



## Materi 1.2

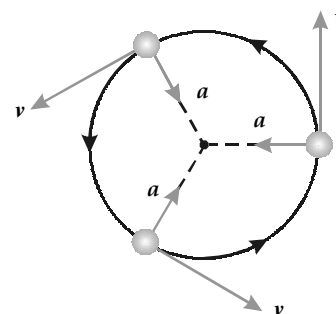
---

### **C** Gerak Melingkar

Di kelas X, Anda telah mempelajari bahwa suatu partikel dikatakan bergerak melingkar beraturan, jika partikel tersebut bergerak dalam lintasan berbentuk lingkaran atau busur lingkaran dengan kelajuan konstan. Walaupun kelajuan partikel tersebut tidak berubah, namun partikel tersebut tetap memiliki percepatan. Mengapa demikian? Anda tentu telah memahami bahwa percepatan partikel (perubahan kecepatan dalam selang waktu tertentu) merupakan perubahan kelajuan partikel tersebut. Namun, Anda tidak boleh lupa bahwa kecepatan merupakan besaran vektor. Oleh karena kecepatan merupakan besaran vektor, perubahan arah kecepatan saja (besar kecepatan tetap) akan menimbulkan percepatan, seperti yang terjadi pada gerak melingkar beraturan.



Perhatikanlah **Gambar 1.17** berikut. Pada gambar tersebut ditunjukkan hubungan antara vektor kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar beraturan. Besar kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar beraturan tidak berubah-ubah, namun arahnya selalu berubah-ubah setiap saat. Arah kecepatan selalu menyinggung lintasan lingkaran (tangensial terhadap lingkaran), sedangkan percepatan selalu mengarah ke pusat lingkaran sehingga disebut percepatan sentripetal.



**Gambar 1.17**

Arah vektor kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar.

Perhatikanlah **Gambar 1.18**. Suatu partikel yang bergerak melingkar beraturan di titik P dengan jari-jari lingkaran  $r$ . Oleh karena arah kecepatan selalu tegak lurus jari-jari  $r$  (tangensial terhadap lingkaran), sudut  $\theta$  yang dibentuk oleh  $v$  terhadap garis vertikal di titik P akan sama besar dengan sudut  $\theta$  yang dibentuk oleh jari-jari  $r$  terhadap sumbu- $x$ . Vektor kecepatan di titik P tersebut dapat diuraikan menjadi vektor komponennya menurut sumbu- $x$  dan sumbu- $y$ , seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1.19** berikut. Dengan demikian, dapat dituliskan

$$\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} \quad (1-49)$$

atau

$$\mathbf{v} = (-v \sin \theta) \mathbf{i} + (v \cos \theta) \mathbf{j} \quad (1-50)$$

Perhatikan kembali **Gambar 1.18**. Dari gambar tersebut, Anda dapat mengganti  $\sin \theta$  dengan  $\frac{y_p}{r}$  dan  $\cos \theta$  dengan  $\frac{x_p}{r}$  sehingga **Persamaan (1-50)** dapat ditulis menjadi

$$\mathbf{v} = \left( -\frac{vy_p}{r} \right) \mathbf{i} + \left( \frac{vx_p}{r} \right) \mathbf{j} \quad (1-51)$$

Percepatan gerak melingkar beraturan dapat ditentukan dari turunan pertama **Persamaan (1-51)** sebagai berikut.

