

BAB III

GERAK MELINGKAR BERATURAN DAN GERAK MELINGKAR BERUBAH BERATURAN

A. KOMPETENSI DASAR :

3.2. Memprediksi besaran-besaran fisika pada gerak melingkar beraturan dan gerak melingkar berubah beraturan.

B. INDIKATOR :

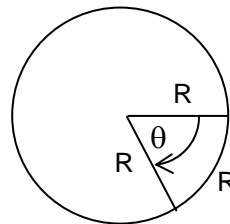
1. Merumuskan gerak melingkar beraturan secara kuantitatif.
2. Menjelaskan pengertian percepatan sentripetal, dan mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.
3. Memberikan contoh gerak melingkar beraturan dan berubah beraturan dalam kehidupan sehari-hari.
4. Menjelaskan perumusan kuantitatif gerak melingkar berubah beraturan.

C. MATERI :

1. GERAK MELINGKAR BERATURAN (GMB)

Gerak melingkar beraturan adalah gerak partikel menurut sebuah lingkaran dengan laju konstan, arah vektor kecepatannya berubah terus-menerus, tetapi besarnya tetap. Untuk memahaminya, amati gerak jarum detikan sebuah jam dinding. Setiap saat yang sama partikel (ujung jarum) menempuh busur yang sama panjangnya. Partikel berputar satu kali putaran, berarti menempuh busur 360° yang panjang lintasannya merupakan keliling lingkaran sebesar $2\pi R$. sehingga $2\pi R = 360^\circ$. Sudut datar yang ditempuh partikel itu dinyatakan dalam satuan radian.

$$\begin{aligned}
 360^\circ &= 2\pi \text{ radian} \\
 1 \text{ radian} &= 360^\circ / 2\pi \\
 &= 360^\circ / 2 \cdot 3,14 \\
 &= 57^\circ 17' 44,81''
 \end{aligned}$$



Satu radian (disingkat **rad**) adalah besar sudut datar yang berhadapan dengan busur yang panjangnya R dari lingkaran. Maka panjang busur yang ditempuh partikel sama dengan sudut datar dikalikan jari-jari, dan dirumuskan :

$S = \theta \cdot R$

S = panjang busur lingkaran
 R = jari-jari lingkaran
 θ = sudut datar (radian)

Waktu yang diperlukan partikel untuk menempuh satu kali putaran disebut periode yang dinyatakan dengan huruf T. Satuan periode adalah sekon.

Kecepatan linear partikel pada suatu gerak melingkar beraturan ialah kecepatan partikel untuk mengelilingi satu putaran yang arahnya selalu menyinggung lintasannya, dan tegak lurus dengan jari-jari lingkaran.

Besar kecepatan linear :

$v = \text{keliling lingkaran/periode}$

$$v = 2\pi R/T$$

v = kecepatan linier (m/s)

R = jari-jari lingkaran (m)

T = periode (s)

Kecepatan angular partikel pada suatu gerak melingkar beraturan, ialah besar sudut yang ditempuh partikel yang bergerak beraturan yang lintasannya lingkaran tiap sekon. Besar kecepatan angular :

$$\omega = 360^\circ/T$$

$$\omega = 2\pi/T$$

ω = kecepatan angular (rad/s)

T = periode (s)

Hubungan antara kecepatan linear dan kecepatan angular :

$$V = \omega.R$$

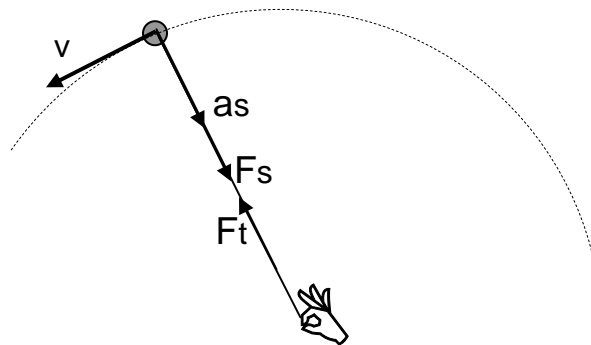
Frekwensi partikel yang melakukan gerak melingkar beraturan, ialah banyaknya putaran yang dilakukan tiap sekon. Frekwensi diberi lambang f , dan besarnya merupakan kebalikan dari periode.

$$f = 1/T$$

f = frekwensi (Hz)

T = periode (s)

Percepatan Sentripetal dan Gaya Sentripetal



Seorang siswa memutar bola yang dihubungkan tali dengan arah horizontal, sehingga bola bergerak melingkar beraturan dengan kecepatan linier dan angular yang besarnya konstan, tetapi arah kecepatan di setiap titik lintasan selalu berubah. Sehingga dalam gerak melingkar beraturan juga timbul percepatan yang berfungsi mengubah arah kecepatan linear bola. Sehingga gerak bola akan terkendali dan lintasannya berupa sebuah lingkaran. Percepatan yang timbul ini disebut percepatan sentripetal. Besar percepatan sentripetal itu memenuhi persamaan :

$$a_s = v^2/R$$

a_s = percepatan sentripetal (m/s^2)

v = kecepatan linear (m/s)

