



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

FISIKA



KELAS
X



GERAK MELINGKAR

FISIKA KELAS X

PENYUSUN
Neny Else Josephine, S.Pd, MM
SMAN 2 Surabaya

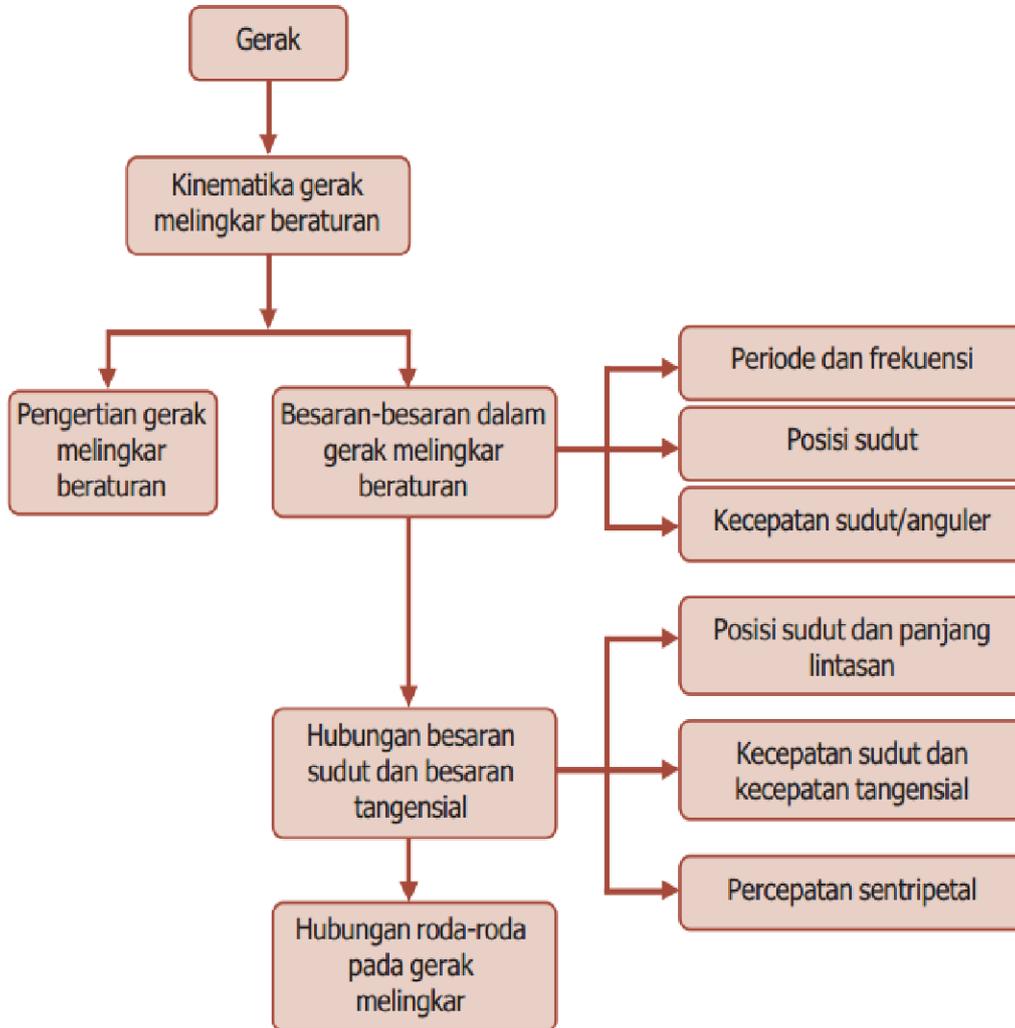
DAFTAR ISI

| | |
|------------------------------------|----|
| PENYUSUN | 2 |
| DAFTAR ISI | 3 |
| GLOSARIUM | 4 |
| PETA KONSEP | 5 |
| PENDAHULUAN | 6 |
| A. Identitas Modul | 6 |
| B. Kompetensi Dasar | 6 |
| C. Deskripsi Singkat Materi | 6 |
| D. Petunjuk Penggunaan Modul | 7 |
| E. Materi Pembelajaran | 7 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 | 8 |
| GERAK MELINGKAR BERATURAN | 8 |
| A. Tujuan Pembelajaran | 8 |
| B. Uraian Materi | 8 |
| C. Rangkuman | 19 |
| D. Penugasan Mandiri | 20 |
| E. Latihan Soal | 22 |
| F. Penilaian Diri | 25 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 | 26 |
| HUBUNGAN RODA-RODA | 26 |
| A. Tujuan Pembelajaran | 26 |
| B. Uraian Materi | 26 |
| C. Rangkuman | 32 |
| D. Latihan Soal | 33 |
| E. Penilaian Diri | 35 |
| EVALUASI | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA | 39 |

GLOSARIUM

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| Frekuensi | : | Banyaknya putaran tiap satu satuan waktu |
| Periode | : | Waktu yang dibutuhkan dalam melakukan satu kali putaran |
| Radian | : | Salah satu satuan sudut |
| Kecepatan linear | : | Kecepatan dalam lintasan lurus |
| Kecepatan sudut | : | Kecepatan sudut dalam lintasan melingkar |
| Percepatan tangensial | : | perubahan kecepatan tangensial dalam selang waktu tertentu dimana arah percepatan tangensial selalu menyinggung lintasan putarnya |
| Percepatan sentripetal | : | Percepatan sentripetal merupakan percepatan yang dimiliki oleh benda yang bergerak melingkar yang arahnya ke pusat putaran |

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

| | |
|----------------|-----------------------|
