ; 14,55 cm ; 14,54 cm ; 14,56 cm ; 14,48 cm dan 14,55 cm. Hitunglah panjang rata-rata hasil pengukuran tersebut !
- Sebuah segitiga siku-siku panjang alasnya 14,36 cm dan tingginya 2,9 cm. Hitunglah luas segitiga tersebut !

### D. Besaran Pokok dan Besaran Turunan

Dalam fisika ada dua jenis besaran, yaitu :

#### 1. Besaran pokok

Besaran pokok adalah besaran yang satuannya ditetapkan terlebih dahulu dan merupakan acuan besaran lain. Dengan kata lain besaran pokok mempunyai dimensi tunggal dan dapat berdiri sendiri. Besaran pokok ada 7 besaran, yaitu:

No	BESARAN POKOK	SATUAN (SI)
1	Panjang (l)	Meter (m)
2	Massa (m)	Kilogram (kg)
3	Waktu (t)	Sekon (s)
4	Kuat Arus Listrik (i)	Ampere (A)
5	Suhu (T)	Kelvin (K)
6	Intensitas Cahaya (I)	Candela (Cd)
7	Jumlah zat (N)	Mole (mol)

Ada dua besaran pokok tambahan, yaitu :

- sudut bidang datar, satuannya radian (rad).
- sudut ruang, satuannya steradian (Sr)

#### 2. Besaran Turunan

Besaran turunan adalah besaran yang tersusun atas beberapa besaran pokok dan satuannya dapat diturunkan dari satuan besaran pokok.

**Contoh :** Kecepatan ( $v$ ), diturunkan dari besaran panjang (perpindahan) dan waktu, karena :

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}}$$

Sehingga satuan kecepatan = m/s.

Contoh besaran turunan yang lain adalah luas (A), volume (V), tekanan (P), percepatan (a), gaya (F), usaha (W), berat (w), daya (P), massa jenis ( $\rho$ ), berat jenis (S), kelajuan (v) dsb.

### Diskusikan

Tentukan satuan dari besaran turunan berikut ini :

1. Volume (panjang x lebar x tinggi)
2. Tekanan ( $\frac{\text{gaya}}{\text{luas}}$ )
3. Percepatan ( $\frac{\text{kecepatan}}{\text{waktu}}$ )
4. Gaya (massa x percepatan)
5. Usaha (gaya x perpindahan)
6. Berat (massa x percepatan gravitasi)
7. Daya ( $\frac{\text{usaha}}{\text{waktu}}$ )
8. Energi (daya x waktu)
9. massa jenis ( $\frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ )
10. berat jenis ( $\frac{\text{berat}}{\text{volume}}$ )
11. kelajuan ( $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$ )
12. momentum (massa x kecepatan)
13. Debit ( $\frac{\text{volume}}{\text{waktu}}$ )

### E. Dimensi Suatu Besaran

Dimensi suatu besaran menunjukkan cara suatu besaran tersusun dari besaran-besaran pokok. Lambang dimensi besaran pokok adalah sebagai berikut :

NO	BESARAN POKOK	DIMENSI
1	Panjang (l)	L
2	Massa (m)	M
3	Waktu (t)	T
4	Kuat Arus Listrik (i)	I
5	Suhu (T)	$\theta$
6	Intensitas Cahaya (I)	J
7	Jumlah zat (N)	N

Dalam fisika, dimensi memiliki kegunaan sebagai berikut :

1. Mengungkapkan kesetaraan atau kesamaan dua besaran yang sepintas berbeda. Contoh : usaha dan energi akan memiliki dimensi yang sama karena keduanya memiliki satuan yang sama. Jadi energi dan usaha merupakan dua besaran yang setara.
2. Menentukan ketepatan suatu persamaan yang menyatakan hubungan antara berbagai besaran menganalisis benar atau salahnya suatu persamaan).

### Hal yang perlu di perhatikan dalam mencari dimensi suatu besaran adalah :

1. konstanta (tetapan) dan bilangan, tidak diperhitungkan dalam penulisan dimensi. Contoh : Keliling lingkaran =  $2\pi R$  (konstanta  $2\pi$  tidak diperhitungkan, R diperhitungkan).
2. Bilangan berpangkat diperhitungkan  
Contoh :  
Luas lingkaran =  $\pi R^2$  (pangkat 2 pada R diperhitungkan,  $\pi$  tidak diperhitungkan)

### Contoh Soal

1. Tentukan dimensi dari :
  - a. Luas lingkaran
  - b. volume
  - c. kecepatan



Penyelesaian :

- a. Luas lingkaran =  $\pi R^2$  = jari x jari  
Dimensi luas lingkaran = L x L =  $L^2$
- b. rumus volume = panjang x panjang x panjang  
Dimensi volume = L x L x L =  $L^3$
- c. kecepatan =  $\frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}}$

$$\text{Dimensi kecepatan} = \frac{L}{T} = LT^{-1}$$

2. Tentukan kebenaran secara dimensi rumus berikut :  $s = v \cdot t$

(s = jarak, v = kecepatan, t = waktu)

**Penyelesaian :**

Dimensi jarak (s) = L

Dimensi kecepatan =  $LT^{-1}$

Dimensi waktu = T

Jadi :

Dimensi jarak = dimensi kecepatan x dimensi waktu

$$L = LT^{-1} \cdot T$$

$$L = L$$

Karena dimensi ruas kiri (jarak) sama dengan dimensi ruas kanan (kecepatan x waktu), maka persamaan di atas adalah benar.

## Uji Kompetensi 2

1. Tuliskan dimensi dari besaran :

- a. Luas (panjang x lebar)
- b. Volume (panjang x lebar x tinggi)
- c. Tekanan ( $\frac{\text{gaya}}{\text{luas}}$ )
- d. Percepatan ( $\frac{\text{kecepatan}}{\text{waktu}}$ )
- e. Gaya (massa x percepatan)
- f. Usaha (gaya x perpindahan)
- g. Berat (massa x percepatan gravitasi)
- h. Daya ( $\frac{\text{usaha}}{\text{waktu}}$ )
- i. Energi (daya x waktu)
- j. massa jenis ( $\frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ )
- k. berat jenis ( $\frac{\text{berat}}{\text{volume}}$ )
- l. kelajuan ( $\frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$ )
- m. momentum
- n. debit

2. Gaya yang bekerja pada dua benda yang bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  yang terpisah pada jarak r, menurut Newton dirumuskan :

$$\mathbf{F} = \mathbf{G} \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Tentukan dimensi dari G !

3. Tentukan kebenaran secara dimensi rumus berikut :

$$\mathbf{a. s} = \frac{v^2}{2a} \quad \mathbf{b. s} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t$$

(s = jarak, v = kecepatan, t = waktu, dan a = percepatan)

4. Buktikan bahwa besaran Usaha dan Energi merupakan besaran yang identik !

## F. Besaran Vektor dan Besaran Skalar

Besaran skalar adalah besaran yang hanya memiliki nilai saja, tanpa mempunyai arah.  
Contoh : massa, panjang, waktu.

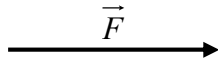
Besaran vektor adalah besaran yang memiliki nilai dan arah. Contoh : kecepatan, percepatan, perpindahan, gaya.

Notasi vektor ditulis dengan huruf tebal atau huruf disertai anak panah di atasnya.

Contoh : vektor F ditulis  $\mathbf{F} = \vec{F}$ .

Vektor F tersebut digambarkan dengan anak panah.

Contoh : gambarkan vektor F ke kanan !



Panjang, atau Nilai atau Besarnya vektor F ditulis  $|F|$ . Contoh :

Besarnya vektor gaya F adalah 20 Newton, maka di tulis  $|F| = 20 \text{ N}$ .

Vektor memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

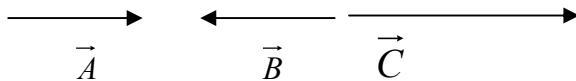
- dapat dipindahkan, asal besar dan arahnya tetap
- dapat dijumlahkan
- dapat dikurangkan
- dapat diuraikan
- dapat dikalikan

### 1. Penjumlahan vektor

Dua buah vektor atau lebih dapat dijumlahkan atau dicari resultannya (R.)

- **Jika beberapa vektor segaris**

Jika vektor A, B dan C besarnya masing-masing  $|A|$ ,  $|B|$  dan  $|C|$  segaris, maka vektor yang arahnya ke kanan diberi tanda positif dan vektor yang arahnya ke kiri diberi tanda negatif.



Besarnya resultan ketiga vektor adalah:

$$\mathbf{R} = |A| - |B| + |C|$$

- **Jika beberapa vektor tidak segaris**

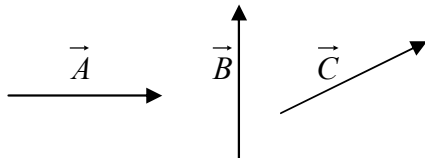
Ada beberapa cara atau metode dalam menjumlahkan vektor yang tak segaris :

- Metode Grafis**

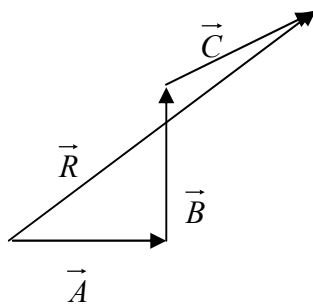
Yaitu menentukan resultan beberapa vektor dengan cara menggambarkan susunan vektor tersebut dalam ukuran dan arah yang sama. Metode grafis ada dua metode, yaitu :

- 1). Metode Poligon (segi banyak)**

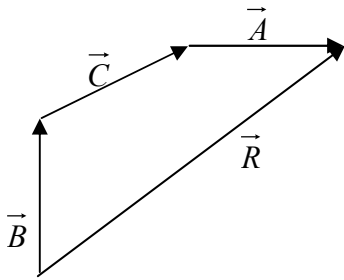
Jika diketahui vektor A, B dan C berikut :



Tiga buah vektor tersebut dapat dicari resultannya (R.) dengan menyusun ketiga vektor seperti berikut :



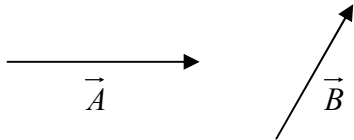
atau



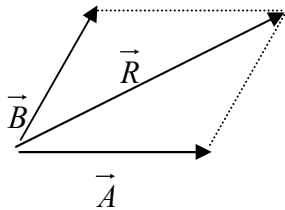
Dari penyusunan urutan vektor tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada penjumlahan vektor, urutan vektor tidak berpengaruh pada hasil penjumlahan (resultan vektor R tetap sama).

## 2). Metode Jajaran Genjang

Vektor yang dijumlahkan disusun membentuk bangun jajaran genjang. Jika diketahui vektor A dan B berikut :



Dua vektor A dan B tersebut disusun berikut :



Besarnya vektor R atau  $|R|$  dicari dengan menggunakan rumus cosinus. Jika besarnya vektor A dan B masing-masing  $|A|$  dan  $|B|$  dan kedua membentuk sudut  $\theta$ , maka besarnya resultan vektor R adalah:

$$|R| = \sqrt{|A|^2 + |B|^2 + 2 \cdot |A| \cdot |B| \cdot \cos \theta}$$

$|A|$  = besar (nilai) vektor A

$|B|$  = besar (nilai) vektor B

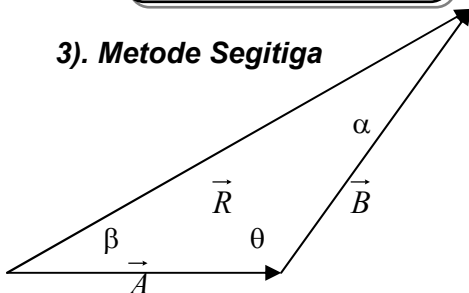
$|R|$  = besar (nilai) resultan vektor

$\theta$  = sudut antara vektor A dan B

Jika kedua vektor saling tegak lurus ( $\theta = 90^\circ$ ), maka :

$$|R| = \sqrt{|A|^2 + |B|^2}$$

## 3). Metode Segitiga



Besarnya resultan vektor :

$$|R| = \sqrt{|A|^2 + |B|^2 + 2 \cdot |A| \cdot |B| \cdot \cos \theta}$$

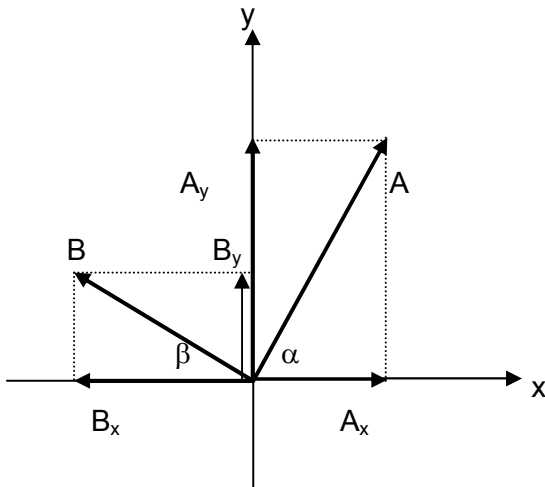
Arah resultan vektor :

$$\frac{|A|}{\sin \alpha} = \frac{|B|}{\sin \beta} = \frac{|R|}{\sin \theta}$$

**b. Metode Analitis**

Vektor yang akan dijumlahkan terlebih dulu harus diuraikan menjadi komponen vektor dalam arah sumbu x dan sumbu y.

Jika vektor A dan B yang besarnya  $|A|$  dan  $|B|$  pada koordinat kartesius berikut ini :



Vektor A dan B diuraikan menjadi komponen vektor A dan B ke arah sumbu x dan ke arah sumbu y, yaitu :

$A_x$  = komponen vektor A pada sumbu x

$A_y$  = komponen vektor A pada sumbu y

$B_x$  = komponen vektor B pada sumbu x

$B_y$  = komponen vektor B pada sumbu y

Besarnya  $A_x$ ,  $A_y$ ,  $B_x$  dan  $B_y$  adalah :

$$A_x = |A| \cdot \cos \alpha$$

$$A_y = |A| \cdot \sin \alpha$$

$$B_x = |B| \cdot \cos \beta$$

$$B_y = |B| \cdot \sin \beta$$

Vektor  $A_x$  ke kanan dan  $B_x$  ke kiri (segaris berlawanan arah), sehingga besarnya resultan vektor A dan B pada sumbu x adalah :

$$R_x = A_x - B_x$$

Vektor  $A_y$  dan  $B_y$  ke atas (segaris & searah), sehingga besarnya resultan vektor A dan B pada sumbu y adalah :

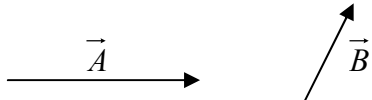
$$R_y = A_y + B_y$$

$R_x$  dan  $R_y$  saling tegak lurus, sehingga jumlah vektor A dan B adalah R (Resultan) :

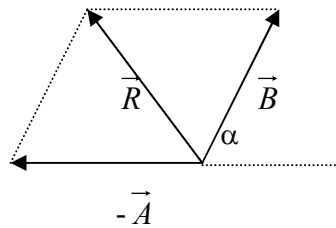
$$|R| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

## 2. Pengurangan Vektor (selisih Vektor)

Dua buah vektor atau lebih dapat dikurangkan. Perhatikan vektor A dan B berikut :



Selisih dua buah vektor tersebut adalah :



Besarnya selisih vektor A dan B adalah :

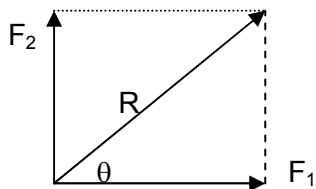
$$|R| = \sqrt{|A|^2 + |B|^2 + 2 \cdot |A| \cdot |B| \cdot \cos(180^\circ - \theta)}$$

### Contoh Soal

1. Dua buah vektor gaya  $F_1$  dan  $F_2$  masing-masing besarnya 8 N dan 6 N. Tentukan resultan vektor tersebut jika kedua vektor :
  - a. searah ke kanan
  - b. berlawanan arah ( $F_1$  ke kanan dan  $F_2$  ke kiri)
  - c. saling tegak lurus

**Penyelesaian :**

- a. Kedua vektor searah (ke kanan)  
 $R = F_1 + F_2 = 8 + 6 = 14$  N ke kanan
- b. Kedua vektor berlawanan arah  
 $R = F_1 - F_2 = 8 - 6 = 2$  N ke kanan  
 ( $F_2$  bernilai negatif karena ke kiri)
- c. Kedua vektor tegak lurus

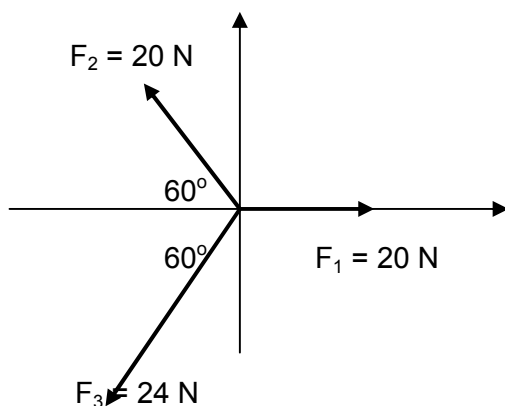


$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ N}$$

$$\text{Arah vektor R adalah : } \theta = \text{arc tg } \frac{F_2}{F_1}$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{6}{8} = 37^\circ.$$

3. Perhatikan 3 buah vektor gaya berikut :



Tentukan besarnya resultan ketiga vektor !