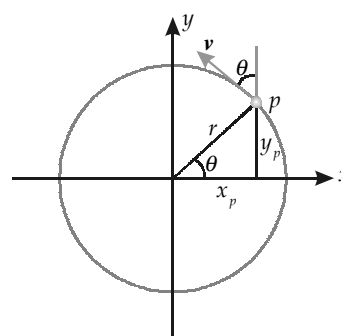
$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d \left( \frac{vy_p}{r} \right) \mathbf{i} + \left( \frac{vx_p}{r} \right) \mathbf{j}}{dt}$$

$$\mathbf{a} = \frac{\left( -\frac{v}{r} \frac{dy_p}{dt} \right) \mathbf{i} + \left( \frac{v}{r} \frac{dx_p}{dt} \right) \mathbf{j}}{dt} \quad (1-52)$$

Oleh karena  $\frac{dy_p}{dt} = v_y$  dan  $\frac{dx_p}{dt} = v_x$  serta  $v_x = -v \sin \theta$  dan  $v_y = v \cos \theta$  maka **Persamaan (1-52)** dapat ditulis menjadi

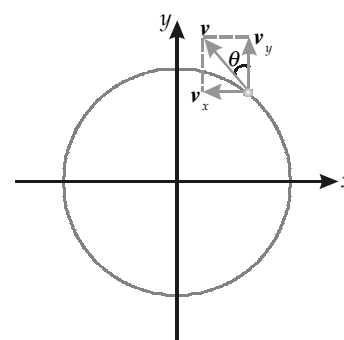
$$\mathbf{a} = \frac{\left( -\frac{v^2}{r} \cos \theta \right) \mathbf{i} + \left( \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) \mathbf{j}}{dt} \quad (1-53)$$

Vektor percepatan dan komponen vektornya menurut sumbu- $x$  dan sumbu- $y$  ditunjukkan oleh **Gambar 1.20**. Berdasarkan uraian gambar tersebut, dapat ditentukan besar percepatan sentripetal melalui persamaan berikut.



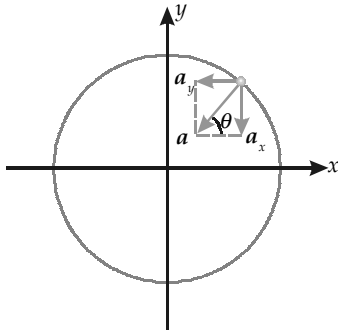
**Gambar 1.18**

Partikel P bergerak melingkar berlawanan arah jarum jam. Vektor kecepatannya ( $v$ ) selalu berubah-ubah terhadap waktu, walaupun besar vektor kecepatannya tetap



**Gambar 1.19**

Kecepatan  $v$  dan komponen vektornya menurut sumbu- $x$  dan sumbu- $y$ .



**Gambar 1.20**  
Percepatan  $a$  dan komponen vektornya menurut sumbu- $x$  dan sumbu- $y$ .

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{v^2}{r} \sqrt{(\cos \theta)^2 + (\sin \theta)^2}$$

$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}} \quad (1-54)$$

Sedangkan, arah vektor percepatan,  $\phi$ , dapat ditentukan dari persamaan

$$\tan \phi = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-\left(\frac{v^2}{r}\right) \sin \theta}{-\left(\frac{v^2}{r}\right) \cos \theta}$$

$$\boxed{\tan \phi = \tan \theta} \quad (1-55)$$

Dari **Persamaan (1-54)** dan **Persamaan (1-55)**, terbukti bahwa percepatan sentripetal  $a = \frac{v^2}{r}$  dan arahnya selalu menuju pusat lingkaran ( $\phi = \theta$ ).

### Contoh 1.13

Berapakah percepatan sentripetal, dalam satuan  $g$ , yang dirasakan oleh seorang pilot yang menerbangkan pesawatnya dengan kelajuan  $v = 2.500$  km/jam dalam lintasan lingkaran berjari-jari  $r = 5,8$  km?

**Jawab**

Diketahui:  $v = 2.500$  km/jam dan  $r = 5,8$  km.

Berdasarkan persamaan percepatan sentripetal, didapatkan

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(694 \text{ m/s})^2}{5.800 \text{ m}} = 83 \text{ m/s}^2 = 8,5g.$$

### Contoh 1.14

Sebuah bola yang terikat bergerak dalam lingkaran horizontal yang berjari-jari 2 m. Bola membuat satu putaran dalam 3 s. Berapakah percepatan sentripetal bola tersebut?

**Jawab**

Diketahui:  $r = 2$  m dan  $T = 3$  s.