| Mata Pelajaran | : Fisika |
| Kelas | : X |
| Alokasi Waktu | : 2 X 3 Jam Pelajaran |
| Judul Modul | : Gerak Melingkar |

B. Kompetensi Dasar

- 3.1 Menganalisis besaran fisis pada gerak melingkar dengan laju konstan (tetap) dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari
- 4.1 Melakukan percobaan berikut presentasi hasilnya tentang gerak melingkar, makna fisis dan pemanfaatannya

C. Deskripsi Singkat Materi

Pada bab sebelumnya kalian telah mempelajari gerak lurus dengan beberapa jenis gerak lurus beserta besaran-besarnya. Pada bagian ini kita akan mempelajari salah satu bentuk gerak yang lain yaitu materi **gerak dengan lintasan melingkar**.

Gerak melingkar adalah gerak yang lintasannya berupa lingkaran. Contoh gerak melingkar dalam kehidupan sehari-hari adalah mobil yang menikung, gerak kincir angin, gerak bulan mengelilingi bumi, gerak *roller coaster* dan gerak roda sepeda yang berputar pada porosnya. Prinsip gerak melingkar juga banyak diterapkan pada mesin-mesin kendaraan atau pabrik. Secara tidak langsung, pemahaman tentang gerak melingkar telah memperingan kerja manusia. Oleh karena itu, penting bagi kalian untuk mengerti tentang gerak melingkar.

Gerak melingkar dibedakan menjadi gerak melingkar beraturan (GMB), yaitu gerak melingkar dengan kecepatan sudut konstan dan gerak melingkar berubah beraturan (GMBB) yaitu gerak melingkar dengan percepatan sudut tetap.

Salah satu ciri khas gerak melingkar beraturan adalah kelajuan linier tetap, tapi kecepatan liniernya tidak konstan. Arah kecepatan dari benda yang bergerak melingkar selalu berubah di setiap titik, sehingga kecepatan tidak konstan. Perubahan kecepatan ini diakibatkan oleh adanya percepatan sentripetal. Percepatan sentripetal berarah ke pusat lingkaran. Hal inilah yang mengakibatkan benda tetap berada di lintasan melingkar.