**Penyelesaian :**

$$R_x = F_1 - F_2 \cdot \cos 60^\circ - F_3 \cdot \cos 60^\circ$$

$$R_x = 20 - 20 \cdot \frac{1}{2} - 24 \cdot \frac{1}{2} = 20 - 10 - 12$$

$$R_x = -2 \text{ N}$$

$$R_y = F_2 \cdot \sin 60^\circ - F_3 \cdot \sin 60^\circ$$

$$R_y = 20 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} - 24 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} = 10 \sqrt{3} - 12 \sqrt{3}$$

$$R_y = -2 \sqrt{3} \text{ N}$$

Jadi :

$$|R| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

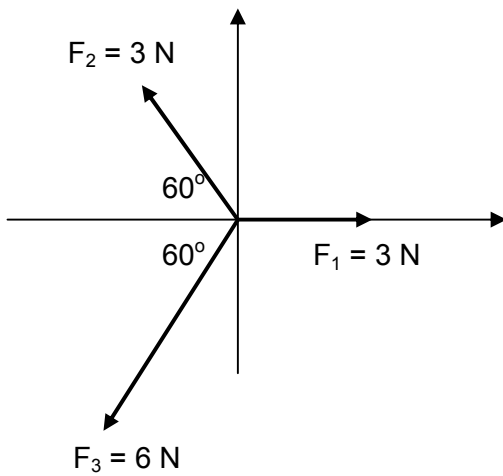
$$|R| = \sqrt{(-2)^2 + (-2\sqrt{3})^2}$$

$$|R| = \sqrt{4 + 12} = \sqrt{16}$$

$$|R| = 4 \text{ N}$$

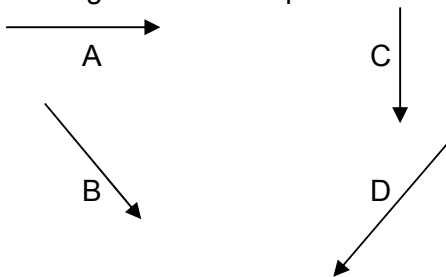
### Uji Kompetensi 3

1. Pada sebuah benda bekerja dua gaya yang besarnya 3 N dan  $\sqrt{3}$  N saling tegak lurus. Tentukan besar dan arah resultan kedua gaya tersebut !
2. Dua buah vektor gaya  $F_1$  dan  $F_2$  saling tegak lurus mempunyai resultan 12 N. Jika arah vektor resultan R terhadap  $F_1$  adalah  $30^\circ$ , tentukan besarnya  $F_1$  dan  $F_2$  !
3. Vektor A dan B masing-masing besarnya 3 satuan dan 4 satuan. Resultan kedua vektor adalah 5 satuan. Hitunglah besarnya sudut yang diapit kedua vektor tersebut !
4. Perhatikan 3 buah vektor pada koordinat kartesius berikut :



Tentukan besarnya resultan ketiga vektor !

5. Perhatikan gambar beberapa vektor berikut :



Dengan metode segitiga gambarkan vektor berikut ini :

- a.  $A + B + C$
- b.  $A + C + D$
- c.  $B + C + D$

### 6. Perkalian vektor (Materi Pengayaan)

#### a. Perkalian titik (dot product)

Perkalian titik dua vektor A dan B ditulis  $\mathbf{A \cdot B}$  (baca : A dot B)

Hasil perkalian titik antara dua buah vektor menghasilkan sebuah besaran skalar.

Jika vektor A dan B mengapit sudut  $\theta$ , maka :

$$\mathbf{A \cdot B = B \cdot A = |A| |B| \cdot \cos \theta}$$

**b. Perkalian silang (cross product)**

Perkalian silang dua vektor A dan B ditulis  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$  (baca : A cross B)

Hasil perkalian silang antara dua buah vektor menghasilkan sebuah vektor.

Jika vektor A dan B mengapit sudut  $\theta$ , maka besarnya vektor yang dihasilkan:

$$|\mathbf{A} \times \mathbf{B}| = |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \sin \theta$$

$$|\mathbf{A} \times \mathbf{B}| \neq |\mathbf{B} \times \mathbf{A}|$$

Arah vektor yang dihasilkan cross product adalah tegak lurus terhadap bidang yang dibentuk oleh kedua vektor.

### **Uji Kompetensi 4**

1. Dua buah vektor kecepatan  $v_1$  dan  $v_2$  masing-masing 5 m/s dan 6 m/s saling mengapit sudut  $37^\circ$ . Hitunglah :
  - a. hasil perkalian titik kedua vektor
  - b. hasil perkalian silang kedua vektor
2. Dua buah vektor A dan B besarnya 6 satuan dan 4 satuan. Arah vektor A ke timur, sedangkan arah vektor B ke tenggara. Tentukan besar dan arah dari  $|\mathbf{A} \times \mathbf{B}|$  !

### **Evaluasi**

#### **Pilihan Ganda**

**Pilih satu jawaban yang benar !**

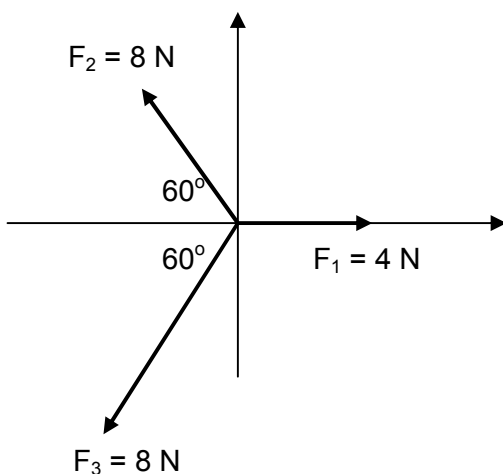
1. Kelompok besaran berikut yang merupakan besaran pokok adalah ...
  - a. panjang, kuat arus, kecepatan
  - b. intensitas cahaya, berat, waktu
  - c. jumlah zat, suhu, massa
  - d. percepatan, suhu, massa
  - e. panjang, berat, intensitas cahaya
2. Kelompok satuan berikut yang merupakan satuan besaran pokok adalah ...
  - a. volt, kg, meter
  - b. sekon, newton, candella
  - c. kelvin, mol, ampere
  - d. kandela, meter, joule
  - e. sekon, meter, newton
3. Besaran berikut yang dimensinya sama dengan dimensi usaha adalah ...
  - a. daya
  - b. energi
  - c. gaya
  - d. berat
  - e. momentum
4. Besaran yang dimensinya  $ML^{-1}T^{-2}$  adalah ...
  - a. gaya
  - b. tekanan
  - c. energi
  - d. momentum
  - e. percepatan
5. Sebuah segitiga memiliki panjang sisi-sisi 2,15 cm ; 0,70 cm dan 2,1 cm. Keliling segitiga tersebut adalah ... cm
  - a. 4,95
  - b. 4,90
  - c. 4,9
  - d. 5,0
  - e. 5

6. Hasil pengukuran panjang dan lebar suatu lantai adalah 12,61 m dan 5,2 m. Menurut aturan angka penting luas lantai tersebut adalah ....m<sup>2</sup>
- 65
  - 65,5
  - 65,572
  - 65,6
  - 66
7. Hasil pengukuran tebal sekeping kayu dengan mikrometer skrup yang tepat dinyatakan oleh ...
- 3,1 cm
  - 3,10 cm
  - 3,11 cm
  - 3,110 cm
  - 3 cm
8. Notasi ilmiah bilangan 0,000000044715 adalah ...
- $44,715 \times 10^{-9}$
  - $44,715 \times 10^{-10}$
  - $4,47 \times 10^{-8}$
  - $4,4715 \times 10^{-8}$
  - $4,4715 \times 10^{-9}$
9. Bila selisih dan resultan dua buah vektor adalah sama, maka sudut apit kedua vektor tersebut adalah ...
- 180°
  - 120°
  - 90°
  - 60°
  - 0°
10. Dua buah vektor gaya masing-masing besarnya 5 N dan 12 N. Pernyataan di bawah ini :
- besar resultan keduanya maksimum 16 N
  - resultan keduanya tidak mungkin 6 N
  - resultannya 13 N jika kedua saling tegak lurus
- Pernyataan yang benar adalah ...
- 1,2,3
  - 1,2
  - 2,3
  - 1,3
  - 3

### Uraian

**Kerjakan soal berikut dengan benar !**

1. Perhatikan 3 buah vektor berikut :

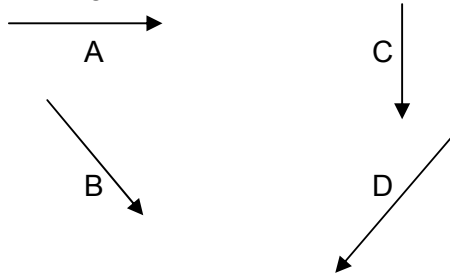


Tentukan besarnya resultan ketiga vektor !

3. Dua buah vektor gaya  $F_1$  dan  $F_2$  saling tegak lurus mempunyai resultan 10 N. Jika arah vektor resultan  $R$  terhadap  $F_1$  adalah 30°, tentukan besarnya  $F_1$  dan  $F_2$  !
4. Tulislah hasil operasi berikut dengan aturan angka penting :
- $7,124 + 0,6508 = \dots$
  - $7,1240 - 0,658 = \dots$
  - $1,027 \times 1,4 = \dots$
  - $4,682 : 9,3 = \dots$
  - $\sqrt{144} = \dots$



5. Perhatikan gambar beberapa vektor berikut :



Dengan metode poligon gambarkan vektor berikut ini :

- a.  $A + B + C$
- b.  $A + C + D$
- c.  $B + C + D$
- d.  $A + B + C + D$

# Bab 2 Kinematika : Gerak Lurus

## Standar kompetensi

Menerapkan konsep besaran fisika dan pengukurannya.

## Kompetensi dasar

Menganalisis besaran fisika pada gerak dengan kecepatan dan percepatan konstan

## Uraian materi pokok :

- Jarak dan perpindahan
- Kelajuan dan kecepatan
- Perlajuan dan percepatan
- Gerak lurus beraturan (GLB)
- Gerak lurus berubah beraturan (GLBB)
- Gerak vertikal

## Indikator :

- Mendefinisikan pengertian gerak
- Membedakan jarak & perpindahan
- Membedakan kecepatan rata-rata & kecepatan sesaat
- Menyimpulkan karakteristik GLB melalui percobaan & pengukuran besaran besaran terkait
- Menyimpulkan karakteristik GLBB melalui percobaan & pengukuran besaran besaran terkait
- Membedakan percepatan rata-rata & percepatan sesaat
- Menerapkan besaran fisika dalam GLB dan GLBB dalam bentuk persamaan & menggunakannya dalam pemecahan masalah.

## Ringkasan Materi:

### Pengertian Gerak

Benda dikatakan bergerak jika kedudukan (posisi) benda berubah terhadap titik acuan. Titik acuan yang dimaksud dapat berupa sebuah titik dalam sistem koordinat. Gerak lurus adalah gerak yang lintasannya berupa garis lurus. Ilmu yang mempelajari gerak dengan mengabaikan penyebab terjadinya gerak disebut kinematika.

### Jarak dan Perpindahan

**Jarak** adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh sebuah benda tanpa memperhatikan arah gerak benda.

**Perpindahan** adalah perubahan kedudukan (posisi) benda dalam selang waktu tertentu. **Jarak termasuk besaran skalar, sedangkan perpindahan termasuk besaran vektor.** Pada kasus tertentu jarak dapat berarti sama dengan nilai perpindahan.

Perhatikan ilustrasi berikut :

A			B		C
0	1	2	3	4	5

Jika anda semula berada pada titik A, kemudian bergerak dari titik A menuju titik B melalui lintasan A B C B.

Jarak AB ditulis  $s_{AB} = 3$  satuan

Jarak BC ditulis  $s_{BC} = 2$  satuan

Jarak CB ditulis  $s_{CB} = 2$  satuan  
 Kedudukan anda di A ditulis  $X_A = 0$   
 Kedudukan anda di B ditulis  $X_B = 3$   
 Kedudukan anda di C ditulis  $X_C = 5$

Jarak yang anda tempuh ditulis :

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= s_{AB} + s_{BC} + s_{CB} \\ &= 3 + 2 + 2 = 7 \text{ satuan.} \end{aligned}$$

Besarnya perpindahan anda dari A ke B ditulis :

$$\Delta s = |X_B - X_A| = 3 - 0 = 3 \text{ satuan ke kanan}$$

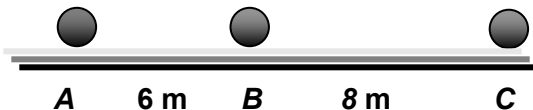
Besarnya perpindahan anda dari C ke B ditulis :

$$\Delta s = X_B - X_C = 3 - 5 = -2 \text{ satuan ke kiri}$$

Dengan menganalisis persoalan tersebut tentu anda dapat dengan mudah membedakan pengertian jarak dan perpindahan.

### Contoh Soal

1. Perhatikan gerak bola berikut :



Sebuah bola bergerak dari titik A menuju titik B melalui lintasan ABCB. Tentukan :

- jarak yang ditempuh oleh bola
- perpindahan bola

**Penyelesaian :**

a. Jarak yang ditempuh bola dari titik A ke titik B melalui lintasan ABCB adalah :

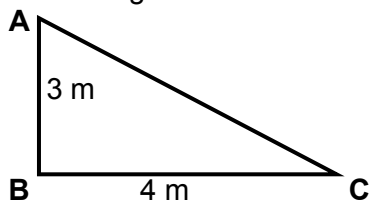
$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= s_{AB} + s_{BC} + s_{CB} \\ &= 6 \text{ m} + 8 \text{ m} + 8 \text{ m} = 22 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Besarnya perpindahan bola dari titik A ke titik B adalah :

$$\Delta s = X_B - X_A = 6 - 0 = 6 \text{ m}$$

Jadi bola tersebut menempuh jarak 22 m dan berpindah sejauh 6 m ke kanan (dari A ke B).

2. Perhatikan gerak benda berikut :



Sebuah benda bergerak dari titik A menuju titik C, melalui lintasan ABC. Tentukan :

- Jarak tempuh benda
- Perpindahan benda

**Penyelesaian :**

a. Jarak =  $s_{AB} + s_{BC} = 3 \text{ m} + 4 \text{ m} = 7 \text{ m}$ .

b. Besarnya perpindahan benda tersebut adalah panjang AC, yaitu :

$$\Delta s = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m. Jadi benda berpindah sebesar 5 m.}$$

### Uji Kompetensi 1

- Sebuah mobil bergerak 60 km ke timur, kemudian berbalik arah menempuh jarak 20 km. Tentukan :
  - jarak tempuh mobil
  - perpindahan mobil dan arahnya
- Sebuah pesawat terbang ke selatan sejauh 60 km, kemudian berbelok ke timur sejauh 80 km. Hitunglah :
  - jarak tempuh pesawat
  - besarnya perpindahan pesawat dan arahnya
- Seorang pelari mengelilingi lintasan berbentuk lingkaran berjari-jari 70 m. Pada saat pelari tersebut menempuh setengah lingkaran, hitunglah :
  - jarak tempuh atlet

b. besar perpindahan yang dilakukan

### Kelajuan dan Kecepatan

**Kelajuan** adalah bilangan yang menunjukkan jarak tempuh tiap satuan waktu. Kelajuan merupakan besaran skalar.

$$\text{Kelajuan rata-rata} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$$
$$v_r = \frac{s}{t}$$

$v_r$  = kelajuan rata-rata (m/s)  
 $s$  = jarak tempuh (m)  
 $t$  = waktu (s)

**Kecepatan** adalah besarnya perpindahan benda tiap selang waktu tertentu. Kecepatan merupakan besaran vektor.

$$\text{kecepatan rata-rata} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{selangwaktu}}$$
$$v_r = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}$$

$v_r$  = kecepatan rata-rata (m/s)  
 $\Delta s$  = perpindahan benda (m)  
 $X_1$  = kedudukan awal benda  
 $X_2$  = kedudukan akhir benda  
 $t_1$  = waktu saat benda di  $X_1$   
 $t_2$  = waktu saat benda di  $X_2$

**Kecepatan sesaat** adalah kecepatan rata-rata apabila selang waktunya sangat kecil (mendekati nol).

$$\text{Kecepatan sesaat} = v_s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

atau

$$v_s = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \text{ untuk } \Delta t \text{ sangat kecil}$$

### Contoh Soal

1. Budi berjalan lurus 40 m ke kiri dalam waktu 80 sekon, kemudian berbalik arah ke kanan menempuh 20 m dalam waktu 20 sekon. Hitunglah :
- kelajuan rata-rata perjalanan budi
  - kecepatan rata-rata perjalan Budi

**Penyelesaian :**

Diketahui :

Jarak total =  $s = 40 + 20 = 60$  m

Perpindahan =  $\Delta s = -40 + 20 = -20$  m

Waktu tempuh =  $80 + 20 = 100$  sekon

Ditanya : a. kelajuan rata-rata

b. kecepatan rata-rata

Jawab :

a.  $v_r = \frac{s}{t} = \frac{60}{100} = 0,6$  m/s

b.  $v_r = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{-20}{100} = -0,2$  m/s

(tanda negatif berarti arah perpindahan atau arah kecepatan budi ke kiri).

2. Sebuah sepeda bergerak dengan persamaan posisi  $x = 2t^3 + 5t^2 + 5$ , ( $x$  dalam satuan meter dan  $t$  dalam sekon). Tentukan :
- perpindahan benda dalam selang waktu antara 1 s dan 3 s
  - kecepatan rata-rata sepeda dalam interval waktu antara 1 s dan 3 s !

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $x = 2t^3 + 5t^2 + 5$ ,

$$t_1 = 1 \text{ s}$$

$$t_2 = 3 \text{ s}$$

Ditanya :

a.  $\Delta s$

b.  $v_r$

Jawab :

a. Saat  $t_1 = 1 \text{ s}$ ,  $x_1 = 2(1)^3 + 5(1)^2 + 5$

$$x_1 = 12 \text{ m}$$

saat  $t_2 = 3 \text{ s}$ ,  $x_2 = 104 \text{ m}$ ,

$$\Delta s = x_2 - x_1 = 104 - 12 = 92 \text{ m}$$

$$b. v_r = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{104 - 12}{3 - 1}$$

$$v_r = \frac{92}{2} = 46 \text{ m/s.}$$

3. Diketahui tabel yang menunjukkan posisi sebuah sepeda pada berbagai waktu berikut :

WAKTU (s)	POSISI (m)
2,00	10,00
2,01	10,20
2,02	10,40
2,10	12,05
2,20	14,20
3,00	35,00

Tentukan besarnya kecepatan sesaat sepeda pada  $t = 2,00 \text{ s}$  !

**Penyelesaian :**

Kecepatan sesaat dihitung berdasarkan nilai kecepatan rata-rata untuk berbagai selang waktu yang mana  $\Delta t$  mendekati nol atau  $\Delta t$  hampir sama dengan 0 dengan  $t$  sesuai yang ditanyakan.