Untuk menentukan percepatan sentripetal, tentukan kecepatan linear terlebih dahulu dengan cara membagi panjang lintasan dengan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh lintasan tersebut. Dalam kasus ini panjang lintasannya berupa keliling lingkaran dengan jari-jari  $r$ .

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(2 \text{ m})}{3 \text{ s}} = 4,19 \text{ m/s}.$$

Jadi, besar percepatan sentripetal bola adalah

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(4,19 \text{ m/s})^2}{2 \text{ m}} = 8,78 \text{ m/s}^2 = 0,9g.$$

### Kata Kunci

- Gerak melingkar beraturan
- Percepatan sentripetal

### Contoh 1.15

Sebuah mobil mengelilingi sebuah kurva berjari-jari 30 m. Jika percepatan sentripetal maksimum yang dapat diberikan oleh gesekan roda mobil adalah  $5 \text{ m/s}^2$ , berapakah kelajuan maksimum mobil tersebut dalam km/jam?

**Jawab**

Diketahui:  $r = 30 \text{ m}$  dan  $a = 5 \text{ m/s}^2$ .

$$a = \frac{v^2}{r}$$
$$v_{\text{maks}} = \sqrt{ra_{\text{maks}}}$$
$$= \sqrt{(30 \text{ m})(5 \text{ m/s}^2)}$$
$$= 12,2 \text{ m/s}$$

Jadi, kelajuan maksimum mobil dalam satuan km/jam adalah

$$(12,2 \text{ m/s}) \left( \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \right) \left( \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ m}} \right) = 44 \text{ km/jam.}$$

## Soal Penguasaan Materi 1.3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

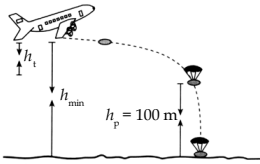
- Orbit Bulan mengelilingi Bumi yang hampir bulat memiliki radius sekitar 384.000 km dan periode selama 27,3 hari. Tentukan percepatan Bulan terhadap Bumi.
- Sebuah batu 200 g diikat pada ujung tali dan diputar menempuh lingkaran horizontal berjari-jari 1,2 m dengan kecepatan putaran 3 putaran setiap sekon. Tentukan tegangan dalam tali itu.
- Jalan datar menikung dengan jari-jari 25 m. jika koefisien gesekan statis antara ban mobil dan permukaan jalan adalah 0,8 dan  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , berapakah kecepatan maksimum yang diperkenankan pada tikungan itu?
- Dalam sebuah wahana putar di karnaval, penumpang bergerak dengan laju konstan dalam sebuah lingkaran berjari-jari 5 m. Mereka menyelesaikan satu putaran dalam 4 sekon. Berapakah percepatan penumpang?
- Partikel melakukan gerak melingkar beraturan dengan persamaan kecepatan  $v = (-5 \sin \pi t)\mathbf{i} + (5 \cos \pi t)\mathbf{j} \text{ m/s}$ . Berapakah besarnya kecepatan partikel tersebut?
- Partikel bergerak melingkar beraturan dengan persamaan kecepatan  $v = (-40 \sin 2t)\mathbf{i} + (40 \cos 2t)\mathbf{j} \text{ cm/s}$ . Jika jari-jari lintasannya 20 cm, berapakah percepatan partikel tersebut?
- Sebuah titik materi bergerak melingkar dengan kelajuan konstan sebesar 4 m/s dan jari-jari lintasannya 2 m. Tuliskanlah persamaan percepatan yang dialami oleh titik materi itu.
- Sebuah titik materi bergerak melingkar dengan kelajuan konstan mengalami percepatan  $8 \text{ m/s}^2$ . Jika jari-jari lintasannya adalah 2 m, tuliskanlah persamaan percepatan yang dialami oleh titik materi itu.
- Percepatan yang dialami oleh suatu benda yang sedang bergerak melingkar dituliskan dalam bentuk  $a = (-1,8 \cos 3t)\mathbf{i} + (-1,8 \sin 3t)\mathbf{j} \text{ m/s}^2$ . Tentukan:
  - laju angulernya,
  - periode putarannya,
  - percepatan sentripetalnya,
  - jari-jari lintasannya, dan
  - besar kecepatan linearnya.
- Percepatan yang dialami oleh suatu benda yang sedang bergerak melingkar dituliskan dalam bentuk  $a = (-4 \cos 4t)\mathbf{i} + (-4 \sin 4t)\mathbf{j} \text{ m/s}^2$ . Tentukanlah laju linear benda tersebut.