Pada GMB hanya dikenal percepatan sentripetal, namun pada GMBB dikenal dua jenis percepatan, yaitu percepatan sentripetal dan percepatan tangensial. Percepatan sentripetal hanya merubah arah kecepatan, sedangkan percepatan tangensial mengubah besar kelajuan. Pada GMBB besar percepatan tangensial selalu konstan. Sehingga kelajuan linier benda bertambah secara teratur. Selain kelajuan liniernya berubah, pada GMBB kecepatan sudutnya juga berubah, Perubahan kecepatan sudut setiap detik inilah yang disebut dengan percepatan sudut.

Pada modul ini kita akan mempelajari gerak melingkar beraturan (GMB) dengan lebih detail. Untuk mempermudah mempelajari gerak melingkar beraturan (GMB), kita akan memulai dari besaran-besaran dan jenis jenis gerak arah melingkar.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini terbagi menjadi dua topik kegiatan belajar yang harus kalian tempuh, yaitu :

- Pertama** : Gerak melingkar beraturan
- Kedua** : Hubungan roda-roda pada gerak melingkar

Dalam mempelajari modul ini yang perlu kalian pahami :

1. Pelajari target kompetensi dasar (KD) yang akan dicapai
2. Pahami materi dalam modul ini dan kerjakan soal latihan
3. Kerjakan soal latihannya. Jika sudah lengkap mengerjakan soal latihan, cobalah buka kunci jawaban yang ada pada bagian akhir dari modul ini. Hitunglah skor yang kalian peroleh
4. Jika skor masih dibawah 70, cobalah baca kembali materinya, usahakan jangan mengerjakan ulang soal yang salah sebelum kalian membaca ulang materinya
5. Lakukan percobaan sederhana untuk mengamati karakteristik gerak lurus, dan kemudian susun laporannya untuk diserahkan pada guru kalian
6. Jika skor kalian sudah minimal tujuh puluh, kalian bisa melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi **2** kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Gerak Melingkar Beraturan

Kedua : Hubungan Roda-Roda pada Gerak Melingkar

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 GERAK MELINGKAR BERATURAN

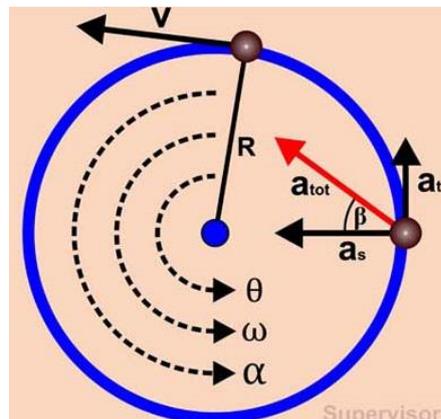
A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan kalian mampu:

1. Menjelaskan pengertian gerak melingkar ditinjau dari lintasan benda
2. Menganalisis besaran fisis pada gerak melingkar dengan laju konstan (tetap)
3. Menganalisis penerapan gerak melingkar beraturan dalam kehidupan sehari-hari

B. Uraian Materi

Gerak melingkar merupakan gerak suatu benda pada lintasan yang berbentuk lingkaran. Dalam gerak melingkar terdapat dua jenis besaran, yaitu **besaran sudut (*angular*)** dan **besaran linear (*tangensial*)**. Besaran sudut adalah besaran yang arah kerjanya melingkar atau membentuk sudut tertentu (untuk besaran vektor) sedangkan besaran linear atau tangensial adalah besaran yang arah kerjanya lurus (tidak membentuk sudut). Besaran sudut pada gerak melingkar meliputi periode, frekuensi, posisi sudut, kecepatan sudut dan percepatan sudut. Sedangkan besaran linear pada gerak melingkar adalah jari-jari, panjang lintasan, kecepatan linear, percepatan tangensial, percepatan sentripetal dan percepatan total. Gerak melingkar berdasarkan karakteristik kecepatan, dibedakan menjadi gerak melingkar beraturan (GMB) dan gerak melingkar berubah beraturan (GMBB). Berikut ini adalah rangkuman semua rumus besaran pada kinematika gerak melingkar.



