

Gerak Melingkar

Standar kompetensi

Menerapkan konsep dan prinsip dasar kinematika dan dinamika benda titik

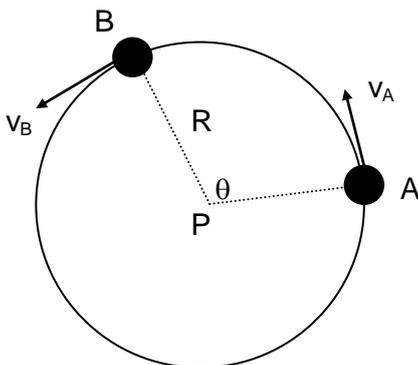
Kompetensi dasar

Menganalisis besaran fisika pada gerak melingkar dengan laju konstan.

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 pada lintasan yang berupa lingkaran.

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.) Untuk GMB besarnya v_A dan v_B sama besar.

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 kali 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 (rotation per minutes)
- rpm sering digunakan sebagai satuan putaran mesin atau motor listrik

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

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{atau} \quad T = \frac{1}{f}$$

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 :

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} = \omega R$$

v = laju (nilai kecepatan) linier (m/s)

R = jari-jari lingkaran (m)

3. Kecepatan Sudut (ω)

Kecepatan sudut (kecepatan angular) adalah besarnya sudut yang ditempuh benda selama selang waktu tertentu dan untuk GMB besarnya tetap. Dalam satu Periode sudut yang ditempuh benda adalah 360° atau 2π radian. Jadi :

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

ω = kecepatan sudut (rad/s)

4. Sudut Tempuh (θ)

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

$$\theta = \omega \cdot t$$

θ = sudut tempuh (radian = rad)

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

Hubungan rumus antara laju linier dengan kecepatan sudut adalah :

$$v = \omega \cdot R$$

5. Percepatan sentripetal (a_s)

Percepatan sentripetal adalah percepatan benda yang arahnya menuju ke pusat lingkaran. Percepatan sentripetal besarnya tetap dan berfungsi untuk mempertahankan gerak melingkar. Nilai percepatan sentripetal adalah :

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

a_s = percepatan sentripetal (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 rpm 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 :

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

Aktivitas 1 (dilakukan siswa secara mandiri)

Gaya sentripetal

- Tujuan :** 1. menjelaskan konsep 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. *Atau peragakan dengan 2 siswa yang saling berpegangan tangan (masing-masing satu tangan), kemudian siswa yang satu berusaha tetap diam (menjadi pusat lingkaran) sedang siswa kedua bergerak melingkar, maka akan dirasakan adanya gaya sentripetal.*
5. Ulangi kegiatan ini untuk berbagai macam kecepatan
6. Tulis dan diskusikan hasil kegiatan kalian :

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

7. 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

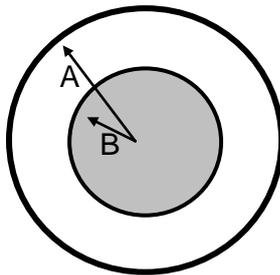
1. Panjang jarum sekon, jarum menit dan jarum jam sebuah jam dinding masing-masing 6 cm, 5 cm dan 4 cm. Tentukan :
 - a. kecepatan sudut masing-masing jarum
 - b. kecepatan linier masing-masing jarum
2. Bumi berjari-jari 6.370 km (jari-jari katulistiwa) dan berotasi sekali dalam waktu 24 jam. Tentukan kecepatan linier sebuah titik di katulistiwa !
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, Davit 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 (R) = 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:

$$\omega_A = \omega_B$$

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

ω_A = kecepatan sudut roda A (rad/s)

ω_B = kecepatan sudut roda B

v_A = laju linier roda A (m/s)

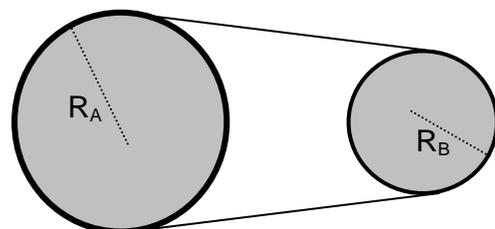
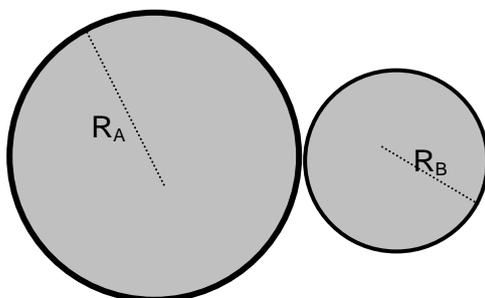
v_B = laju linier roda B

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 :