## Pembahasan Soal SPMB

Untuk menyalurkan bantuan kemanusiaan, sebuah pesawat kargo harus menjatuhkan kapsul besar berparasut kepada serombongan pengungsi. Jika hambatan udara sebelum parasut mengembang (yakni setelah 5 sekon dijatuhkan) diabaikan, ketinggian terbang minimal pesawat agar parasut kapsul telah mengembang di ketinggian 100 m sebelum mencapai permukaan adalah .... ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- a. 185 m                                 d. 225 m  
b. 200 m                                 e. 250 m  
c. 215 m

**Penyelesaian**



Diketahui:  $t = 5 \text{ s}$ ,  $h_p = 100 \text{ m}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Selisih ketinggian sebelum parasut mengembang ( $t = 5 \text{ s}$ ):

$$h_t = v_{oy} t + \frac{1}{2} g t^2 ; v_{oy} = 0$$

$$h_t = \frac{1}{2} g t^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(10 \text{ m/s}^2)(5 \text{ s})^2$$

$$h_t = 125 \text{ m}$$

Ketinggian minimal pesawat:

$$h_{\min} = h_t + h_p$$

$$h_{\min} = 125 \text{ m} + 100 \text{ m}$$

$$h_{\min} = 225 \text{ m}$$

**Jawab: d**

Soal UMPN 1993 Rayon A

## Rangkuman

1. **Persamaan gerak** adalah persamaan yang menyatakan hubungan antara posisi, kecepatan, percepatan, dan waktu. Posisi suatu partikel pada sebuah bidang dapat dinyatakan dalam bentuk **vektor posisi**, yaitu

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$$

2. **Kecepatan** merupakan perubahan posisi (perpindahan) terhadap waktu sehingga dapat ditentukan dari turunan pertama fungsi posisi terhadap waktu.

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

3. **Percepatan** merupakan perubahan kecepatan terhadap waktu sehingga dapat ditentukan dari turunan pertama fungsi posisi, atau turunan kedua fungsi posisi terhadap waktu

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

4. **Gerak parabola** adalah gerak gabungan antara gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB)

- a. Persamaan pada arah sumbu- $x$ :

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

- b. Persamaan pada arah sumbu- $y$ :

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$$

- c. Waktu yang diperlukan untuk mencapai titik tertinggi

$$t = v_0 \frac{\sin \alpha}{g} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

- d. Waktu yang diperlukan untuk mencapai titik terjauh

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

- e. Titik tertinggi yang dapat dicapai benda

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

- f. Titik terjauh yang dapat dicapai benda

$$X = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

5. **Gerak melingkar** adalah gerak benda pada suatu lintasan yang berbentuk lingkaran.