Gambar 1 Besaran-besaran Gerak Melingkar
Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/kumpulan-rumus-kinematika-gerak-melingkar.html>

1. Gerak Melingkar Beraturan

Dalam kehidupan sehari-hari, sering kita menjumpai gerak suatu benda yang berputar (melingkar), misalnya gerakan jarum jam, gerakan baling-baling helicopter dan sebagainya.



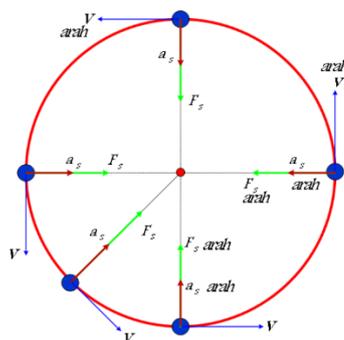
Gambar 2 Gambar Jam Dinding
Sumber: <http://dioilham.student.telkomuniversitv.ac.id>

Gambar 2 menunjukkan contoh gerakan melingkar sebuah jarum jam dinding, Gerak melingkar adalah gerak yang lintasannya berupa lingkaran.

Setiap hari kita juga sering melihat sepeda motor, mobil, pesawat atau kendaraan beroda lainnya. Apa yang terjadi seandainya kendaraan tersebut tidak mempunyai roda? Yang pasti kendaraan tersebut tidak akan bergerak. Sepeda motor atau mobil dapat berpindah tempat dengan mudah karena rodanya berputar, demikian juga pesawat terbang tidak akan lepas landas jika terjadi kerusakan fungsi roda. Putaran roda merupakan salah satu contoh gerak melingkar yang selalu kita temui dalam kehidupan sehari-hari.

Gerak Melingkar adalah gerak suatu benda dalam suatu lintasan melingkar dengan kecepatan tertentu. Contoh gerak melingkar dalam kehidupan sehari-hari, antara lain: gerak ujung baling-baling kipas angin, gerak mobil di tikungan jalan dan gerak bumi mengelilingi matahari.

Gerak Melingkar Beraturan merupakan gerak melingkar yang besar kecepatan sudutnya (ω) tetap terhadap waktu atau percepatannya sudutnya (α) sama dengan nol. Jika kecepatan linearnya tetap maka kecepatan angulernya (besar dan arah) juga bernilai tetap. Perhatikan gambar berikut ini!



Gambar 3 Gambar benda berGMB
Sumber: <https://bagibagiilmufisika.wordpress.com/2011/02/23/gerak-melingkar-beraturan/>

Perhatikan pula gambar dibawah ini. Gambar tersebut menunjukkan gerak baling-baling kipas angin yang sedang bergerak melingkar beraturan. Arah kecepatan linier benda pada suatu titik adalah searah dengan arah garis singgung lingkaran pada titik tersebut. Jadi, pada gerak melingkar beraturan, vector kecepatan linier adalah tidak tetap karena arahnya selalu berubah, sedangkan kelajuan linear tetap.



Gambar 4 Gambar Kincir Angin
Sumber: <http://www.gambaranimasi.org>

2. Besaran-Besaran Fisis Gerak Melingkar

2.1 Periode Dan Frekuensi

- **Periode** adalah waktu yang diperlukan suatu benda untuk melakukan satu putaran.

$$T = \frac{\text{waktu}}{\text{jumlah putaran}} \quad \text{atau} \quad T = \frac{t}{n}$$

- **Frekuensi** adalah jumlah putaran yang dilakukan benda dalam satuan waktu.

$$f = \frac{\text{jumlah putaran}}{\text{waktu}} \quad \text{atau} \quad f = \frac{n}{t}$$

- Dari kedua persamaan tersebut terdapat hubungan antara **periode** dan **frekuensi** :

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

Keterangan :

n = jumlah putaran
 t = waktu (sekon)
 T = Periode (sekon)
 f = frekuensi (Hertz atau Hz)

2.2 Perpindahan Sudut (θ)

Untuk memahami apa yang dimaksud perpindahan sudut, mari kita tinjau sebuah contoh gerak melingkar, misanya gerak roda kendaraan yang berputar. Ketika roda

berputar, tampak bahwa selain poros alias pusat roda, bagian lain dari roda selalu berpindah terhadap pusat roda sebagai kerangka acuan. Perpindahan pada gerak melingkar disebut **perpindahan sudut** ($\Delta\theta$).