R = jari-jari (m)

Menurut hukum II Newton bahwa $F = m \cdot a$, berarti jika pada gerak suatu benda mengalami percepatan, maka dapat dipastikan bahwa pada benda tersebut bekerja suatu gaya. Seperti halnya siswa yang memutar bola akan sadar bahwa untuk melakukan gerakan tersebut diperlukan gaya yang arahnya menuju ke pusat. Gaya itu disebut gaya sentripetal. Besar gaya sentripetal itu :

$$F_s = m \cdot a_s$$

$$F_s = m \cdot v^2/R$$

F_s = gaya sentripetal (N)

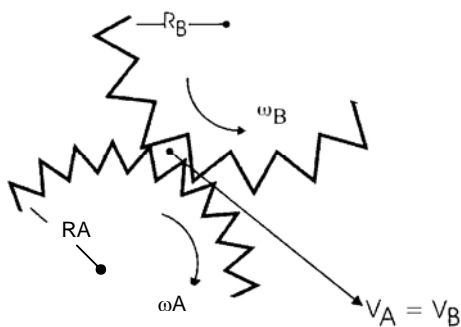
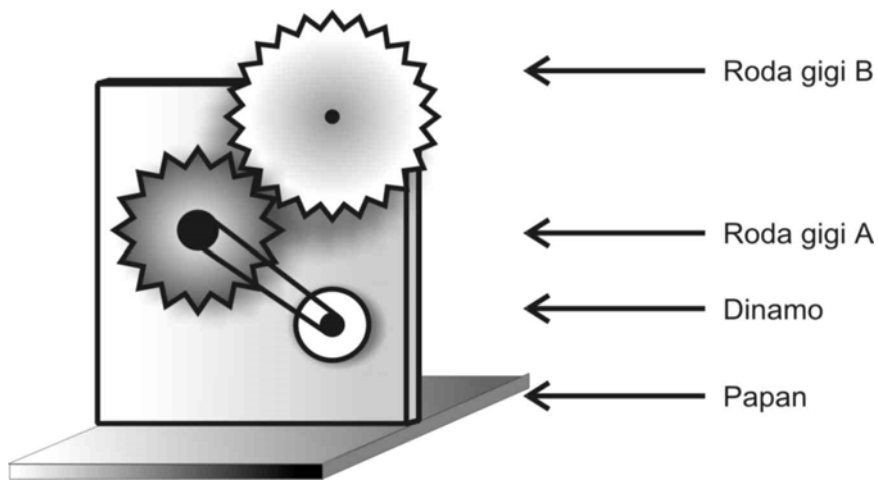
m = massa benda (kg)

R = jari-jari lingkaran (m)

2. PEMINDAHAN GERAK ROTASI

Gerak rotasi pada dua roda gigi yang terkait dan dua roda yang dihubungkan dengan rantai banyak kaitannya dengan alat-alat yang digunakan sehari-hari, misalnya pada gir sepeda maupun mesin sepeda motor.

Alat 1 : Dua roda gigi yang bersinggungan.



$$V_A = V_B ; \omega_A \neq \omega_B ; R \sim B$$

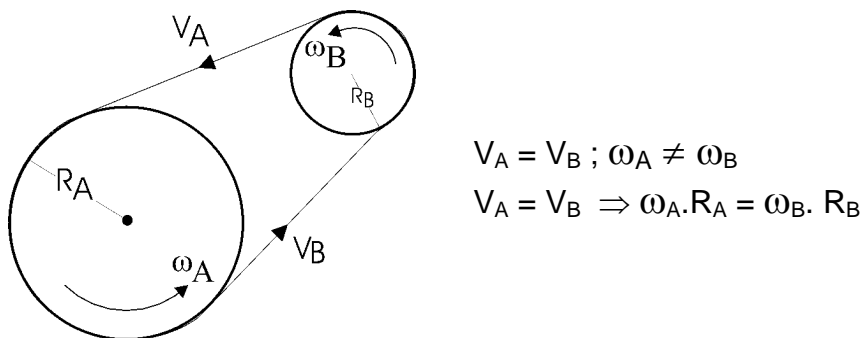
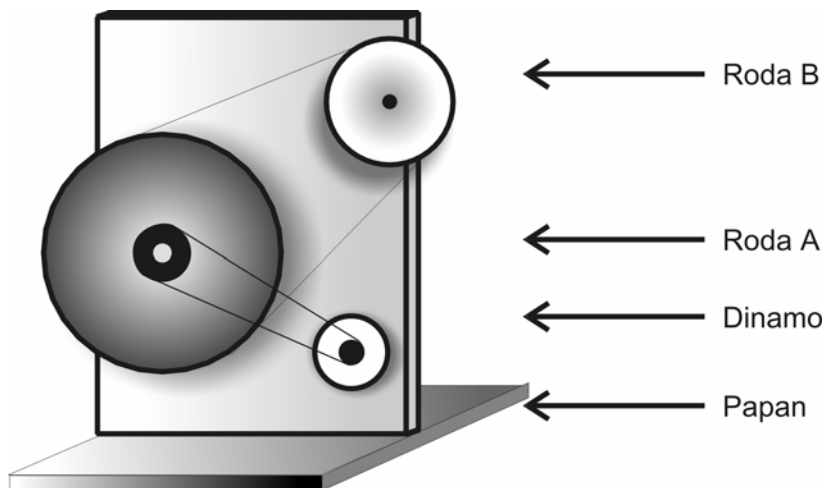
$$V_A = V_B ; \Rightarrow \omega_B \cdot R_B$$