Selang waktu	$\Delta t$ (s)	$\Delta s$ (m)	$v_r$
2,00 – 3,00	1,00	25,00	25,0
2,00 – 2,10	0,10	2,05	20,5
2,00 – 2,02	0,02	0,40	20,0
2,00 – 2,01	<b>0,01</b>	<b>0,20</b>	<b>20,0</b>

Dari tabel terlihat bahwa kecepatan sesaat sepeda pada  $t = 2,00 \text{ s}$  sama dengan 20,00 m/s

### **Uji Kompetensi 2**

1. Sebuah mobil bergerak 10 m ke timur, setelah 3 sekon berbalik arah menempuh jarak 5 m selama 2 sekon. Tentukan :
- Kelajuan rata-rata
  - Besar & arah kecepatan rata-rata

2. Sebuah pesawat terbang ke selatan sejauh 12 km dalam waktu 8 s, kemudian berbelok ke timur sejauh 6 km dalam waktu 6 s, dan akhirnya berbelok ke utara sejauh 4 km dalam waktu 6 s. Hitunglah :
  - a. Kelajuan rata-rata
  - b. Besar & arah kecepatan rata-rata
3. Seorang pelari mengelilingi lintasan berbentuk lingkaran berjari-jari 140 m. Pada saat pelari tersebut menempuh 2 putaran penuh dalam waktu 10 s, hitunglah :
  - a. Kelajuan rata-rata
  - b. Besar & arah kecepatan rata-rata

### Perlajuan dan Percepatan

Perlajuan adalah kelajuan benda setiap waktu, sedangkan percepatan adalah kecepatan benda setiap waktu. Kecepatan rata-rata adalah perubahan kecepatan dalam selang waktu tertentu. Jadi perlajuan adalah besar atau nilai dari percepatan. Perlajuan termasuk besaran skalar dan percepatan termasuk besaran vektor. Percepatan yang bernilai negatif disebut perlambatan.

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

- $a_r$  = percepatan rata-rata ( $m/s^2$ )
- $\Delta v$  = perubahan kecepatan ( $m/s$ )
- $\Delta t$  = selang waktu / interval waktu ( $s$ )
- $v_1$  = kecepatan awal pada saat  $t_1$  ( $m/s$ )
- $v_2$  = kecepatan akhir pada saat  $t_2$  ( $m/s$ )
- $t_1$  = waktu awal ( $s$ )
- $t_2$  = waktu akhir ( $s$ )

Percepatan sesaat adalah percepatan rata-rata untuk selang waktu sangat kecil (mendekati nol).

$$\text{Percepatan sesaat} = a_s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

atau

$$a_s = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \text{ untuk } \Delta t \text{ sangat kecil}$$

### Contoh Soal

Sebuah benda bergerak dengan kecepatan awal 40 m/s. Setelah 10 s kecepatannya menjadi 20 m/s. Berapa percepatan yang dialami mobil ?

**Penyelesaian :**

- Diketahui :  $v_1 = 40 \text{ m/s}$
- $v_2 = 20 \text{ m/s}$
- $\Delta t = 10 \text{ s}$

Ditanya :  $a \dots ?$

Jawab : percepatan yang dimaksud adalah percepatan rata-rata ;

$$a_r = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{20 - 40}{10} = -2 \text{ m/s}^2$$

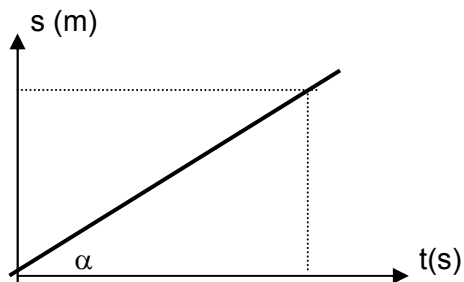
(tanda negatif berarti mobil mengalami perlambatan).

### Gerak Lurus Beraturan (GLB)

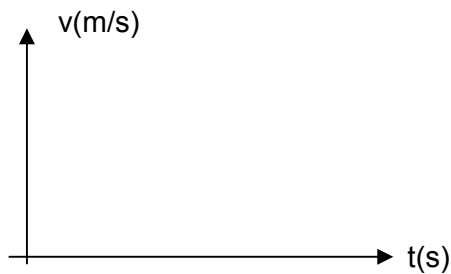
GLB adalah gerak benda pada lintasan lurus dengan kecepatan tetap (konstan) atau tanpa percepatan ( $a=0$ ). Benda memiliki kecepatan tetap jika dalam selang waktu yang sama benda menempuh jarak yang sama pula.

Perhatikan grafik GLB berikut :

- Grafik perpindahan terhadap waktu



- Grafik kecepatan terhadap waktu



Dari grafik di atas diperoleh bahwa kecepatan benda selalu sama (tetap) dalam selang waktu kapan pun, yaitu :

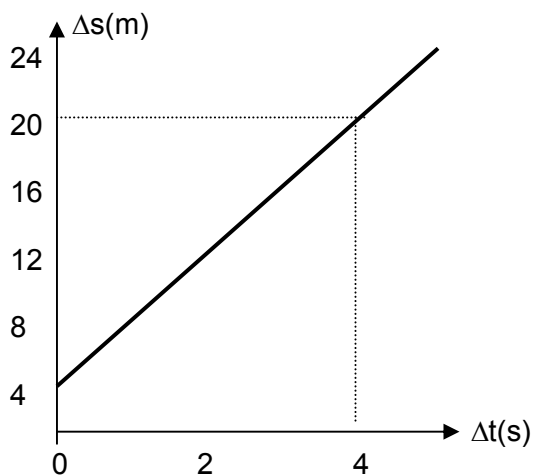
Kecepatan rata-rata =  $\frac{\text{perpindahan}}{\text{Selang Waktu}}$

$$v_r = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{tg } \alpha$$

- v = kecepatan benda (m/s)
- $\Delta s$  = jarak atau perpindahan benda (m)  
= luas daerah yang arsir
- $\Delta t$  = selang waktu (s)
- $\alpha$  = sudut kemiringan grafik s-t.

### Contoh Soal

Sebuah benda yang bergerak memiliki grafik hubungan perpindahan terhadap waktu sebagai berikut :



Dari grafik di atas tentukan besarnya kecepatan rata-rata benda antara t = 0 sampai dengan t = 4 s !

**Penyelesaian :**

- Diketahui :  $s_1 = 4 \text{ m}$
- $s_2 = 24 \text{ m}$
- $t_1 = 0 \text{ s}$
- $t_2 = 4 \text{ s}$

Ditanya :  $v_r \dots ?$

$$\text{Jawab : } v_r = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{24 - 4}{4 - 0}$$

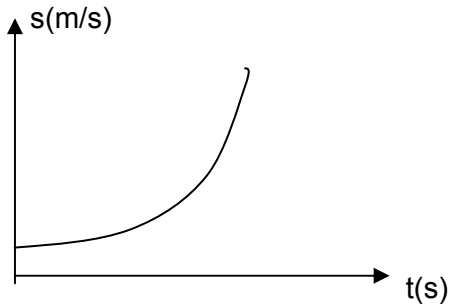
$$v_r = 5 \text{ m/s.}$$

### Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

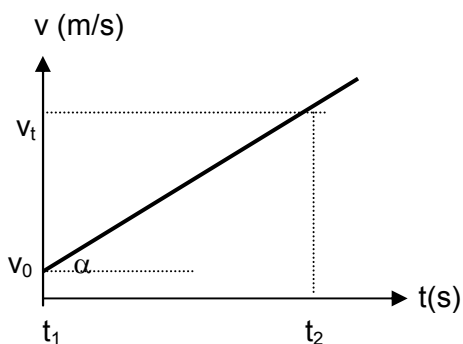
GLBB adalah gerak benda pada lintasan lurus dengan percepatan tetap. Pada GLBB kecepatannya berubah secara tetap. Jika kecepatannya makin besar dikatakan benda bergerak dipercepat, dan jika kecepatannya makin kecil dikatakan benda bergerak diperlambat.

Perhatikan grafik GLBB berikut :

- grafik perpindahan terhadap waktu



- grafik kecepatan terhadap waktu



Dari grafik GLBB tersebut, diperoleh:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_t - v_0}{t_2 - t_1} = \text{tg } \alpha$$

dan :

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

$$v_t = v_0 + a t$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 a s$$

- s = jarak yang ditempuh (m)
- $v_0$  = kecepatan awal benda (m/s)
- $v_t$  = kecepatan benda setelah t (m/s)
- t = selang waktu (s)
- a = percepatan benda (m/s)

### Contoh Soal

Sebuah benda mula-mula bergerak dengan kecepatan 5 m/s, lalu dipercepat 2 m/s<sup>2</sup>. Hitunglah kecepatan dan jarak yang ditempuh benda setelah 2 detik !

Penyelesaian :

- Diketahui :  $v_0 = 5 \text{ m/s}$   
 $a = 2 \text{ m/s}^2$   
 $t = 2 \text{ sekon}$

Ditanya :  $v_t$  dan s ..?

Jawab :



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

$$v_t = 5 + 2 \cdot 2 = 9 \text{ m/s}$$

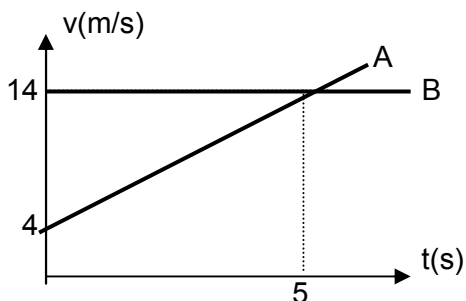
dan

$$s = 5 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2^2$$

$$s = 10 + 4 = 14 \text{ m.}$$

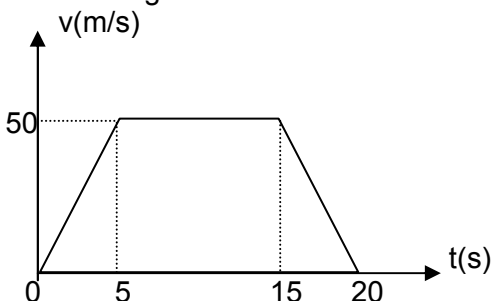
## Uji Kompetensi 2

1. Sebuah sepeda motor bergerak lurus dengan kecepatan tetap 50 m/s. Hitunglah panjang jalan yang dilalui sepeda setelah berjalan 10 menit !
2. Dua buah mobil A dan B mula-mula diam. Mobil A berangkat terlebih dahulu dengan kecepatan tetap 6 m/s dan 10 detik kemudian mobil B bergerak searah dengan kecepatan tetap 8 m/s. Tentukan:
  - a. pada jarak berapa mobil B dapat menyusul mobil A
  - b. setelah berapa lama mobil B tersebut menyusul A
3. Dua sepeda motor A dan B mula-mula diam dan saling berhadapan pada jarak 120 m. Dalam waktu bersamaan kedua sepeda bergerak berlawanan arah dengan kecepatan A = 8 m/s dan kecepatan B = 4 m/s. Kapan dan di mana kedua sepeda tersebut bertemu ?
4. Sebuah mobil mula-mula bergerak dengan kecepatan 10 m/s. Tiba-tiba mobil tersebut direm dan berhenti setelah 2 detik. Hitunglah :
  - a. perlambatan mobil
  - b. setelah berapa meter mobil tersebut berhenti ?
5. Sebuah mobil mula-mula bergerak dengan kecepatan 18 m/s. Karena di rem setelah menempuh jarak 480 m kecepatannya menjadi 12 m/s. Hitung :
  - a. waktu yang diperlukan untuk mengubah kecepatan tersebut
  - b. besarnya perlambatan mobil
6. Dua mobil A dan B bergerak searah pada jalan lurus. Grafik v-t kedua mobil tersebut sebagai berikut :



Dari grafik, tentukan :

- a. jenis gerak mobil A dan B
  - b. jika kedua mobil berangkat bersamaan, kapan kedua mobil bertemu (berdampingan) ?
  - c. berapa kecepatan mobil A dan B saat berdampingan tersebut ?
7. Perhatikan grafik berikut :



Dari grafik tentukan :

- a. percepatan rata-rata benda dalam selang waktu 0 s sampai dengan 5 s
- b. percepatan benda dalam selang waktu 5 s hingga 15 s
- c. kecepatan benda dalam selang 5 s hingga 15 s
- d. percepatan rata-rata benda dalam selang 15 s hingga 20 s
- e. jarak tempuh benda dalam selang waktu 0s hingga 5 s
- f. jarak tempuh total

### Gerak Vertikal

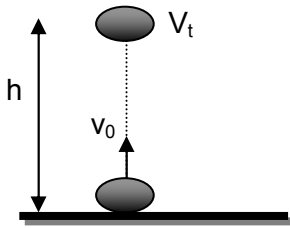
Gerak vertikal merupakan contoh dari GLBB yang arahnya vertikal (ke atas atau ke bawah). Secara matematis hanya berbeda pada istilah jarak dengan ketinggian dan pengarus tetap dari percepatan gravitasi.

Gerak vertikal ada dua, yaitu :

### 1. Gerak vertikal ke atas (GVA)

Benda yang dilempar lurus ke atas akan mengalami perlambatan yang besarnya sama dengan percepatan gravitasi bumi ( $a = -g$ ), sehingga GVA merupakan contoh GLBB diperlambat.

Perhatikan ilustrasi berikut :



Sebuah bola yang dilempar vertikal ke atas, memiliki persamaan yang mirip dengan persamaan GLBB, yaitu :

- jarak tempuh benda (ketinggian) benda setelah  $t$  sekon dari tanah

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

- kecepatan benda setelah  $t$  sekon

$$v_t = v_0 - g.t$$

- kecepatan bola pada saat ketinggiannya  $h$  dari tanah

$$v_t^2 = v_0^2 - 2.g.h$$

- Waktu yang diperlukan untuk mencapai ketinggian maksimum

Pada saat bola berada pada ketinggian maksimum maka  $v_t = 0$  m/s (diam sesaat lalu jatuh), sehingga :

$$t_{\text{mak}} = \frac{v_0}{g}$$

$$h_{\text{mak}} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$h$  = ketinggian bola setelah  $t$  (m)

$v_0$  = kecepatan awal bola (m/s)

$v_t$  = kecepatan bola setelah  $t$  (m/s)

$t$  = selang waktu (s)

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

$t_{\text{mak}}$  = waktu untuk mencapai tinggi maksimum (s)

$h_{\text{mak}}$  = tinggi maksimum (m)

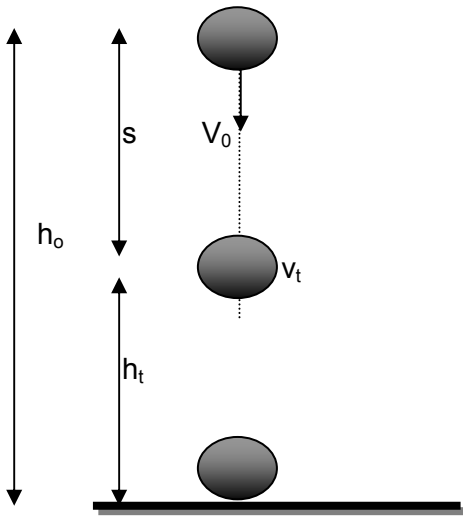
### 2. Gerak vertikal ke bawah (GVB)

**GVB** merupakan contoh GLBB dipercepat karena arah geraknya searah dengan arah percepatan gravitasi bumi dengan atau tanpa kecepatan awal.

Perhatikan keadaan benda ketika pada posisi paling atas, kemudian di bawahnya, kemudian ketika menyentuh lantai (alas). Dalam hal ini kita katakan menyentuh permukaan bumi.

Benda yang mula-mula berada pada ketinggian  $h_0$  di atas tanah dilempar ke bawah dengan kecepatan awal  $v_0$ . Setelah  $t$  sekon bola menempuh jarak  $s$ , sehingga ketinggiannya setelah  $t$  sekon adalah  $h_t$ . Dengan demikian :

$$\begin{aligned} h_t &= h_0 - s \\ s &= v_0.t + \frac{1}{2}.g.t^2 \\ v_t &= v_0 + g.t \\ v_t^2 &= v_0^2 + 2.g.s \end{aligned}$$



- $h_t$  = ketinggian bola setelah  $t$  (m)
- $h_0$  = ketinggian bola mula-mula (m)
- $s$  = jarak jatuh setelah  $t$  (m)
- $v_0$  = kecepatan awal bola (m/s)
- $v_t$  = kecepatan bola setelah  $t$  (m/s)
- $t$  = waktu (s)
- $g$  = percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

**3. Gerak Jatuh Bebas (GJB)**

**GJB** adalah **GVB** tanpa kecepatan awal ( $v_0 = 0 \text{ m/s}$ ). Persamaan yang berlaku adalah persamaan GVB dengan  $v_0 = 0 \text{ m/s}$ .

$$\begin{aligned}
 h_t &= h_0 - s \\
 s &= \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\
 v_t &= g \cdot t \\
 v_t^2 &= 2 \cdot g \cdot s
 \end{aligned}$$

- Waktu untuk sampai di tanah  
 Pada saat benda sampai di tanah, maka  $h_t = 0$  meter, sehingga  $h_0 = s$ .  
 Jadi :

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}}$$

- Kecepatan bola membentur tanah

$$v_t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

**Contoh Soal**

Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian 100 m di atas permukaan tanah. Jika percepatan gravitasi bumi  $10 \text{ m/s}^2$ , tentukan :

- a. ketinggian benda setelah 2 sekon
- b. waktu yang diperlukan benda untuk sampai di tanah
- c. kecepatan benda sampai di tanah

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $h_0 = 100 \text{ m}$   
 $g = 10 \text{ m/s}^2$

Ditanya : a.  $h_t$   
 b.  $t$

Jawab :

a.  $h_t = h_0 - s$ , dengan  $s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

jadi :

$$\begin{aligned} h_t &= h_0 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\ &= 100 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 \\ &= 100 - 20 \\ &= 80 \text{ m} \end{aligned}$$

b.  $t = \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{10}} = \sqrt{20} = 2\sqrt{5} \text{ s}$

c.  $v_t = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 100} = \sqrt{2000} = 20\sqrt{5} \text{ m/s}$

### **Uji Kompetensi 3**

1. Sebuah benda dilempar vertikal ke atas dengan kelajuan awal 30 m/s. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , hitunglah :
  - a. tinggi maksimum yang dapat dicapai
  - b. waktu untuk mencapai ketinggian maksimum
  - c. waktu untuk mencapai ketinggian 5m
  - d. waktu yang diperlukan untuk sampai di tanah lagi
  - e. kecepatan benda pada ketinggian nya 25 m
  - f. kecepatan benda setelah 1 sekon
  - g. ketinggian benda setelah 1 sekon
2. Peluru ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 50 m/s. Pada saat yang sama dijatuhkan benda tanpa kecepatan awal yang berada 100 m di atas senapan. Tentukan kapan dan dimana kedua benda bertemu ?