Perpindahan sudut ($\Delta\theta$) adalah sudut yang disapu oleh sebuah garis radial mulai dari posisi awal garis θ hingga posisi akhir garis θ . Tentu saja, $\Delta\theta = \theta - \theta_0$. Arah perpindahan sudut adalah sebagai berikut :

1. $\Delta\theta > 0$ untuk putaran berlawanan arah jarum jam.
2. $\Delta\theta < 0$ untuk putaran searah jarum jam.

Satuan SI untuk $\Delta\theta$ adalah **rad**.

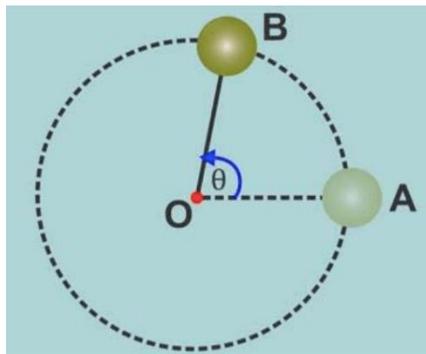
$$\theta \text{ (rad)} = 2 \pi \text{ rad}$$

Nilai konversi sudut yang ada pada perpindahan sudut adalah sbb :

$$1 \text{ putaran} = 360^\circ = 2 \pi \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{180}{\pi} \text{ derajat} = 57,3^\circ$$

Derajat, putaran, dan radian merupakan besaran-besaran yang **tidak memiliki dimensi**.



Gambar 5 Gambar Perpindahan Sudut pada GMB

Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/posisi-sudut-gerak-melingkar.html>

Posisi sudut adalah besarnya sudut yang menyatakan panjang lintasan suatu benda yang bergerak melingkar dalam selang waktu tertentu atau bisa dikatakan sudut tempuh benda yang bergerak melingkar.

Ada tiga cara mengukur perpindahan sudut $\Delta\theta$, yaitu :

- a. Mengukur $\Delta\theta$ dalam derajat ($^\circ$), dimana satu putaran penuh sama dengan 360° .
- b. Mengukur $\Delta\theta$ dalam putaran, dimana satu lingkaran penuh menyatakan satu putaran. sehingga $1 \text{ putaran} = 360^\circ$.
- c. Mengukur $\Delta\theta$ dalam radian.

Perhatikan gambar 2.1 diatas! Ketika benda bergerak dari A ke B menempuh sudut putar θ dan panjang lintasan s . Jika benda berputar satu putaran penuh maka benda tersebut telah menempuh sudut putaran sebesar 360° . Satuan θ dalam SI adalah radian (rad).

$$\theta = \frac{2\pi r}{r} \text{ rad} \Leftrightarrow \theta = 2\pi \text{ rad}$$

$$2\pi \text{ rad} = 360^\circ$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{360^\circ}{2 \times 3,14} = \frac{360^\circ}{6,28} = 57,3^\circ$$

Panjang lintasan yang ditempuh benda tersebut untuk satu lingkaran penuh sama dengan keliling lingkaran ($2\pi r$) dengan r adalah jari-jari lingkaran.

$$s = 2\pi r \text{ dan } \Delta\theta = 2\pi$$

$$\text{sehingga} \rightarrow s = \Delta\theta r$$

Hubungan perpindahan linear dengan perpindahan sudut

Hubungan antara perpindahan linear pada titik A yang menempuh lintasan lingkaran sejauh x dan perpindahan sudut θ (dalam satuan radian), dinyatakan sebagai berikut :

$$\theta = \frac{x}{r} \text{ atau } x = r\theta$$

Contoh Soal

Sebuah benda bergerak melingkar dengan jari-jari lingkaran yang dibentuknya 80 cm. Tentukan posisi sudut dalam satuan radian dan derajat jika benda tersebut menempuh lintasan dengan panjang busur 6 cm.