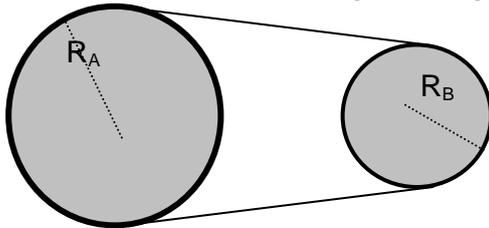
Jika roda A dan B bersinggungan diluar atau kedua tepi roda dihubungkan dengan tali (tidak seporos), maka besarnya **kecepatan linier kedua roda sama**. Jadi :

$$v_A = v_B$$

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

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 : $v_A = v_B$

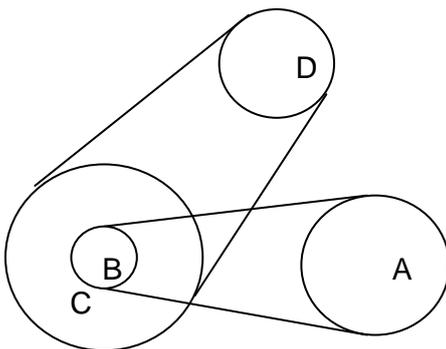
$$\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B$$

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

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

Uji Kompetensi 2

- Dua buah roda A dan B berjari-jari 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 :

1. *Percepatan sentripetal (a_s)*

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

2. *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 :

$$\mathbf{a_{tot} = \sqrt{a_s + a_t}}$$

a_t = percepatan linier/percepatan tangensial (m/s²)

a_s = percepatan sentripetal (m/s²)

3. *Percepatan sudut/percepatan anguler (α)*

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

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

α = percepatan sudut (rad/s²)

4. *Kecepatan linier & kecepatan sudut*

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

$$\mathbf{v = \omega \cdot R}$$

5. *Kecepatan sudut (kecepatan anguler)*

Jika muula-mula benda bergerak melingkar dengan kecepatan sudut awal ω_o , kemudian dipercepat dengan percepatan sudut tetap α , maka :

- kecepatan sudut setelah t sekon adalah:

$$\omega_t = \omega_o + \alpha \cdot t$$

- Kecepatan sudut setelah menempuh sudut θ adalah :

$$\omega_t^2 = \omega_o^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \theta$$

- sudut yang ditempuh selama t sekon adalah :

$$\theta = \omega_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2$$

- panjang lintasan yang telah ditempuh

$$s = \theta \cdot R.$$

ω_t = kecepatan sudut setelah t (rad/s)

ω_o = kecepatan sudut awal (rad/s)

α = percepatan sudut (rad/s²)

t = selang waktu (s)

θ = sudut yang telah ditempuh (rad)

R = jari-jari lintasan (m)

Contoh Soal

Sebuah roda berputar dengan kecepatan sudut awal 4π rad/s. Kemudian roda diperlambat sebesar 2π rad/s². Tentukan :

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

Penyelesaian :

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

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

Ditanya : a. t
b. n

Jawab :

a. $\omega_t = \omega_o + \alpha \cdot t$, berhenti $\omega_t = 0$ rad/s

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

$$2\pi \cdot t = 4\pi$$

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

b. $\theta = \omega_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2$

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

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

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

c. $n = \frac{\theta}{2\pi}$

$$\omega_t^2 = \omega_o^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \theta$$

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

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

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

Uji Kompetensi 3

- Sebuah benda bergerak melingkar dengan dengan jari-jari 1 m dan kecepatan sudut awal 4 rad/s, lalu di percepat 2 rad/s². Tentukan :
 - kecepatan sudut benda setelah 2 s
 - kecepatan linier setelah 2 s
 - sudut yang ditempuh setelah 2 s
 - kecepatan sudut setelah benda menempu sudut 12 rad.
 - jumlah putaran selama 2 sekon

2. Sebuah benda bergerak melingkar dengan dengan jari-jari 20 cm dengan percepatan 1 rad/s^2 . 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 $0,1\pi \text{ rad/s}$ menyusuri track berbentuk lingkaran. Enam detik kemudian dari garis start, Budi memacu sepedanya dengan percepatan sudut tetap $0,4\pi \text{ rad/s}^2$. Setelah berapa lama Budi mampu menyusul Ali ?

Evaluasi

A. 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 $20\pi \text{ m/s}$. 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 $8\pi \text{ rad/s}$
 2. di titik yang berjarak 2 m dari pusat roda laju liniernya $16\pi \text{ m/s}$
 3. di titik yang berjarak 0,5 m dari pusat roda percepatan sentripetalnya $32\pi \text{ m/s}^2$.
 Pernyataan yang 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 adalahrad/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
- 15
 - 30
 - 45
 - 61
 - 75
6. Sebuah roda mula-mula diam, lalu diputar dengan percepatan sudut tetap 2 rad/s^2 . Besarnya sudut yang disapu selama 4 sekon adalah ... rad.
- 4
 - 8
 - 16
 - 24
 - 32
7. 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, kecepatan maksimum mobil adalah ... m/s
- 10
 - 12,5
 - 15
 - 17,5
 - 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
- 16
 - 36
 - 56
 - 124
 - 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
- 4,5
 - 5
 - 5,5
 - 6
 - 6,5
10. Sebuah ayunan konis sinus sudut simpangannya 0,6 dan panjang tali 50 cm. Besarnya laju linier ayunan adalah ... cm/s
- 30
 - 40
 - 60
 - 75
 - 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 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 !