### **Evaluasi**

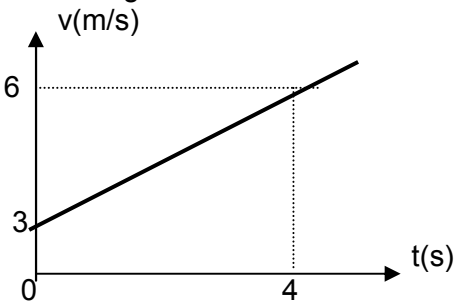
#### **PILIHAN GANDA**

**Pilihlah satu jawaban yang tepat!**

1. Koordinat titik A, B dan C berturut-turut adalah (1,0), (7,) dan (4,0). Sebuah benda bergerak dari A ke C melalui lintasan ABC. Perpindahan partikel tersebut adalah ....satuan
  - a. -11
  - b. 10
  - c. -3
  - d. +3
  - e. +10
2. Sebuah benda bergerak lurus ke utara dengan kecepatan 10 m/s selama 8 s, kemudian benda berbalik arah dengan kecepatan 20 m/s selama 3 s. Jarak tempuh dan perpindahan benda adalah ...
  - a. 20 m ; 140 m ke utara
  - b. 20 m ; 140 m ke selatan
  - c. 140 m ; 140 m ke utara
  - d. 140 m ; 20 m ke selatan
  - e. 140 m ; 20 m ke utara
3. Sebuah benda bergerak lurus ke utara dengan kecepatan 8 m/s selama 5 s, kemudian benda berbalik arah dengan kecepatan 6 m/s selama 5 s. Kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata benda adalah .....
  - a. 5 m/s ; 5 m/s
  - b. 5 m/s ; 7 m/s
  - c. 7 m/s ; 5 m/s
  - d. 7 m/s ; 7 m/s
  - e. 7 m/s ; 10 m/s

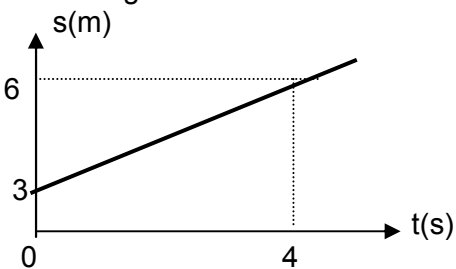
4. Seseorang berjalan ke timur sejauh 40 km selama 0,5 jam, lalu berbelok ke utara sejauh 30 km selama 2 jam. Besarnya kecepatan rata-rata perjalanan adalah ... km/jam
- 95
  - 48
  - 35
  - 28
  - 20
5. Hadi tiap pagi selalu jogging mengelilingi lapangan yang berukuran 100 x 400 m sebanyak 12 kali dalam 1 jam. Kecepatan rata-rata dan kelajuan rata-rata gerak Hadi adalah ... km/jam
- 0 ; 12
  - 0 ; 6
  - 6 ; 12
  - 6 ; 6
  - 12 ; 12
6. Sebuah benda bergerak lurus dengan persamaan perpindahan  $x = 3t^2 + 4t$  dalam satuan SI. Kecepatan rata-rata benda dalam selang waktu 3 s dan 5 s adalah ... m/s
- 7
  - 10
  - 16
  - 20
  - 28

7. Perhatikan grafik berikut :



Jarak tempuh benda selama 4 s adalah ...m

- 24
  - 44
  - 64
  - 76
  - 92
8. Perhatikan grafik berikut :



Besarnya kecepatan rata-rata dan jarak tempuh benda setelah 6 s adalah ...

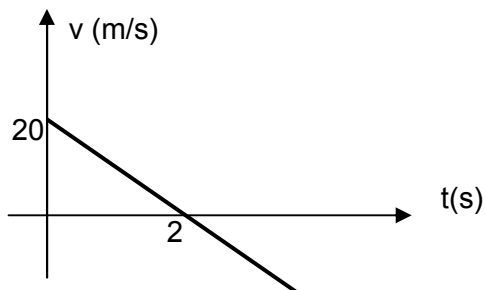
- 0,75 m/s ; 4,5 m
  - 0,75 m/s ; 9,0 m
  - 1,5 m/s ; 4,5 m
  - 1,5 m/s ; 7,5 m
  - 1,5 m/s ; 9,0 m
9. Dua mobil A dan B mula-mula berjarak 60 m, pada saat bersamaan bergerak saling mendekati dan segaris dengan kecepatan tetap masing-masing 6 m/s dan 4 m/s. Kedua mobil bertabrakan setelah ...
- 6 s
  - 10 s
  - 15 s
  - 25 s
  - 30 s

10. Sebuah mobil mula-mula bergerak dengan kecepatan 54 km/jam lalu direm dengan perlambatan  $2 \text{ m/s}^2$ . Jika dihitung dari saat direm, maka :
1. kecepatan pada saat  $t = 4 \text{ s}$  adalah  $7 \text{ m/s}$
  2. jarak tempuh setelah  $4 \text{ s}$  adalah  $44 \text{ m}$
  3. mobil berhenti setelah  $7,5 \text{ s}$
  4. mobil berhenti setelah menempuh jarak  $56,25 \text{ m}$
- Pernyataan yang benar adalah ...
- a. 1, 2, 3
  - b. 1, 3
  - c. 2, 4
  - d. 4
  - e. 1, 2, 3, 4
11. Sebuah benda dilepas tanpa kecepatan awal dari ketinggian  $100 \text{ m}$ . Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$  dan gesekan udara diabaikan, maka ketinggian benda setelah  $2 \text{ detik}$  adalah ... m
- a. 20
  - b. 25
  - c. 50
  - d. 70
  - e. 80

**URAIAN**

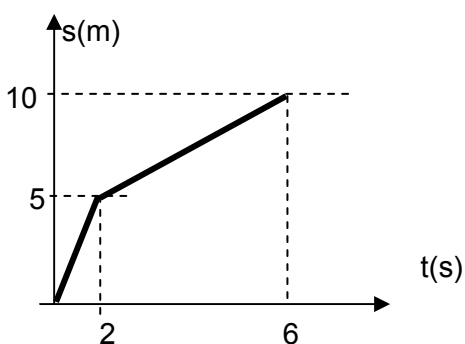
**Kerjakan dengan tepat dan benar !**

1. Perhatikan grafik berikut :



Dari grafik gerak benda tersebut, tentukan :

- a. jarak tempuh benda setelah setelah  $4 \text{ s}$
  - b. perpindahan benda setelah  $4 \text{ s}$
  - c. percepatan benda
2. Seorang pelari mengelilingi lapangan melingkar sebanyak  $3,5$  putaran dengan kecepatan tetap. Jika panjang lintasan sekali berputar  $330 \text{ m}$  dan ditempuh selama  $33 \text{ s}$ , tentukan :
- a. jarak dan perpindahan pelari !
  - b. kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata !
3. Perhatikan grafik berikut :



Dari grafik tentukan kecepatan rata-rata!

4. Sebuah sepeda motor hendak menempuh jalan lurus sejauh  $x$  kilometer. Setengah jarak tersebut ditempuh dengan kecepatan  $80 \text{ km/jam}$ , setengahnya lagi ditempuh dengan kecepatan  $20 \text{ km/jam}$ . Hitunglah kecepatan rata-rata sepeda selama perjalanan !

5. Sebuah mobil dari keadaan diam mengalami percepatan konstan  $1,5 \text{ m/s}^2$  selama 20 s. Kemudian selama 2 menit kelajuannya konstan. Setelah itu mobil direm selama 10 s hingga berhenti.
- gambarkan grafik hubungan v-t
  - berapa kelajuan mobil setelah 10 s
  - berapa kelajuan mobil setelah 60 s
  - berapa perlambatan mobil selama pengereman
  - berapa jarak total yang ditempuh mobil
6. Seorang pitcher melempar bola vertikal ke atas dengan kecepatan awal 12 m/s. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , Tentukan :
- tinggi maksimum yang dicapai bola
  - waktu untuk mencapai tinggi maksimum
  - berapa lama bola dapat ditangkap kembali.

# 3 Gerak Melingkar

## Standar kompetensi

Menerapkan konsep dan prinsip dasar kinematika dan dinamika benda titik

## Kompetensi dasar

Menganalisis besaran fisika pada gerak melingkar dengan laju konstan.

## Uraian materi pokok :

- Gerak melingkar beraturan (GMB)
- Gerak melingkar berubah beraturan

## Indikator :

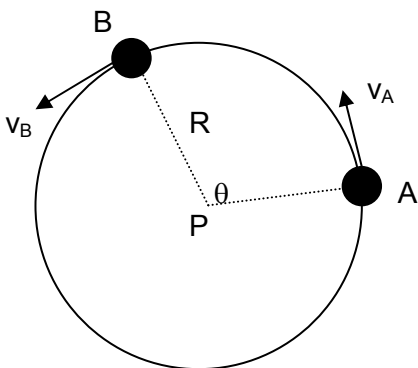
- Merumuskan GMB secara kuantitatif
- Menjelaskan pengertian percepatan sentripetal, dan mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari
- Memberikan contoh GMB dan GMBB dalam kehidupan sehari-hari.
- Menjelaskan perumusan kuantitatif GMBB.

## Pendalaman materi

### A. Gerak Melingkar Beraturan (GMB)

Yaitu gerak yang lintasannya melingkar dengan kelajuan linier (besar kecepatan linier) tetap, namun arah kecepatan linier selalu berubah (tidak tetap) sesuai dengan arah garis singgung melingkar.

Perhatikan benda yang bergerak melingkar berikut :



Arah kecepatan linier (kecepatan singgung) di A ( $v_A$ ) dan di B ( $v_B$ ) berbeda. Arah kecepatan linier tegak lurus pada jari jari lingkaran (R.)

Beberapa besaran fisika dalam gerak melingkar adalah :

#### 1. Periode dan frekuensi putaran

Periode putaran (T) adalah waktu yang diperlukan oleh suatu benda untuk melakukan satu putaran penuh. Jika sebuah benda melakukan n putaran selama selang waktu t, maka periode putaran adalah :



$$T = \frac{t}{n}$$

T = periode putaran (s)  
t = waktu untuk n putaran (s)  
N = jumlah putaran

Frekuensi putaran (f) adalah jumlah putaran yang dilakukan oleh benda setiap sekon.

$$f = \frac{n}{t}$$

f = frekuensi putaran (Hz)

Satuan frekuensi yang lain adalah :

- cps (cycle per secon) atau rotasi per sekon
- cpm (cycle per menit) atau rpm (rotasi per menit)

Hubungan rumus antara periode dan frekuensi benda yang bergerak melingkar adalah :

$$f = \frac{1}{T}$$

atau

$$T = \frac{1}{f}$$

## 2. Laju Linier (v)

Laju linier adalah panjang busur lingkaran yang ditempuh dalam selang waktu tertentu. Dalam satu periode, panjang busur lingkaran sama dengan keliling lingkaran, sehingga :

$$v = \frac{2\pi.R}{T}$$

v = laju (nilai kecepatan) linier (m/s)  
R = jari-jari lingkaran (m)

## 3. Kecepatan Sudut ( $\omega$ )

Kecepatan sudut (kecepatan anguler) adalah besarnya sudut yang ditempuh benda selama selang waktu tertentu dan besarnya tetap. Dalam satu periode sudut yang ditempuh benda adalah  $360^\circ$  atau  $2\pi$  radian. Jadi :

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

## 4. Sudut Tempuh ( $\theta$ )

Sudut yang ditempuh oleh benda yang bergerak melingkar beraturan selama selang waktu t adalah :

$$\theta = \omega.t$$

$\theta$  = sudut tempuh (radian = rad)

**1 putaran =  $360^\circ = 2\pi$  rad**

Hubungan rumus antara laju linier dengan kecepatan sudut adalah :

$$v = \omega.R$$

### 5. Percepatan sentripetal ( $a_s$ )

Percepatan sentripetal adalah percepatan benda yang arahnya menuju ke pusat lingkaran. Percepatan sentripetal besarnya tetap dan berfungsi untuk mengubah arah kecepatan linier. Nilai percepatan sentripetal adalah :

$$a_s = \frac{v^2}{R} \quad \text{atau} \quad a_s = \omega^2 \cdot R$$

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

### 6. Gaya Sentripetal ( $F_s$ )

Gaya sentripetal adalah gaya yang bekerja pada benda yang bergerak melingkar yang arahnya menuju pusat lingkaran. Besarnya sentripetal adalah :

$$F_s = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad \text{atau} \quad F_s = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

$F_s$  = gaya sentripetal (N)

$m$  = massa benda yang berputar (kg)

## Contoh Soal

Sebuah benda bermassa 0,5 kg bergerak melingkar beraturan dengan kecepatan 90 cpm dengan jari-jari lintasan 30 cm. Tentukan :

- periode putaran
- frekuensi putaran
- besar kecepatan sudut
- besar kecepatan linier (laju linier)
- sudut yang ditempuh selama  $\frac{1}{4}$  jam
- percepatan sentripetal
- gaya sentripetal
- banyak putaran selama 1 jam

### Penyelesaian :

Diketahui :  $m = 0,5 \text{ kg}$   
 $R = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$   
 $n = 90 \text{ putaran}$   
 $t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ s}$

Jawab :

- $T = \frac{t}{n} = \frac{60}{90} = \frac{2}{3} \text{ s}$
- $f = \frac{n}{t} = \frac{90}{60} = 1,5 \text{ s}$
- $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{2/3} = 3\pi \text{ rad/s}$
- $v = \omega \cdot R = 3\pi \cdot 0,3 = 0,9 \cdot \pi \text{ m/s}$
- $\theta = \omega \cdot t = 3\pi \cdot \frac{1}{4} \text{ jam} \times 3600 \text{ s}$   
 $= 2700\pi \text{ rad.}$
- $a_s = \omega^2 \cdot R = 9 \cdot \pi^2 \cdot 0,3 = 2,7 \cdot \pi^2 \text{ m/s}$
- $F_s = m \cdot a_s = 0,5 \cdot 2,7 \cdot \pi^2 = 1,35\pi^2 \text{ N}$

# Aktivitas 1

## Gaya sentripetal

- Tujuan :** 1. menjelaskan konsep fisis GMB  
2. merasakan adanya gaya sentripetal

### Langkah-langkah kegiatan 1:

1. ambil sebuah benda dan ikat dengan seutas benang yang kuat
2. Ikatkan ujung benang lain pada jari telunjuk putarlah dengan kecepatan yang relatif konstan, & usahakan benang melilit pada jari telunjuk
3. Rasakan tarikan benda terhadap jari telunjuk
4. Ulangi kegiatan ini untuk berbagai macam kecepatan
5. Tulis dan diskusikan hasil kegiatan kalian :

Kecepatan putar	Rasa saat benda jauh dari jari	Rasa saat benda dekat dari jari
Lambat		
Sedang		
Cepat		

6. Buatlah kesimpulan hasil diskusimu !

### Langkah-langkah kegiatan 2:

1. Masukkan tali melalui sebuah pipa
2. Ikatlah benda yang bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  pada masing-masing ujung tali. Usahakan  $m_2$  lebih besar dari  $m_1$
3. Melalui pipa, putarlah  $m_1$  mendatar di atas kepala
4. Ulangi langkah tersebut untuk  $m_2$  yang berbeda
5. Tulis dan diskusikan hasil pengamatanmu :

$m_1$	$m_2$	Putar lambat	Putar cepat

6. Simpulkan hasil diskusimu !

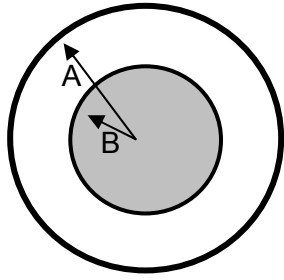
## Uji Kompetensi 1

1. Panjang jarum sekon, jarum menit dan jarum jam sebuah jam dinding masing-masing 6 cm, 5 cm dan 4 cm. Tentukan :
  - a. kecepatan sudut masing-masing jarum
  - b. kecepatan linier masing-masing jarum
2. Bumi berjari-jari 6370 km berotasi sekali berputar selama 24 jam. Tentukan kecepatan linier sebuah titik dikatulistiwa !
3. Sebuah ban mobil balap berjari-jari 30 cm. Mobil bergerak dipercepat dari keadaan diam selama 8 s hingga kecepatannya 15 m/s. Tentukan :
  - a. berapa kali ban mobil berputar
  - b. berapa jarak yang telah ditempuh mobil
4. Akibat tidak mengerjakan PR, Amir dihukum berlari mengitari lapangan yang berbentuk lingkaran sebanyak 60 kali. Amir hanya diberi waktu 20 menit. Jika 10 menit pertama Amir berlari dengan periode 30 s, berapa periode gerak lari yang harus dilakukan pada menit kedua ?
5. Seorang pelari mengelilingi lintasan atletik berbentuk lingkaran yang radiusnya 100 m. Jika jarak 400 m ditempuh pelari dalam waktu 1 menit, hitunglah :
  - a. kelajuan linier
  - b. kecepatan sudut
  - c. frekuensi putaran
  - d. periode putaran

## Penerapan Gerak Melingkar Beraturan pada Hubungan Roda-Roda

### 1. Hubungan Roda-Roda Seporos

Perhatikan dua roda A dan B berikut :



Roda A dan B masing-masing berjari-jari  $R_A$  dan  $R_B$  seporos, maka besarnya **kecepatan sudut kedua roda sama**. Jadi:

$$\omega_A = \omega_B$$
$$\frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B}$$

$\omega_A$  = kecepatan sudut roda A (rad/s)

$\omega_B$  = kecepatan sudut roda B

$v_A$  = laju linier roda A (m/s)

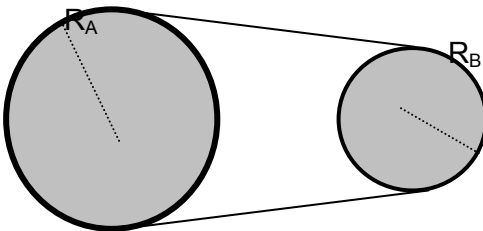
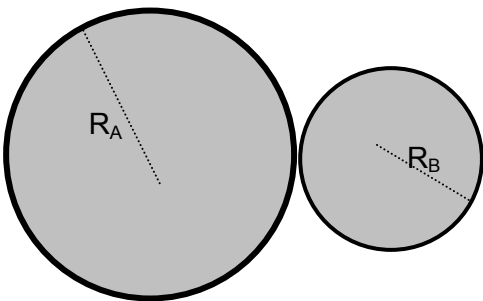
$v_B$  = laju linier roda B

$R_A$  = jari-jari roda A (m)

$R_B$  = jari-jari roda B

### 2. Hubungan Roda-Roda Tidak Seporos

Perhatikan dua roda A dan B berikut :

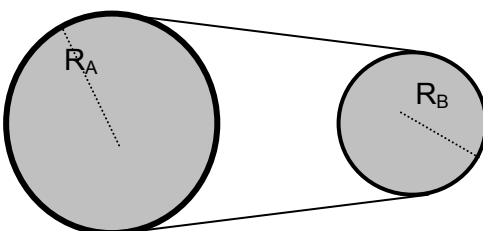


Jika roda A dan B bersinggungan diluar atau kedua tepi roda dihubungkan dengan tali (tidak seporos), maka besarnya **kecepatan linier kedua roda sama**. Jadi :

$$v_A = v_B$$
$$\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B$$

### Contoh Soal

Dua buah roda A dan B dihubungkan dengan rantai seperti pada gambar.