- a. Kecepatan benda yang bergerak melingkar dinyatakan dengan persamaan

$$\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j}$$

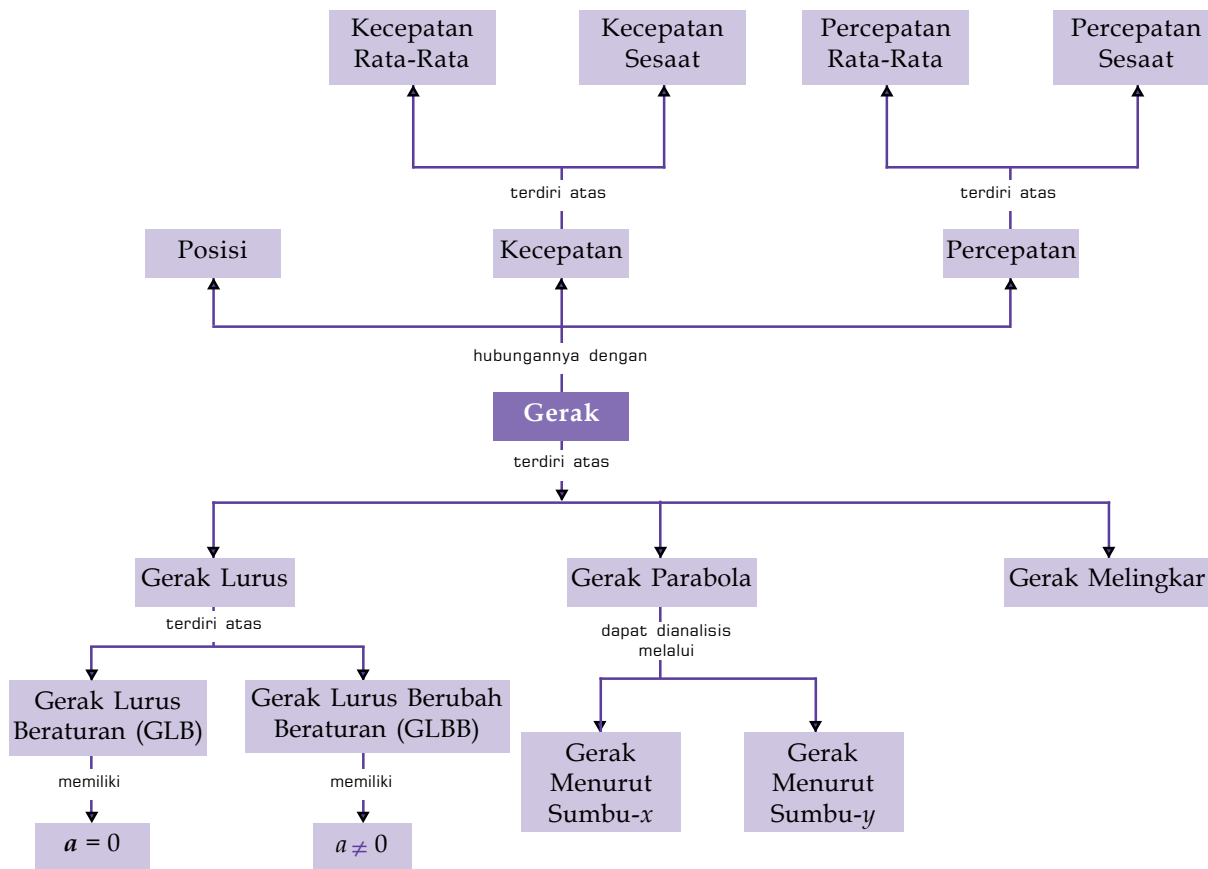
dan besar kecepatannya dinyatakan dengan

$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

- b. Percepatan sentripetal adalah percepatan gerak benda saat melakukan gerak melingkar yang arahnya selalu menuju pusat lingkaran.

$$a = \frac{v^2}{r}$$

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Setelah mempelajari bab Gerak dalam Dua Dimensi, Anda dapat menganalisis gerak lurus, gerak melingkar, dan gerak parabola dengan menggunakan vektor. Jika Anda belum dapat menganalisis gerak lurus, gerak melingkar, dan gerak parabola dengan menggunakan vektor, Anda belum menguasai materi bab Gerak dalam Dua Dimensi dengan baik. Rumuskan materi

yang belum Anda pahami, lalu cobalah Anda tuliskan kata-kata kunci tanpa melihat kata kunci yang telah ada dan tuliskan pula rangkuman serta peta konsep berdasarkan versi Anda. Jika perlu, diskusikan dengan teman-teman atau guru Fisika Anda.