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{R_B}{R_A} \quad \omega = \text{kecepatan angular}$$

n = jumlah gigi

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_B}{n_A} \quad R = \text{jari-jari}$$

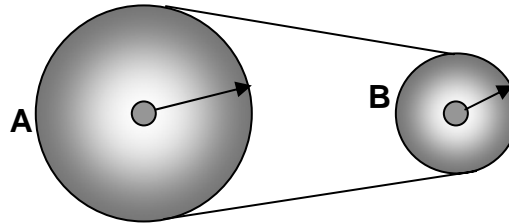
Alat 2 : Dua roda yang dihubungkan dengan rantai.



Soal Latihan : GMB

- Sebuah bola massanya 0,2 kg diikatkan pada ujung tali yang panjangnya 0,5 meter dan diputar mendatar dengan frekwensi 4 putaran tiap detik. Hitunglah :
 - laju linear bola !
 - percepatan sentripetal bola !
 - gaya sentripetal yang bekerja pada benda !
- Sebuah mobil massanya 1000 kg melintasi jalan bukit berbentuk busur setengah lingkaran dengan jari-jari 20 m dengan kecepatan 36 Km/jam.
 - Tentukan besar gaya tekan mobil terhadap bukit tersebut jika $g = 10 \text{ m/s}^2$?
 - Tentukan pula kecepatan maksimum yang diperbolehkan agar mobil tetap dapat berjalan pada lintasannya ?

3. Dua buah roda A dan B pada bagian luarnya dihubungkan dengan rantai seperti pada gambar :



Bila jari-jari roda A = 2 x jari-jari roda B dan kecepatan sudut roda B = 20 rad/s, tentukan :

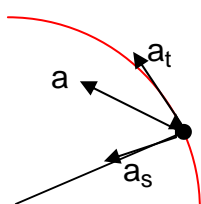
- kecepatan sudut roda A ?
 - kecepatan linear rantai ?
4. Buatlah perbandingan kecepatan sudut jarum penunjuk jam, menit, dan sekon pada suatu arloji !

3. GERAK MELINGKAR BERUBAH BERATURAN

Gerak melingkar berubah beraturan (GMBB) merupakan analogi GLBB, pada GMBB kecepatan sudutnya berubah secara beraturan namun percepatan sudutnya tetap. Jika percepatan sudutnya positif (searah dengan kecepatan sudut) disebut GMBB dipercepat. Jika percepatan sudutnya negatif, maka kecepatan sudut putaran partikel makin lama makin kecil dan disebut GMBB diperlambat.

a. Percepatan Total pada GMBB

Pada GMBB partikel mengalami percepatan sudut α yang tetap tetapi tidak nol, sehingga partikel mengalami percepatan sentripetal $a_s = v^2/r = \omega^2 \cdot r$ berarah ke pusat lingkaran dan percepatan tangensial $a_t = r \cdot \alpha$ berarah menyinggung lintasannya. Percepatan total GMBB adalah jumlah vector dari kedua percepatan ini.



$a = a_s + a_t$ karena arah a_s dan a_t saling tegak lurus, maka besar percepatan total a adalah :

$$a = \sqrt{a_s^2 + a_t^2}$$

sedangkan arah percepatan total a terhadap arah radial, yaitu θ dapat

dihitung dengan perbandingan tangen; $\tan \theta = \frac{a_t}{a_s}$

b. Persamaan untuk Gerak Melingkar Berubah Beraturan

Persamaan untuk GMBB mirip dengan persamaan pada GLBB. Partikel berputar dengan percepatan sudut tetap :

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha \cdot t$$

dan

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

dan persamaan variasinya :

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \alpha \Delta\theta$$

Soal latihan :

1. Sebuah roda sepeda motor berputar dengan kecepatan sudut awal 20 rad/s, kemudian direm secara beraturan dan akhirnya berhenti setelah 6 sekon. Hitunglah perlambatan sudut roda dan pada putaran berapa roda berhenti berputar ?
2. Sebuah piringan hitam berjari-jari 20 cm, melakukan 60 putaran tiap menit, kemudian direm, dan 10 sekon kemudian berhenti. Tentukan :
 - a. percepatan sudutnya !
 - b. percepatan linear !
 - c. jarak yang ditempuh roda !
3. Persamaan posisi sudut sebuah partikel yang ber GMBB memenuhi persamaan :
$$\theta = 2t^2 + 4t + 5$$
, θ dalam radian dan t dalam sekon.
Tentukan :
 - a. posisi sudut awal partikel !
 - b. posisi partikel setelah 3 sekon !
 - c. kecepatan sudut awal partikel !
 - d. kecepatan sudut saat $t = 6$ sekon !
 - e. percepatan sudutnya !