Jika kecepatan sudut roda A sama dengan 25 rad/s dan jari-jari roda B sama dengan  $\frac{1}{4}$  dari roda A, hitunglah kecepatan sudut roda B ?

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $\omega_A = 25 \text{ rad/s}$

$$R_B = \frac{1}{4} \cdot R_A$$

Ditanya :  $\omega_B \dots ?$

Jawab :  $v_A = v_B$

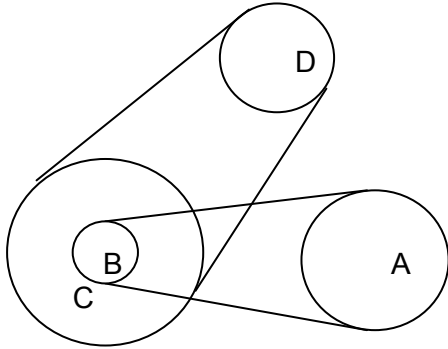
$$\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B$$

$$25 \cdot R_A = \omega_B \cdot \frac{1}{4} \cdot R_A$$

$$\omega_B = 100 \text{ rad/s}$$

## Uji Kompetensi 2

- Dua buah roda A dan B berjari 6 cm dan 18 cm. Kedua roda dihubungkan dengan sabuk. Jika roda A melakukan 24 putaran per menit, berapa putaran permenit roda B berputar ?
- Perhatikan 4 buah roda berikut :



Empat buah roda A, B, C dan D berjari-jari 9 cm, 3 cm,  $\frac{50}{\pi}$  cm dan 5 cm. Jika kelajuan anguler

roda A adalah  $\pi \text{ rad/s}$ , tentukan :

A. kecepatan anguler roda D

B. kecepatan tangensial roda D

(kecepatan tangensial = kecepatan linier)

### C. Gerak Melingkar Berubah Beraturan (GMBB)

GMBB adalah gerak melingkar dengan kecepatan sudut dan kelajuan linier berubah secara teratur.

Besaran-besaran yang dipelajari pada GMBB adalah :

- Percepatan sentripetal ( $a_s$ )

Percepatan sentripetal besarnya berubah dan berfungsi untuk mengubah arah kecepatan linier dan anguler.

- Percepatan linier / percepatan tangen-sial ( $a_t$ )

Percepatan tangensial berfungsi untuk mengubah besarnya kelajuan linier dan anguler.

Percepatan sentripetal dan percepatan tangensial saling tegak lurus, sehingga percepatan total GMBB adalah :

$$a_{\text{tot}} = \sqrt{a_s^2 + a_t^2}$$

$a_t$  = percepatan linier/percepatan tangensial (m/s<sup>2</sup>)

$a_s$  = percepatan sentripetal (m/s<sup>2</sup>)

- Percepatan sudut/percepatan anguler ( $\alpha$ )

GMBB memiliki nilai percepatan sudut yang tetap. Besarnya percepatan sudut adalah :

$$\alpha = \frac{a_t}{R}, \text{ atau } a_t = \alpha \cdot R$$

$\alpha$  = percepatan sudut (rad/s<sup>2</sup>)

- Kecepatan linier & kecepatan sudut

Kecepatan linier (kecepatan tangensial) dan kecepatan sudut (kecepatan anguler) berubah secara teratur. Hubungan antara kecepatan linier dengan kecepatan sudut adalah :

$$v = \omega.R$$

### 5. Kecepatan sudut (kecepatan angular)

Jika muula-mula benda bergerak melingkar dengan kecepatan sudut awal  $\omega_0$ , kemudian dipercepat dengan percepatan sudut tetap  $\alpha$ , maka :

- kecepatan sudut setelah t sekon adalah:

$$\omega_t = \omega_0 + \alpha.t$$

- Kecepatan sudut setelah menempuh sudut  $\theta$  adalah :

$$\omega_t^2 = \omega_0^2 + 2.\alpha.\theta$$

- sudut yang ditempuh selama t sekon adalah :

$$\theta = \omega_0.t + \frac{1}{2}.\alpha.t^2$$

- panjang lintasan yang telah ditempuh

$$s = \theta.R.$$

$\omega_t$  = kecepatan sudut setelah t (rad/s)

$\omega_0$  = kecepatan sudut awal (rad/s)

$\alpha$  = percepatan sudut (rad/s<sup>2</sup>)

t = selang waktu (s)

$\theta$  = sudut yang telah ditempuh (rad)

R = jari-jari lintasan (m)

### Contoh Soal

Sebuah roda berputar dengan kecepatan sudut awal  $4\pi$  rad/s. Kemudian roda diperlambat sebesar  $2\pi$  rad/s<sup>2</sup>. Tentukan :

- waktu yang diperlukan hingga roda berhenti
- sudut yang ditempuh selama 1 s
- banyak putaran roda hingga berhenti

#### Penyelesaian :

Diketahui :  $\omega_0 = 4\pi$  rad/s

$$\alpha = -2\pi \text{ rad/s}^2$$

Ditanya : a. t

b. n

Jawab :

- $\omega_t = \omega_0 + \alpha.t$ , berhenti  $\omega_t = 0$  rad/s

$$0 = 4\pi - 2\pi.t$$

$$2\pi.t = 4\pi$$

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

- $\theta = \omega_0.t + \frac{1}{2}.\alpha.t^2$

$$\theta = 4\pi.1 - \frac{1}{2}.2\pi.1^2$$

$$\theta = 4\pi - \pi$$

$$\theta = 3\pi \text{ rad.}$$

- $n = \frac{\theta}{2\pi}$

$$\omega_t^2 = \omega_0^2 + 2.\alpha.\theta$$

$$0 = (4\pi)^2 - 2.2\pi.\theta$$

$$\theta = 4\pi \text{ rad.}$$

$$\text{Jadi } n = \frac{4\pi}{2\pi} = 2 \text{ putaran.}$$

### Uji Kompetensi 3

1. Sebuah benda bergerak melingkar dengan dengan jari-jari 1 m dan kecepatan sudut awal 4 rad/s, lalu di percepat 2 rad/s<sup>2</sup>. Tentukan :
  - a. kecepatan sudut benda setelah 2 s
  - b. kecepatan linier setelah 2 s
  - c. sudut yang ditempuh setelah 2 s
  - d. kecepatan sudut setelah benda menempu sudut 12 rad.
  - e. jumlah putaran selama 2 sekon
2. Sebuah benda bergerak melingkar dengan dengan jari-jari 20 cm dengan percepatan 1 rad/s<sup>2</sup>. Setelah 3 sekon kecepatan sudut benda menjadi 5 rad/s. Tentukan :
  - a. kecepatan sudut mula-mula
  - b. percepatan sentripetal mula-mula
  - c. percepatan tangensial
3. Sebuah benda berputar diperlambat beraturan. Setiap detik kecepatan sudutnya berkurang sebesar 2 rad/s. Jika kecepatan awal benda 3 rad/s, tentukan posisi sudut setelah 3 s !
4. Sebuah benda melakukan GMBB. Dalam waktu 1 sekon benda menempuh sudut 2 rad. Dalam waktu 2 sekon kecepatan sudut menjadi 4 rad/s. Tentukan :
  - a. kecepatan sudut awal
  - b. percepatan sudut
5. Pada sebuah lomba balap sepeda, dari garis start Ali menggayuh sepedanya dengan kecepatan konstan  $0,1\pi$  rad/s menyusuri track berbentuk lingkaran. Enam detik kemudian dari garis start, Budi memacu sepedanya dengan percepatan sudut tetap  $0,4\pi$  rad/s<sup>2</sup>. Setelah berapa lama Budi mampu menyusul Ali ?

### Evaluasi

#### G. Pilihan Ganda

**Pilih satu jawaban yang paling tepat !**

1. Sebuah mesin berputar 1200 putaran setiap 5 menit. Frekuensi mesin tersebut adalah ... Hz.
  - a. 12
  - b. 6
  - c. 4
  - d. 2
  - e. 0,25
2. Kelajuan linier dari suatu titik yang berjarak 2 m dari pusat roda adalah  $20\pi$  m/s. Roda akan berputar 50 kali dalam waktu ... s
  - a. 5
  - b. 10
  - c. 25
  - d. 40
  - e. 50
3. Sebuah roda berputar dengan frekuensi 4 Hz, artinya :
  1. kecepatan sudut roda  $8\pi$  rad/s
  2. di titik yang berjarak 2 m dari pusat roda laju liniernya  $16\pi$  m/s
  3. di titik yang berjarak 0,5 m dari pusat roda percepatan sentripetalnya  $32\pi$  m/s<sup>2</sup>.Pernyataan yuang benar adalah ...
  - a. 1, 2
  - b. 2, 3
  - c. 1, 3
  - d. 1, 2, 3
  - e. tidak ada yang benar
4. Dua roda A dan B bersinggungan masing-masing berjari-jari 2 cm dan 6 cm. Jika kecepatan sudut roda A 12 rad/s, maka kecepatan sudut roda B adalah ....rad/s
  - a. 3
  - b. 4
  - c. 6
  - d. 12
  - e. 36

5. Sebuah benda berputar dengan kecepatan sudut konstan  $0,5\pi$  rad/s. Dalam waktu 1 menit benda telah berputar sebanyak ... kali
  - a. 15
  - b. 30
  - c. 45
  - d. 61
  - e. 75
6. Sebuah roda mula-mula diam, lalu diputar dengan percepatan sudut tetap  $2 \text{ rad/s}^2$ . Besarnya sudut yang disapu selama 4 sekon adalah ... rad.
  - a. 4
  - b. 8
  - c. 16
  - d. 24
  - e. 32
7. Mobil meleati tikungan jalan berbentuk busur lingkaran berjari-jari 30 m dengan sinus sudut kemiringan 0,6. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , maka agar mobil menikung dengan aman, kecepatan maksimum mobil adalah ... m/s
  - a. 10
  - b. 12,5
  - c. 15
  - d. 17,5
  - e. 22,5
8. Sebuah batu bermassa 2 kg diikat dengan tali yang panjangnya 50 cm dan diputar pada lingkaran vertikal dengan kecepatan anguler 6 rad/s. Besarnya tegangan tali pada saat batu berada di titik tertinggi adalah ... N
  - a. 16
  - b. 36
  - c. 56
  - d. 124
  - e. 144
9. Sebuah benda bermassa 10 kg diikat dengan tali secara beraturan pada bidang mendatar licin dengan jari-jari 1 m. Gaya tegangan yang dapat ditahan tali 360 N. Kecepatan maksimum yang diperbolehkan agar tali tidak putus adalah ... m/s
  - a. 4,5
  - b. 5
  - c. 5,5
  - d. 6
  - e. 6,5
10. Sebuah ayunan konis sinus sudut simpangannya 0,6 dan panjang tali 50 cm. Besarnya laju linier ayunan adalah ... cm/s
  - a. 30
  - b. 40
  - c. 60
  - d. 75
  - e. 150

#### **URAIAN**

##### **Kerjakan soal berikut dengan benar !**

1. Sebuah roda berjari-jari 14 cm berputar dengan frekuensi 5 Hz. Hitunglah :
  - a. periode & frekuensi putaran
  - b. kecepatan sudut
  - c. kecepatan linier
  - d. percepatan sentripetal
  - e. sudut yang ditempuh selama 4 s
2. Agus dan Eko berlari mengelilingi lintasan atletik berbentuk lingkaran. Jarak 120 m ditempuh Agus dalam waktu 30 s. Sedangkan Eko berlari dua kali lebih cepat dari Agus. Jika 6 putaran ditempuh Eko dalam waktu 1 menit, hitunglah jari-jari lintasan tersebut !
3. Sebuah roda mesin mula-mula berputar dengan kecepatan sudut  $12 \text{ rad/s}$  direm hingga berhenti. Selama pengereman roda melakukan 6 putaran lengkap. Hitung waktu yang diperlukan dari saat pengereman hingga roda berhenti !



4. Kecepatan putaran roda berubah dari 120 rpm menjadi 360 rpm dalam waktu 10 sekon. Hitung :
  - a. percepatan sudutnya
  - b. banyak putaran
  - c. sudut yang ditempuh
5. Tiga buah roda A, B dan C masing-masing berjari-jari 4 cm, 8 cm dan 16 cm. Roda A dan B seporos, sedangkan roda B dan C tepinya bersinggungan. Jika kelajuan linier roda A 20 cm/s, hitunglah kecepatan sudut roda C !

# 4

# Dinamika Partikel

## Standar kompetensi

Menerapkan konsep dan prinsip dasar kinematika dan dinamika benda titik.

## Kompetensi dasar

Menerapkan Hukum Newton sebagai konsep dasar dinamika untuk gerak lurus, gerak vertikal, dan gerak melingkar beraturan

## Uraian materi pokok :

- Hukum Newton I, II dan III
- Penerapan Hukum-hukum Newton

## Indikator :

- Memberikan contoh penerapan hukum newton dengan menggunakan berbagai media
- Melakukan percobaan yang berhubungan dengan hukum Newton
- Melukiskan diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda
- Menjelaskan gaya berat dan gaya gesekan serta contoh aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari
- Menjelaskan konsep gaya sentripetal pada gerak melingkar beraturan
- Melakukan analisa kuantitatif untuk persoalan dinamika sederhana pada bidang tanpa gesekan.

## Pendalaman materi

### Hukum-Hukum Newton tentang Gerak

#### 1. Hukum I Newton (hukum kelembaman)

Hukum I Newton berbunyi :

“bila resultan gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan nol (tidak ada gaya yang bekerja pada benda), maka benda tersebut akan bergerak lurus beraturan (GLB) atau diam”.

**Jika  $\Sigma F = 0$ , maka benda akan diam atau bergerak lurus beraturan**

Hukum I Newton mengungkap tentang sifat benda yang cenderung mempertahankan keadannya. Sifat ini disebut kelembaman atau inersia. Kelembaman benda dipengaruhi massanya. Jika massa benda besar maka, benda akan sulit untuk diubah geraknya dan sebaliknya.

### Aktivitas 1

**Tujuan :** menyelidiki kelembaman benda

**Alat dan bahan :**

1. selembar kertas HVS
2. kelereng 1 buah

**Langkah-langkah kegiatan 1:**

1. letakkan selembar kertas HVS di atas meja mendatar dan letakkan sebuah kelereng di atas kertas tersebut

2. Tariklah kertas mendatar dengan cepat dalam sekali sentakan. Ulangi kegiatan ini 3 kali. Bagaimana keadaan kelereng tersebut ?
3. Diskusikan hasil pengamatanmu dan buatlah kesimpulan

**Langkah-langkah kegiatan 2 :**

1. letakkan kembali selembar kertas HVS di atas meja mendatar dan letakkan sebuah kelereng di atas kertas tersebut
2. Tariklah kertas mendatar dengan perlahan-lahan, lalu hentikan tarikan kertas secara mendadak. Ulangi kegiatan ini 3 kali. Bagaimana keadaan kelereng tersebut?
3. Diskusikan hasil pengamatanmu dan buatlah kesimpulan

**2. Hukum II Newton**

Hukum II Newton menyatakan bahwa :

*“Jika pada sebuah benda bekerja resultan gaya yang tidak sama dengan nol, maka benda tersebut akan mengalami GLBB dengan percepatan yang sebanding dan searah dengan resultan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda tersebut”.*

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

a = percepatan benda (m/s<sup>2</sup>)

∑F = resultan gaya (N)

m = massa benda (kg)

**Aktivitas 2**

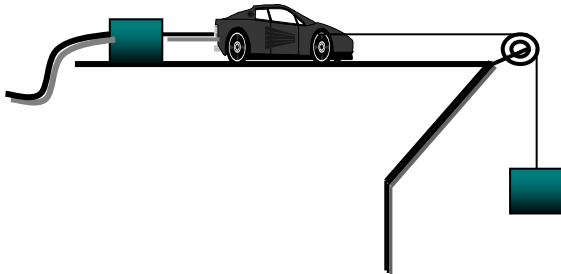
**Tujuan :** menyelidiki hubungan gaya dan percepatan pada sebuah benda.

**Alat dan bahan :**

1. Kereta dinamik
2. Tiker timer
3. Pita kertas
4. Benang
5. Katrol
6. Beban
7. meja

**Langkah-langkah kegiatan 1:**

1. Pasang alat-alat seperti pada gambar berikut :



2. Lepaskan beban agar kereta dapat bergerak sambil menarik pita dibelakangnya.
3. Karena tiker timer bergerak di atas karbon (pita kertas), maka pada pita akan terjadi ketikan titik-titik hitam
4. Potonglah pita kertas (karbon) untuk jumlah ketikan yang sama dan tempel berurutan ke samping sebagai diagram batang antara kecepatan v dan waktu t.
5. Ulangi percobaan di atas dengan jumlah beban sebanyak 2 buah.
6. Buatlah grafik kecepatan terhadap waktu (grafik v-t) untuk masing-masing percobaan
7. Bandingkan grafik yang kamu buat antara percobaan 1 dan percobaan 2.
8. Hitunglah besarnya percepatan percobaan 1 dan 2 dengan  $a = \tan \alpha$  ( $\alpha$  = sudut kemiringan grafik).
9. Diskusikan hasil pengamatanmu dan buatlah kesimpulan!

**3. Hukum III Newton**

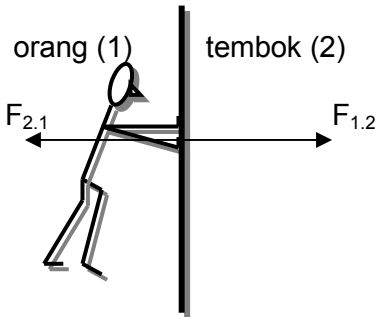
Hukum III Newton menyatakan bahwa :

***“Jika benda A mengerjakan gaya pada benda B, maka benda B akan mengerjakan gaya pada benda A yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan”***

Dengan demikian setiap gaya aksi, selalu ada gaya reaksi. Dua gaya dikatakan merupakan pasangan gaya aksi-reaksi jika :

1. besarnya sama, tetapi arahnya berlawanan
2. hadir jika dua benda berinteraksi
3. terletak pada satu garis kerja dan bekerja pada dua benda yang berbeda, sehingga gaya-gaya tersebut tidak saling menghilangkan tetapi hanya merupakan keseimbangan gaya.

Contoh aplikasi hukum III Newton :



$F_{1,2}$  = gaya dorong orang (1) pada tembok (2)

$F_{2,1}$  = gaya dorong tembok (2) pada orang (1)

Kita berdiri mendorong tembok. Kita akan merasakan bahwa seakan-akan tembok mendorong kita dengan gaya yang berlawanan dengan gaya yang kita berikan pada tembok, sehingga kita terdorong ke belakang. Semakin besar gaya aksi yang kita berikan pada tembok, semakin besar pula gaya reaksi tembok yang bekerja pada tangan kita.

### Aktivitas 3

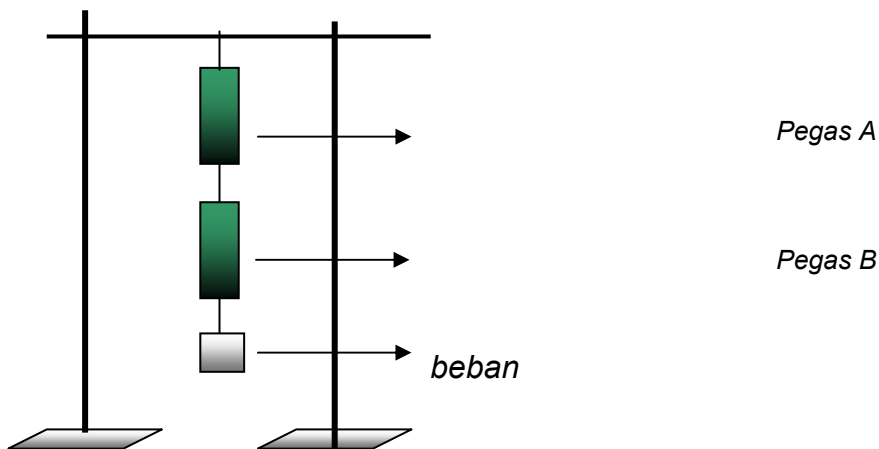
**Tujuan :** menyelidiki besarnya gaya aksi dan gaya reaksi

**Alat dan bahan :**

1. neraca pegas 2 buah
2. statif 2 buah
3. beberapa buah beban

**Langkah-langkah kegiatan 1:**

1. pasang statif dan gantungkan neraca pegas seperti pada gambar berikut :



2. Bacalah besarnya gaya pada kedua pegas
3. Ulangi percobaan di atas dengan massa beban yang berbeda
4. Diskusikan dan buatlah kesimpulan !

### Beberapa Jenis Gaya

Ada beberapa jenis gaya yang harus dipahami untuk memecahkan persoalan dinamika gerak, yaitu :

#### 1. Gaya Berat dan Massa Benda

Agar tidak terjadi salah kaprah dalam pengertian berat dan massa, berikut perbeadaan antara berat dan massa :

- Berat** suatu benda adalah gaya gravitasi (gaya tarik) yang dialami benda. **Massa** suatu benda merupakan banyaknya materi yang dimiliki benda (ukuran inersia suatu benda).
- berat tergantung pada besarnya percepatan gravitasi, sedangkan massa tidak, sehingga massa besarnya tetap dimana saja benda berada.
- Massa merupakan besaran skalar, sedangkan berat termasuk besaran vektor.
- Dalam SI massa memiliki satuan kg, sedangkan berat memiliki satuan Newton.

Hubungan massa dengan berat benda adalah :

$$w = m \cdot g$$

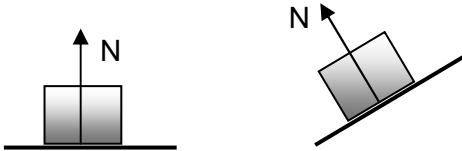
w = berat (N)

m = massa (kg)

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

## 2. Gaya Normal

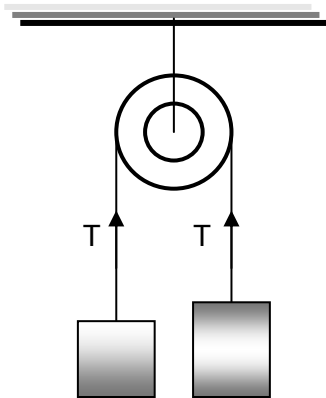
Gaya normal merupakan gaya yang dikerjakan oleh bidang pada benda. Arah gaya normal selalu tegak lurus permukaan bidang.



Besarnya gaya normal (N) sama besarnya gaya yang menekan bidang.

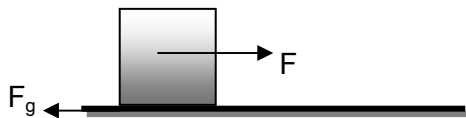
## 3. Gaya Tegangan Tali

Gaya tegangan tali merupakan gaya yang dikerjakan oleh tali terhadap benda. Gaya tegangan tali merupakan gaya yang menarik benda (bukan gaya dorong).



## 4. Gaya Gesekan (secara lengkap dibahas pada materi berikutnya)

Gaya gesekan adalah gaya yang muncul jika dua permukaan yang bersentuhan mengalami pergeseran. Arah gaya gesekan selalu berlawanan arah dengan arah gerak benda.



Besarnya gaya gesekan tergantung pada besarnya gaya normal (N) dan kekasaran permukaan sentuh (nilai koefisien gesekan).

Dalam kehidupan sehari-hari, gaya gesekan dapat menguntungkan dan merugikan.

*Gaya gesekan yang menguntungkan :*

- seseorang dapat berjalan di tanah
- gaya gesekan pada proses pengereman
- gesekan antara ban dengan jalan sehingga kendaraan tidak tergelincir

*Gaya gesekan yang merugikan :*

- gesekan antar bagian mesin yang menimbulkan panas dan aus
- gesekan roda dan poros yang menghambat putaran roda sehingga harus dipasang bola peluru
- gesekan udara yang menghambat gerak laju kendaraan

Dapatkan kamu menyebutkan keuntungan dan kerugian gaya gesekan yang lain ?

## Contoh Soal

1. Adi, Budi, Candra dan Dimas mendorong sebuah mobil. Adi dan Budi mendorong mobil dari belakang sedangkan Candra dan Dimas mendorong dari depan. Ternyata mobil tersebut tetap diam. Jika gaya yang diberikan Adi, Budi, dan Candra masing-masing 100 N, 250 N dan 200 N, berapa besar gaya yang dikeluarkan Dimas ?

**Penyelesaian :**

Mobil diam jika  $\Sigma F = 0$ .

$$F_A + F_B - F_C - F_D = 0$$

$$100 + 250 - 200 - F_D = 0$$

$$F_D = 150 \text{ N}$$

2. Hitunglah berat Fitri yang bermassa 60 kg, jika ia berada di :

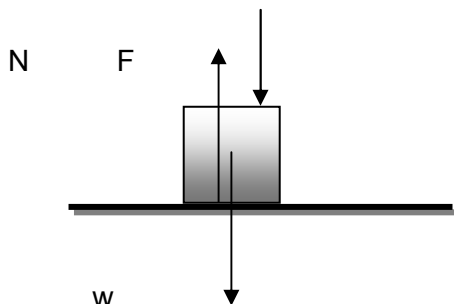
a. permukaan bumi ( $g_{\text{bumi}} = 10 \text{ m/s}^2$ )

b. permukaan bulan yang percepatan gravitasinya  $\frac{1}{6}$  kali percepatan gravitasi bumi

a.  $w = m \cdot g_{\text{bumi}} = 60 \cdot 10 = 600 \text{ N}$

b.  $w = m \cdot g_{\text{bulan}} = 60 \cdot \frac{1}{6} \cdot 10 = 100 \text{ N}$

3. Sebuah balok yang bermassa 2 kg terletak di atas meja. Balok tersebut ditekan oleh Ardi ke bawah tegak lurus meja dengan gaya 6 N. Hitunglah gaya normal yang alami benda !



Diketahui :  $w = m \cdot g = 2 \cdot 10 = 20 \text{ N}$

$$F = 6 \text{ N}$$

Ditanya :  $N \dots ?$

Jawab :

$$\Sigma F = 0$$

$$N - w - F = 0$$

$$N = w + F$$

$$N = m \cdot g + F$$

$$N = 2 \cdot 10 + 6$$

$$N = 26 \text{ N}$$

4. Wahyu mengambil air dari dalam sumur dengan timba melalui tali yang dihubungkan dengan sebuah katrol. Jika massa timba dan air 2 kg dan timba ditarik ke atas dengan percepatan  $1 \text{ m/s}^2$ , berapa tegangan tali timba ?

**Penyelesaian :**

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$T - w = m \cdot a$$

$$T = m \cdot a + w$$

$$T = m \cdot a + m \cdot g$$

$$T = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 10 = 22 \text{ N}$$

5. Sebuah balok bermassa 4 kg diam di atas bidang horizontal yang kasar. Budi menarik balok tersebut dengan gaya 20 N arah mendatar. Jika antara balok dengan bidang bekerja gaya gesek 8 N. Tentukan :

- percepatan yang dialami balok
- kecepatan balok setelah 4 sekon
- jarak tempuh balok setelah 4 s

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $m = 4 \text{ kg}$

$$F = 20 \text{ N}$$

$$F_g = 8 \text{ N}$$

Ditanya : a. a

b.  $v_t$  dengan  $t = 4 \text{ s}$

c. s dengan  $t = 4 \text{ s}$

Jawab :

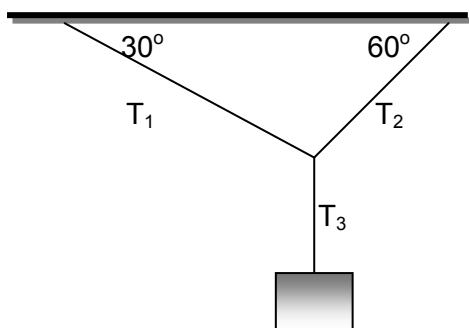
$$a). a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F - F_g}{m} = \frac{20 - 8}{4} = 3 \text{ m/s}^2$$

$$b). v_t = v_o + a.t = 0 + 3.4 = 12 \text{ m/s}$$

$$c). s = v_o.t + \frac{1}{2}.a.t^2 = 0.5 + \frac{1}{2}.3.4^2 = 24 \text{ m}$$

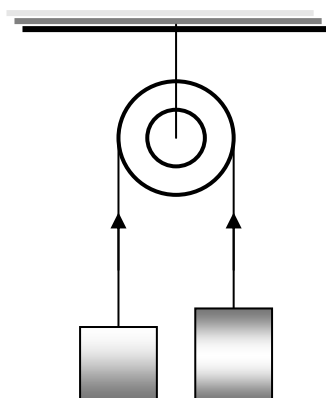
### Uj Kompetensi 1

1. Ali dan Badri mendorong sebuah almari ke kanan, akibatnya almari bergeser dengan kecepatan konstan 0,5 m/s. Jika besar gaya yang diberikan Ali 120 N, sedangkan antara almari dan lantai timbul gaya gesekan 200 N, berapa besar gaya yang diberikan Badri ?
2. Popeye, Olive dan Brutus mendorong sebuah mobil. Popeye dan Olive mendorong mobil dari belakang sedangkan Brutus mendorong dari depan. Ternyata mobil tersebut tetap diam. Jika gaya yang diberikan Popeye dan Brutus masing-masing 500 N, dan 600 N, berapa besar gaya yang dikeluarkan Olive ?
3. Erma dan Fikri mendorong sebuah peti hingga peti bergerak dengan kelajuan konstan. Antara peti dan lantai bekerja gaya gesekan 400 N. Jika besar gaya yang diberikan Erma dan Deni sama besar 250 N, berapa kelajuan gerak peti !
4. Perhatikan gambar berikut :



Balok bermassa 2 kg, digantungkan pada sistem seperti pada gambar. Jika sistem dalam keadaan diam (setimbang), hitunglah tegangan tali  $T_1$ ,  $T_2$  dan  $T_3$  !

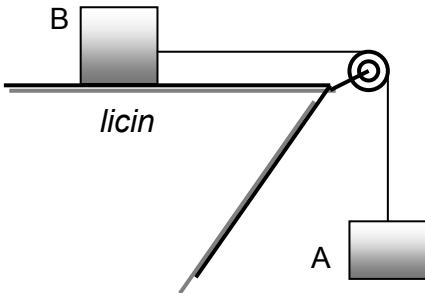
5. Sebuah gaya bekerja pada sebuah benda bermassa 4 kg sehingga benda tersebut mengalami percepatan 4 m/s<sup>2</sup>. Jika gaya tersebut bekerja pada benda 2 kg, maka hitunglah percepatannya !
6. Dua benda A dan B terletak di atas bidang horozontal licin dan ditarik dengan gaya 50 N sehingga percepatan yang dialami benda adalah 2 m/s<sup>2</sup>. Jika massa benda A adalah 15 kg, hitunglah:
  - a. massa benda B
  - b. kecepatan benda setelah 2 s
  - c. jarak tempuh setelah 2 s
7. Sebuah mobil bermassa 2,4 ton, bergerak dengan kecepatan 25 m/s. Pada jarak 40 m di depan mobil Aris menyeberang jalan sehingga mobil harus direm.. Hitunglah besarnya gaya pengereman minimal agar Aris tidak tertabrak mobil tersebut !
8. Seseorang yang bermassa 50 kg berada dalam sebuah lift yang bergerak dengan percepatan 5 m/s<sup>2</sup>. Hitung gaya normal orang terhadap lantai lift jika :
  - a. lift diam
  - b. lift bergerak ke atas
  - c. lif bergerak ke bawah
9. Sebuah lift yang massa totalnya 800 kg tergantung pada kabel yang tegangan tali maksimumnya 20.000 N. Berapakah percepatan maksimum yang diperbolehkan agar tali lift tidak putus ?
10. Perhatikan gambar sistem katrol berikut :



Dua benda A dan B bermassa 4 kg dan 6 kg digantung pada katrol. Kedua benda berada 16 m dari tanah. Hitunglah :

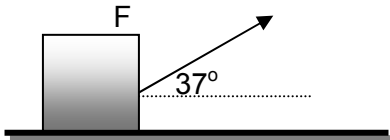
- percepatan sistem
- tegangan tali
- waktu yang diperlukan benda B sampai di tanah

11. Perhatikan gambar berikut :



Balok A dan B bermassa 12 kg dan 30 kg dipasang seperti pada gambar. Hitunglah:

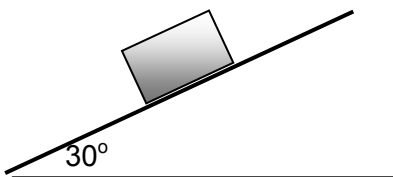
- percepatan kedua balok
  - tegangan tali
12. Pada pertandingan bola tenis, bola yang bermassa 60 gram bergerak mendekati raket dengan kelajuan 30 m/s. Raket bersentuhan dengan bola selama 5 ms dan bola terpantul kembali dengan kelajuan yang sama. Hitunglah gaya rata-rata raket yang bekerja pada bola !
13. Sebuah balok bermassa 4 kg terletak di lantai licin ditarik dengan gaya 50 N yang arahnya seperti pada gambar berikut :



Tentukan :

- Percepatan balok bergerak
- besarnya gaya normal

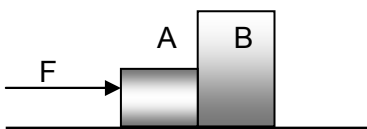
14. Sebuah benda 2 kg terletak pada bidang miring licin dengan sudut kemiringan  $30^\circ$ .



Tentukan :

- percepatan benda meluncur ke bawah
- besarnya gaya normal

15. Balok A dan B massanya 4 kg dan 6 kg bergandengan terletak diatas lantai licin, didiring dengan gaya 20 N.



Tentukan :

- percepatan balok
- gaya kontak antara kedua balok

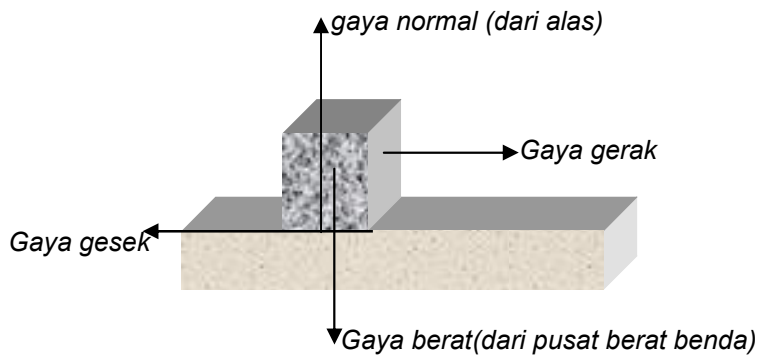
### A. GAYA GESEKAN

Gaya Gesekan adalah gaya yang muncul apabila dua permukaan yang bersentuhan mengalami pergeseran. Jadi gaya gesek merupakan gaya sentuh (kontak) yang arahnya berlawanan dengan arah gerak benda. Besarnya gaya gesekan tergantung pada kekasaran bidang sentuh (koefisien gesekan).. Semakin kasar bidang sentuh, maka semakin besar pula gaya gesekannya. Gaya gesekan juga tergantung pada gaya normal, yaitu gaya yang diberikan oleh suatu bidang permukaan terhadap benda yang arahnya tegak lurus bidang tempat benda. Gaya gesekan merupakan gaya yang tidak konservatif, sebab usaha yang dilakukan oleh gaya gesek pada suatu



benda yang menempuh sembarang lintasan dan kembali lagi ke titik semula nilainya tidak sama dengan nol.

Contoh : Gesekan balok dan lantai



**Syarat terjadinya gaya gesekan :**

1. Harus ada dua benda yang bersentuhan .
  2. Harus ada upaya gerak (ada gaya tarik atau gaya dorong pada benda)
- Dalam kehidupan sehari-hari, gaya gesekan sangat bermanfaat, namun juga dapat merugikan.

**Beberapa contoh gaya gesek yang bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari adalah :**

1. gaya gesek antara tubuh kita dengan benda lain,
  - gaya gesekan antara telapak kaki dan jalan, sehingga kita bisa berjalan, dan berlari
  - gaya gesek antara telapak tangan dengan pensil, sehingga kita bisa memegang dan menulis
2. Udara dengan parasit, sehingga penerjun bisa mendarat dengan selamat
3. Ban mobil dan jalan, sehingga ban mobil bisa menggelinding dan tidak selip atau tergelincir.
4. Gaya gesekan antara kampas rem dengan tromol atau cakram atau pelek roda, sehingga dapat memperlambat kelajuan kendaraan.

**Gaya gesekan yang merugikan dan cara mengurangnya, misalnya :**

1. Pada roda-roda mesin, sehingga menimbulkan panas dan aus. Untuk mengatasinya, mesin kendaraan harus diberi pelumas.
2. Gesekan bodi (badan) kendaraan dengan udara yang mengurangi kelajuan, sehingga bodi mobil atau pesawat terbang dibuat aerodinamis untuk memperkecil gaya gesekan bodi dengan udara.
3. Gesekan antara ban mobil dan jalan yang terlalu kasar sehingga menghambat gerak mobil, oleh karenanya jalan yang beraspal dapat mengurangi hambatan ini.

### **Jenis-jenis gaya gesekan**

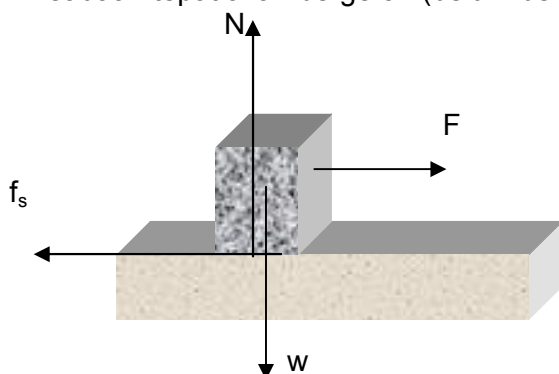
Jika sebuah benda yang terletak pada bidang datar kasar didorong atau ditarik dengan suatu gaya, maka hal-hal yang mungkin terjadi pada benda adalah :

- a. benda tetap diam
- b. benda tepat akan bergerak (hampir bergerak)
- c. benda bergerak

Menurut Leonhard Euler, jika dilihat dari gerak benda di atas, gaya gesekan ada dua jenis, yaitu :

#### **1. Gaya gesekan statis ( $f_s$ )**

Yaitu gaya gesekan yang timbul bila benda dalam keadaan diam hingga benda dalam keadaan tepat akan bergerak (belum bergerak).



F = gaya tarik / gaya dorong

N = gaya normal

w = gaya berat

f<sub>s</sub> = gaya gesekan statis

Dari gambar di atas, dapat dipaparkan beberapa hal-hal berikut :

- jika benda di tarik dengan gaya  $F$ , tetapi balok belum bergerak, maka gaya gesekan yang bekerja saat itu adalah *gaya gesekan statis* yang besarnya sama dengan gaya tarik  $F$ .

$$f_s = F$$

- Jika gaya tarik  $F$  terus diperbesar, maka suatu saat benda dalam keadaan tepat akan bergerak, sehingga gaya gesekan yang bekerja saat itu adalah gaya gesekan statis yang mencapai maksimum yang disebut *gaya gesekan statis maksimum* ( $f_{sm}$ ). Besarnya gaya gesekan statis maksimum adalah:

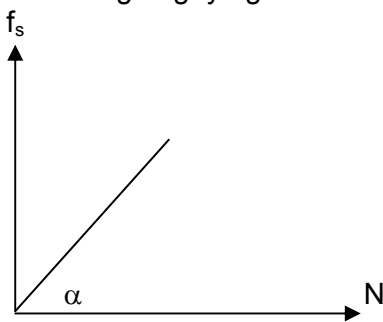
$$f_{sm} = \mu_s \cdot N$$

$f_{sm}$  = gaya gesekan statis maksimum

$\mu_s$  = koefisien gesekan statis

$N$  = gaya normal

- Jadi besarnya gaya gesekan statis adalah berubah-ubah mulai 0 sampai dengan  $f_{sm}$  tergantung gaya luar yang bekerja pada system.
- Grafik hubungan gaya gesekan statis dengan gaya normal adalah sebagai berikut :



Besarnya koefisien gesekan adalah :

$$\mu_s = \text{tg } \alpha$$

## 2. Gaya gesekan kinetis ( $f_k$ )

Yaitu gaya gesekan yang timbul bila benda dalam keadaan bergerak. Jika gaya tarik  $F$  terus diperbesar dan melebihi besarnya  $f_{sm}$ , maka benda akan bergerak dan gaya gesekan yang bekerja saat itu adalah gaya gesekan kinetis ( $f_k$ ). Besarnya gaya gesekan kinetis adalah :

$$f_k = \mu_k \cdot N$$

$f_k$  = gaya gesekan kinetis

$\mu_k$  = koefisien gaya gesekan kinetis.

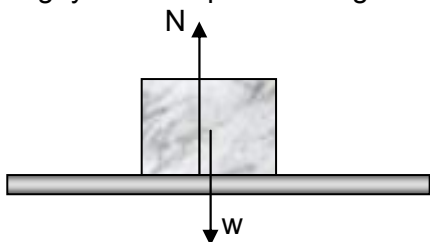
Dari uraian di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Jika  $F < f_{sm}$ , maka benda tetap diam, gaya gesekan yang bekerja  $f_g = f_s = F$
- Jika  $F > f_{sm}$ , maka benda akan bergerak, gaya gesekannya  $f_g = f_k = \mu_k \cdot N$
- Jika  $F = f_{sm}$ , maka benda hampir bergerak (tepat akan bergerak), gaya gesekannya  $f_g = f_{sm} = \mu_s \cdot N$
- besarnya gaya gesekan statis adalah mulai dari 0 (nol) sampai dengan  $f_{sm}$  ( $0 < f_s < f_{sm}$ )
- besarnya gaya gesek statis maksimum  $f_{sm}$  selalu lebih besar dari gaya gesek kinetis  $f_k$
- nilai koefisien gesekan ( $\mu$ ) adalah antara 0 sampai dengan 1 atau  $0 \leq \mu \leq 1$  (jika  $\mu = 0$ , maka permukaan sangat licin dan  $\mu = 1$  jika permukaan sangat kasar)
- $\mu_k$  selalu lebih kecil dari pada  $\mu_s$

## Gaya Normal

Gaya normal adalah gaya yang arahnya tegak lurus bidang sentuh dan hanya bekerja jika dua benda bersentuhan. Besarnya gaya normal adalah sebagai berikut :

1. gaya normal pada bidang datar

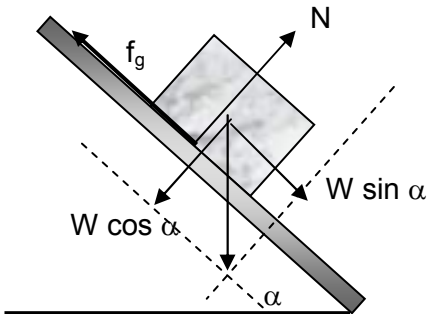


Sesuai dengan hukum Newton, maka :

$$\mathbf{N = w = m.g}$$

(Seharusnya  $N$  dan  $w$  berimpit tetapi untuk memudahkan memahami asal gaya atau berasal dari siapa gaya tersebut, maka gambarnya dibuat tidak berimpitan)

2. gaya normal pada bidang miring

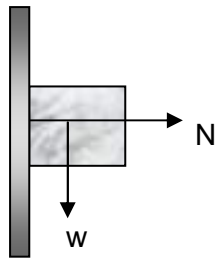


Besarnya gaya normal adalah :

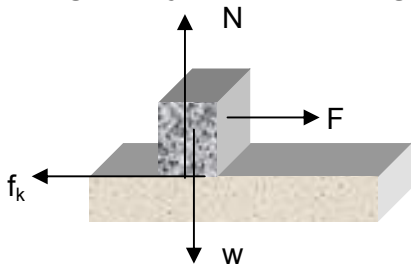
$$\mathbf{N = w.\cos \alpha = m.g.\cos \alpha}$$

- $N$  = gaya normal
- $w$  = berat benda (N)
- $m$  = massa benda (kg)
- $g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $\alpha$  = sudut kemiringan bidang ( $^\circ$ )

3. gaya normal pada bidang vertikal



**Hubungan Gaya Gesekan dengan Hukum Newton**

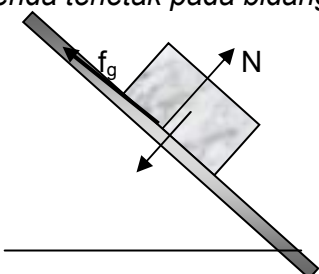


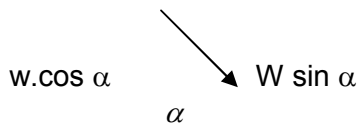
Jika sebuah benda bermassa  $m$  terletak pada bidang kasar dan ditarik dengan gaya  $F$ , maka pada saat benda bergerak gaya gesekan yang bekerja adalah gaya gesekan kinetis ( $f_k$ ). Percepatan yang dialami benda memenuhi hukum II Newton, yaitu :

$$\mathbf{a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F - f_k}{m}}$$

**Konsep Gaya Gesekan Pada Bidang Miring**

1. Benda terletak pada bidang miring kasar





- Jika benda diam, maka besarnya gaya gesekan yang bekerja :

$$f_g = f_s = w \cdot \sin \alpha$$

- jika benda bergerak turun, maka gaya gesekan yang bekerja :

$$f_g = f_k = \mu_k \cdot N = \mu_k \cdot w \cdot \cos \alpha$$

sehingga percepatan benda adalah :

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{w \cdot \sin \alpha - f_k}{m}$$

- jika benda tepat akan bergerak, maka :

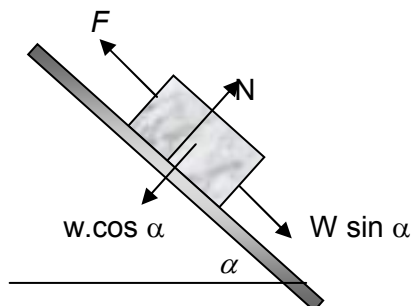
$$f_g = f_{sm} = \mu_s \cdot N = w \cdot \sin \alpha$$

sehingga besarnya  $\mu_s$  adalah :

$$\mu_s = \frac{w \cdot \sin \alpha}{N} = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m \cdot g \cdot \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\mu_s = \text{tg } \alpha$$

## 2. Benda terletak pada bidang miring kasar dan ditarik oleh gaya $F$ ke atas



- Jika benda bergerak dipercepat naik (GLBB), maka :

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$F - f_k - w \cdot \sin \alpha = m \cdot a$$

- Jika benda bergerak dipercepat turun (GLBB), maka :

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$w \cdot \sin \alpha - F - f_k = m \cdot a$$

- Jika benda diam atau bergerak GLB naik, maka :

$$\Sigma F = 0$$

$$F - f_g - w \cdot \sin \alpha = 0$$

- Jika benda diam atau bergerak GLB turun, maka :

$$\Sigma F = 0$$

$$w \cdot \sin \alpha - F - f_g = 0$$

Jika benda diam  $f_g = f_s$ , jika benda bergerak  $f_g = f_k$ .

### Aktivitas 1

## Gaya Gesekan Statis

**Tujuan :**

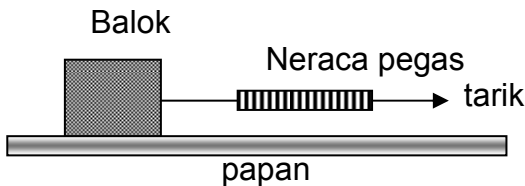
1. Menjelaskan hubungan gaya gesekan statis dengan gaya normal
2. Menentukan besarnya koefisien gesekan statis

**Alat dan Bahan :**

1. 2 buah balok kayu permukaan halus (balok H)
2. 2 buah balok kayu permukaan kasar (balok K)
3. papan
4. neraca ohaus
5. neraca pegas

**Langkah kerja :**

1. Timbanglah massa masing-masing balok dan catat hasilnya
2. Pasanglah balok H, neraca pegas dan papan seperti gambar berikut :



3. Tariklah neraca pegas balok, tetapi usahakan balok masih diam. Catatlah penunjukkan skala pada neraca pegas.
4. Perbesarlah sedikit gaya tarikan  $F$ , tetapi usahakan balok masih diam. Catat skala penunjukkan pada neraca pegas. Penunjukkan skala pada langkah 3 dan 4 merupakan besarnya gaya gesekan statis ( $f_s$ ).
5. Perbesar lagi, hingga balok tepat akan bergerak (hampir bergerak). Penunjukkan skala saat balok tepat akan bergerak merupakan besarnya gaya gesekan statis maksimum ( $f_{sm}$ ).
6. Ulangi langkah 5, 2 balok H, 1 balok K dan 2 balok K) dan catat hasil pengamatanmu pada tabel berikut :

No	Balok	Massa balok (m)	Gaya Normal (N)	Gaya gesekan statis maksimum ( $f_{sm}$ )
1	1 Balok			
2	H			
3	2 balok			
4	H			
	1 balok K			
	2 balok K			

**Tugas dan Pertanyaan :**

1. Bandingkan besarnya gaya gesekan statis maksimum hasil pengamatan nomor 1 dan 3. Simpulkan !
2. Bandingkan besarnya gaya gesekan statis maksimum hasil pengamatan nomor 1 dan 2! Simpulkan !
3. Bandingkan besarnya gaya gesekan statis maksimum hasil pengamatan nomor 3 dan 4! Simpulkan !
4. Buatlah grafik hubungan antara gaya gesekan statis dengan gaya normal untuk tiap jenis balok.
5. Hitunglah koefisien gesekan statis antara balok dan papan berdasarkan gradien (kemiringan) grafik ! (petunjuk :  $\mu_s = \text{tg } \alpha$ )
6. Gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada balok !

**Aktivitas 2**

### Gaya Gesekan Kinetis

**Tujuan :**

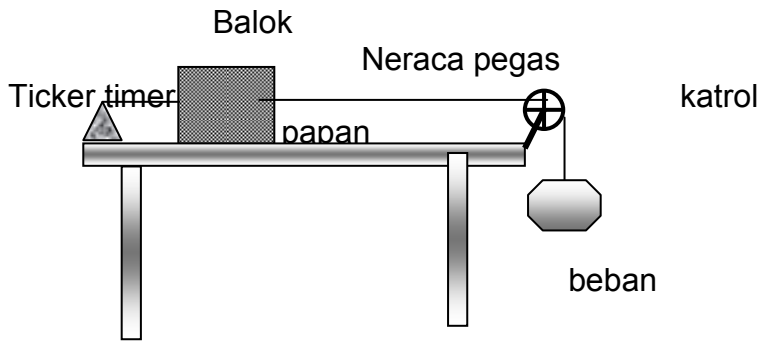
1. Menjelaskan hubungan gaya gesekan kinetis dengan gaya normal
2. Menentukan besarnya koefisien gesekan kinetis

**Alat dan Bahan :**

1. 1 buah balok kayu permukaan halus (balok H)
2. 1 buah balok kayu permukaan kasar (balok K)
3. papan
4. katrol
5. ticker timer dan pita
6. neraca ohaus
7. beban

**Langkah kerja :**

1. Timbanglah massa masing-masing balok Uji (balok H dan K) dan massa beban. Catat hasilnya. Atur agar massa beban lebih besar dari massa balok, agar sistem bergerak !
2. Pasanglah alat-alat seperti gambar berikut :



3. Lepaskan beban dan hidupkan ticker timer, agar balok tertarik oleh beban dan bergerak.
4. Matikan ticker timer saat balok sudah di tepi meja.
5. Ulangi langkah di atas dengan mengganti balok yang lain.

**Tugas dan Pertanyaan :**

1. Buatlah grafik v-t dengan menganalisis pita ticker timer. Hitung besarnya percepatan sistem, berdasarkan kemiringan grafik !
2. Buatlah grafik antara  $(m_b \cdot g - m_u \cdot a)$  sebagai sumbu y dan gaya normal balok Uji ( $N_u$ ) sebagai sumbu x!
3. Hitunglah koefisien gesekan kinetis dari gradien grafik !
4. Bandingkan koefisien gesekan kinetis untuk balok H dan K !

**Aktivitas 3**

**Gaya Gesekan Statis pada Bidang Miring**

**Tujuan :**

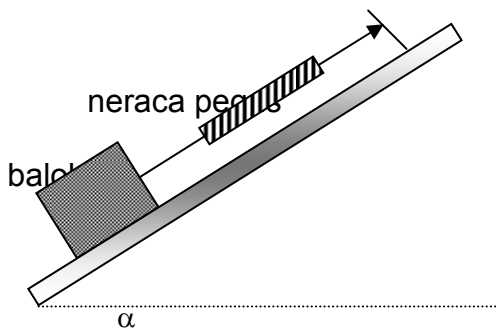
1. menjelaskan hubungan gaya gesekan statis dengan gaya normal pada bidang miring.
2. Menghitung koefisien gesekan statis pada bidang miring.

**Alat dan bahan**

1. balok kayu H (halus)
2. balok kayu K (kasar)
3. balok kayu S (sedang)
4. papan kayu
5. neraca pegas
6. neraca ohaus
7. busur derajat

**Langkah kerja**

1. timbanglah ketiga balok kayu
2. Buatlah bidang miring, dengan busur derajat carilah sudut kemiringan  $\alpha$
3. Kaitkan ujung neraca pegas dengan balok kayu H, dan ujung lain kaitkan dengan ujung atas beban, seperti gambar berikut :



4. Amati penunjukkan skala pada neraca pegas. Lalu lepaskan neraca pegas dengan balok. Apakah balok sudah tepat akan bergerak ?
5. Jika balok tepat akan bergerak, maka angka pada neraca pegas sama dengan gaya gesekan statis.
6. Jika belum belum bergerak, maka perbesarlah sudut kemiringan bidang

7. Ulangi langkah tersebut, dengan balok K dan S.

**Tugas dan Pertanyaan**

1. bandingkan gaya gesekan statis pada jenis balok H, K dan S
2. buatlah grafik hubungan antara gaya gesekan statis dengan gaya normal
3. gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada balok
4. hitung koefisien gesekan statis antara balok kayu dengan bidang dari grafik yang kamu buat.

**Contoh Soal**

Benda dengan massa 10 kg berada di bidang datar kasar yang  $\mu_s = 0,40$  dan  $\mu_k = 0,35$ . Benda di tarik dengan gaya horisontal yang tetap. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , hitunglah besarnya gaya gesek yang bekerja saat benda tersebut ditarik dengan gaya :

- a. 30 N
- b. 40 N
- c. 50 N

Penyelesaian :

Diketahui :  $m = 10 \text{ kg}$ ,  $N = m \cdot g = 100 \text{ N}$

$$\mu_s = 0,40$$

$$\mu_k = 0,35$$

Ditanya :  $f_g \dots ?$

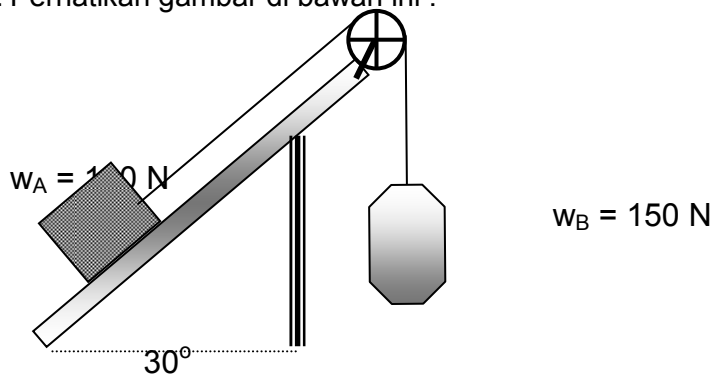
Jawab :

- a. Kita hitung dulu  $f_{sm} = \mu_s \cdot N = 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ N}$ .  
 Karena  $F = 30 \text{ N}$ , berarti  $F < f_{sm}$ , maka benda diam, sehingga  $f_g = f_s = F = 30 \text{ N}$ .
- b. karena  $F = f_{sm} = 40 \text{ N}$ , maka benda tepat akan bergerak dengan gaya gesekan  $f_g = f_{sm} = 40 \text{ N}$
- c. karena  $F > f_{sm}$ , maka benda bergerak dengan gaya gesekan kinetis  $f_k = \mu_k \cdot N = 0,35 \cdot 100 = 35 \text{ N}$

$$\text{percepatan benda } a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F - f_k}{m} = \frac{50 - 35}{10} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

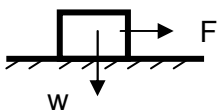
**Uji Kompetensi 1**

1. Sebuah benda 2 kg terletak pada bidang miring dengan sudut kemiringan  $30^\circ$ . Jika benda tepat akan meluncur dan  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , tentukan nilai koefisien gesekan statis antara benda dengan bidang miring !
2. Sebuah benda bermassa 4 kg di letakkan pada bidang horisontal . Pada benda bekerja gaya horisontal sebesar 24 N sehingga benda bergerak . Jika koefisien gesek kinetis antara permukaan benda dengan permukaan bidang 0,4 dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$  , tentukan percepatan benda!
3. Perhatikan gambar di bawah ini :



Jika sistem dalam keadaan diam , tentukan besar gaya gesekan yang bekerja pada bidang miring !

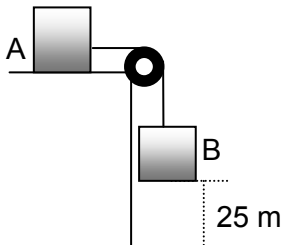
4. Perhatikan gambar berikut !



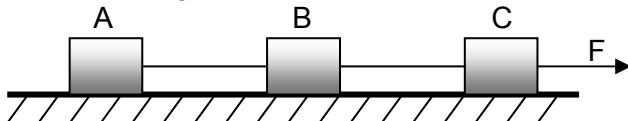
Dari gambar di atas . Jika massa benda 10 kg dan  $\mu_s = 0,5$  ;  $\mu_k = 0,2$  , tentukan besar gaya F agar balok memiliki percepatan tetap  $24 \text{ m/s}^2$  !



5. Sebuah balok 5kg ditempatkan pada bidang datar dengan koefisien gesekan 0,4 dan 0,2. Tentukan besarnya gaya gesekan yang bekerja saat balok tersebut didorong dengan gaya :
- 10 N
  - 20 N
  - 25 N
6. Sebuah balok kayu bermassa 100 kg akan dinaikkan ke atas truk menggunakan papan miring dengan sudut kemiringan  $30^\circ$ . Jika koefisien gesekan kinetis dan statis masing-masing  $\frac{1}{3}\sqrt{3}$  dan  $\sqrt{3}$ , jika  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , tentukan :
- gaya normal bidang terhadap balok
  - gaya dorong minimum yang harus diberikan agar balok naik ke atas
  - jika balok didorong dengan gaya 1.500 N, berapa percepatan balok ? dan berapa besar gaya gesekan yang bekerja saat itu?
  - Jika balok didorong dengan gaya 1000 N, berapa besar gaya gesekan saat itu ?
7. Perhatikan gambar dibawah ini ! Balok A massanya 2 kg , balok B massanya 1 kg . Balok B mula - mula diam , dan bergerak ke bawah. Tentukan selang waktu balok B menyentuh lantai .  
(Jika koefisien gesek kinetis balok A dengan lantai 0,2 )



8. Perhatikan gambar !

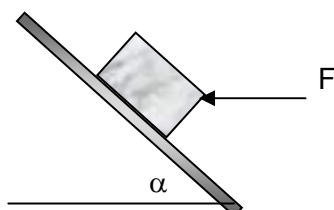


Tiga benda A , B dan C masing-masing bermassa 4 kg , 8 kg dan 12 kg. Koefisien gesek kinetik ketiga benda dengan lantai adalah 0,2 .

Gaya horisontal  $F = 120 \text{ N}$  di berikan pada C . Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$

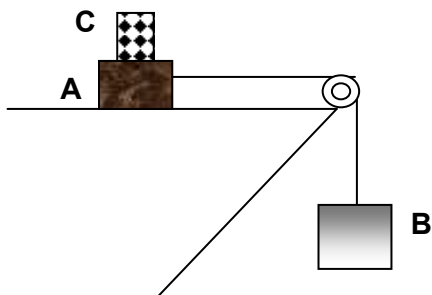
Tentukan :

- Percepatan sistem benda tersebut.
  - Tegangan tali antara benda A dengan B, dan tegangan tali antara B dan C
- 9..Perhatikan sistem berikut !



Balok massanya 7 kg ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) didorong seperti pada gambar dengan gaya  $F = 80 \text{ N}$ . Hitunglah koefisien gesekan statis antara balok dan bidang miring !

10. Perhatikan gambar !

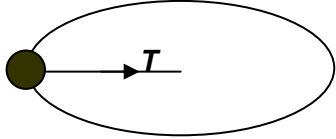


Massa balok A dan B adalah 10 kg dan 5 kg. Koefisien gesekan antara balok A dengan bidang 0,2. Agar sistem tidak bergerak, hitunglah massa balok C minimum !

## Hukum Newton pada Gerak Melingkar

### 1. Gerak benda melingkar horizontal

Perhatikan benda diikat dengan tali dan diputar horizontal berikut :

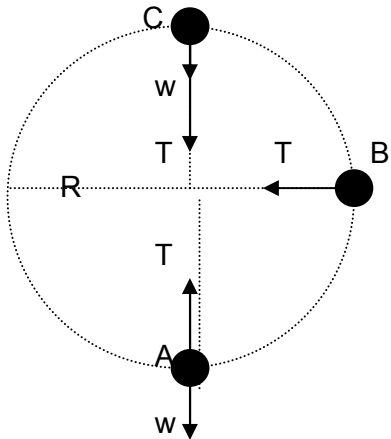


Gaya sentripetal diberikan oleh tegangan tali (T), sehingga :

$$T = F_s = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

## 2. Gerak Benda Melingkar Vertikal

Perhatikan gambar berikut :



Pada titik A (titik terendah) :

$$F_s = T - w \text{ atau } T = F_s + w$$

$$T = m \left( \frac{v^2}{R} + g \right)$$

Pada titik C (titik tertinggi) :

$$F_s = T + w \text{ atau } T = F_s - w$$

$$T = m \left( \frac{v^2}{R} - g \right)$$

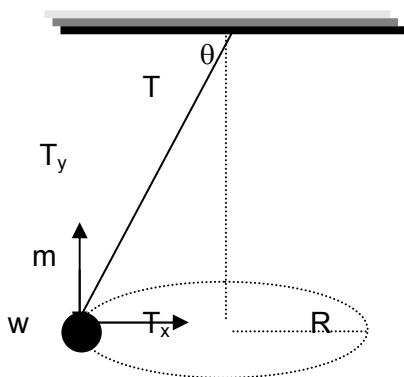
Pada titik B:

$$F_s = T$$

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

T = gaya tegang tali

## 3. Ayunan Konik (kerucut)



Benda bermassa  $m$  diayunkan melingkar seperti pada gambar dengan jari-jari  $R$ , maka tali akan mengalami gaya tegangan tali ( $T$ ). Besarnya gaya tegang tali pada arah pusat lingkaran benda ( $T_x$ ) sama dengan gaya sentripetal yang dialami benda  $m$ . Jadi :

$$T_x = T \cdot \sin \theta \text{ dan}$$

$$T_y = T \cdot \cos \theta = w = m \cdot g$$

$$T_x = F_s$$

$$T \cdot \sin \theta = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$\frac{m \cdot g}{\cos \theta} \cdot \sin \theta = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

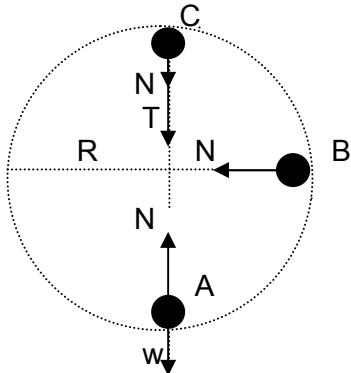
$$m \cdot g \cdot \operatorname{tg} \theta = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Jadi kecepatan linier ayunan konik adalah :

$$v = \sqrt{g \cdot R \cdot \operatorname{tg} \theta}$$

$v$  = kecepatan linier (m/s)  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $10 \text{ m/s}^2$ )  
 $\theta$  = Susut ayunan ( $^\circ$ )

#### 4. Gerak Benda pada sisi dalam lingkaran



Pada titik A (titik terendah) :

$$F_s = N - w \text{ atau } N = F_s + w$$

$$N = m \left( \frac{v^2}{R} + g \right)$$

Pada titik C (titik tertinggi) :

$$F_s = N + w \text{ atau } N = F_s - w$$

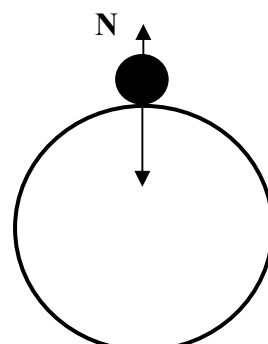
$$N = m \left( \frac{v^2}{R} - g \right)$$

Pada titik B:

$$F_s = N$$

$$N = m \frac{v^2}{R} \quad N = \text{gaya normal (N)}$$

#### 5. Gerak Benda pada sisi luar lingkaran



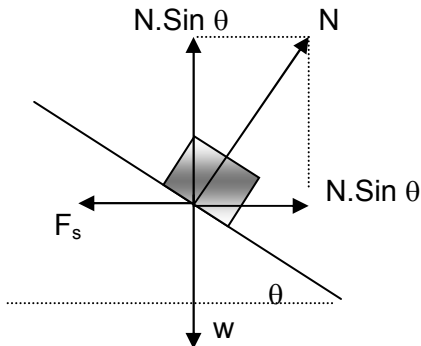
Pada titik tertinggi :

$$F_s = w - N \text{ atau } N = w - F_s$$

$$N = m(g - \frac{v^2}{R})$$

**6. Tikungan Miring**

Perhatikan sebuah mobil yang sedang membelok pada tikungan berjari-jari R yang permukaannya miring berikut :



Pada sumbu horizontal :

$$\begin{aligned} \sum F &= 0 \\ N \cdot \sin \theta &= F_s \\ N \cdot \sin \theta &= m \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots 1) \end{aligned}$$

Pada sumbu vertikal :

$$\begin{aligned} N \cdot \cos \theta &= w \\ N \cdot \cos \theta &= m \cdot g \dots\dots\dots 2) \end{aligned}$$

Persamaan 1) dan 2) diperoleh :

$$v = \sqrt{g \cdot R \cdot \tan \theta}$$

Uji Kompetensi 2

3. Sebuah mobil bermassa 0,8 ton bergerak dengan laju 18 km/jam melewati sebuah bukit yang berjari-jari 20 m. Tentukan gaya normal yang dialami mobil ketika berada di puncak bukit ?
4. Seorang pilot bermassa 75 kg berada di dalam pesawat jet membuat manuver lingkaran vertikal berjari-jari 10 m. Jika pada titik terendah kecepatan jet adalah 20 m/s, berapa berat semu pilot di titik terendah tersebut ?
5. Mobil melewati tikungan jalan berbentuk busur lingkaran berjari-jari 30 m dengan sinus sudut kemiringan 0,6. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , maka agar mobil menikung dengan aman, berapa kecepatan maksimum mobil?
6. Sebuah batu bermassa 2 kg diikat dengan tali yang panganya 50 cm dan diputar pada lingkaran vertikal dengan kecepatan angular 6 rad/s. Hitung besarnya tegangan tali pada saat batu berada di titik tertinggi !
7. Sebuah benda bermassa 10 kg diikat dengan tali secara beraturan pada bidang mendatar licin dengan jari-jari 1 m. Gaya tegangan yang dapat ditahan tali 360 N. Berapa kecepatan maksimum yang diperbolehkan agar tali tidak putus ?
8. Sebuah ayunan konis sinus sudut simpangannya 0,6 dan panjang tali 50 cm. Hitung besarnya laju linier ayunan !



## Evaluasi

### **PILIHAN GANDA**

**Pilihlah satu jawaban yang tepat !**

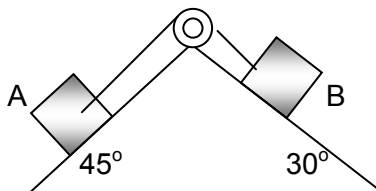
1. Sebuah benda bermassa 1 kg mula-mula diam, lalu ditarik dengan gaya 10 N arah mendatar. Percepatan benda tersebut adalah ....m/s<sup>2</sup>
  - a. 1
  - b. 10
  - c. 20
  - d. 25
  - e. 30
2. Satuan percepatan selain m/s<sup>2</sup>, juga dapat dinyatakan dengan ...
  - a. kg/N
  - b. n/kg
  - c. m/s
  - d. cm/s
  - e. N/s<sup>2</sup>
3. Sebuah elevator bermassa 400 kg bergerak vertikal ke atas dari keadaan diam dengan percepatan tetap 2 m/s<sup>2</sup>. Tegangan tali penarik elevator adalah ... N
  - a. 400
  - b. 800
  - c. 3200
  - d. 3600
  - e. 4800
4. Seorang anak berada dalam lift yang bergerak ke atas dengan percepatan 4 m/s<sup>2</sup>. Jika massa anak 40 kg, maka gaya normal yang bekerja pada anak adalah ... N
  - a. 40
  - b. 160
  - c. 240
  - d. 400
  - e. 560
5. Sebuah benda bermassa 1 kg yang mula-mula bergerak dengan kecepatan 10 m/s direm selama 5 s sehingga kecepatannya menjadi 5 m/s. Besarnya gaya pengereman adalah ... N
  - a. 1
  - b. 5
  - c. 10
  - d. 15
  - e. 20
6. Benda bermassa 4 kg digantung pada neraca pegas yang sedang bergerak ke atas dengan percepatan 1 m/s<sup>2</sup>. Besarnya angka yang ditunjukkan oleh neraca pegas adalah ... N
  - a. 4
  - b. 40
  - c. 44
  - d. 50
  - e. 75
7. Seseorang mengendari sepeda motor melewati jalan yang membelok dengan jari-jari 40 m dengan kelajuan 36 km/jam. Jika berat orang dan sepeda 1500 N, besarnya gaya sentripetal yang dialami sepeda motor adalah ...
  - a. 50
  - b. 100
  - c. 150
  - d. 375
  - e. 750

8. Pada saat olah raga Nardi mengikat benda bermassa 1 kg dengan tali panjangnya 1 m. Pada saat diputar dengan bentuk lintasan vertikal, panjang tali yang digunakan 50 cm. Jika kelajuan benda di titik teratas 5 m/s dan di titik terendah 7 m/s, maka besarnya gaya sentripetal di titik teratas dan di titik terendah adalah ...
- 49 N dan 98 N
  - 50 N dan 98 N
  - 88 N dan 100 N
  - 98 N dan 50 N
  - 100 N dan 49 N
9. Sebuah mobil 800 kg melintasi lembah yang jari-jari kelengkungannya 50 m. Jika kelajuan mobil 5 m/s, maka besarnya gaya normal pada saat mobil ditengah lembah adalah ... N
- 8400
  - 8040
  - 8000
  - 4800
  - 4000
10. Sebuah ember berisi air dikat dengan tali lalu diputar dengan lintasan vertikal berjari-jari 2,5 m. Besarnya kecepatan sudut terkecil pada titik tertinggi agar air tidak tumpah adalah ... rad/s
- 40
  - 25
  - 4
  - 2,5
  - 2

### URAIAN

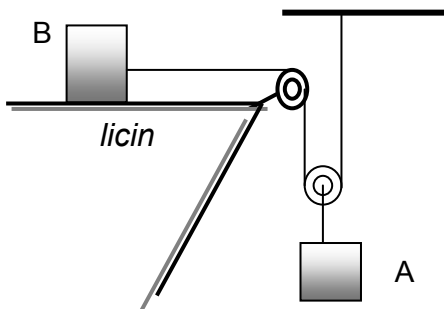
**Kerjakan soal berikut dengan benar !**

1. Dua balok dihubungkan dengan tali seperti pada gambar berikut :



Jika balok A dan B bermassa 3,5 kg dan 5 kg terletak pada bidang miring licin, tentukan percepatan sistem !

2. Perhatikan sistem gambar berikut :



Jika massa benda A dan B sama besar 2 kg dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Tentukan percepatan benda A dan B !

3. Sebuah benda bermassa 2 kg terletak di atas tanah. Benda tersebut ditarik ke atas dengan gaya 30 N selama 2 s lalu dilepaskan. Hitung tinggi maksimum yang dicapai benda !
4. Sebuah ayunan kerucut mempunyai panjang tali 1,25 m. Jika saat kecepatan sudut ayunan 4 rad/s, berapa besar sudut antara tali dan garis vertikal ?
5. Sebuah benda bermassa 0,1 kg diikat dengan tali yang panjangnya 1 m dan diputar dengan kelajuan tetap 2 m/s. Hitung tegangan tali minimum yang dialami tali !