Penyelesaian:

Dalam radian

$$\theta = s/R$$

$$\theta = 6 \text{ cm}/80 \text{ cm}$$

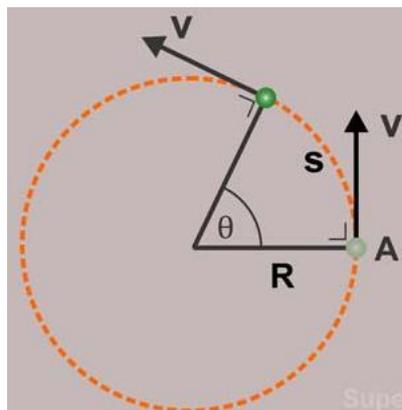
$$\theta = 0,075 \text{ rad}$$

Dalam derajat

$$\theta = (0,075)(57,3^\circ)$$

$$\theta = 4,30^\circ$$

2.3 Kecepatan Linear (Kecepatan Tangensial)



Gambar 6. Gambar Kecepatan Linear pada GMB
 Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/kecepatan-linear-gerak-melingkar.html>

Benda melakukan gerak melingkar beraturan dengan arah gerak berlawanan arah jarum jam dan berawal dari titik A. Selang waktu yang dibutuhkan benda untuk menempuh satu putaran adalah T . Pada satu putaran, benda telah menempuh lintasan linear sepanjang satu keliling lingkaran $2\pi r$, dengan r adalah jarak benda dengan pusat lingkaran (O) atau jari-jari lingkaran. Kecepatan linear (v) merupakan hasil bagi panjang lintasan linear yang ditempuh benda dengan selang waktu tempuhnya.

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

$$v = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow v = 2\pi r f$$

Keterangan :

s : keliling lingkaran
 v : Kecepatan linear (m/s)
 T : Perioda (sekon)
 f : frekuensi (Hertz atau Hz)

2.4 Kecepatan Sudut (Kecepatan Anguler)

Dalam selang waktu $\Delta\theta$, benda telah menempuh lintasan sepanjang busur AB, dan sudut sebesar $\Delta\theta$. Oleh karena itu, kecepatan sudut merupakan besar sudut yang ditempuh tiap satu satuan waktu. Satuan kecepatan sudut adalah rad/s. Selain itu, satuan lain yang sering digunakan untuk menentukan kecepatan pada sebuah mesin adalah *rpm*, singkatan dari *rotation per minutes* (rotasi per menit).

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

Keterangan :

ω : Kecepatan sudut (rad/s)
 2π : Satu putaran lingkaran
 v : Kecepatan linear (m/s)
 T : Perioda (sekon)
 f : frekuensi (Hertz atau Hz)

Hubungan kecepatan linear dengan kecepatan sudut :

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad \text{dan} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \omega r$$

Contoh Soal

Sebuah balok kecil berada di tepi meja putar yang berjari-jari 0,4 m. Mula-mula meja berputar dengan kecepatan sudut 20 rad/s. Karena mengalami percepatan maka kecepatan sudutnya berubah menjadi 50 rad/s setelah bergerak selama 15 s. Berapakah kecepatan linear awal dan akhir balok tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui:

$R = 0,4 \text{ m}$

$\omega_0 = 20 \text{ rad/s}$

$$\omega = 50 \text{ rad/s}$$

$$t = 15 \text{ s.}$$

Ditanya: kecepatan linear awal (v_0) dan kecepatan linear akhir (v)

$$v_0 = \omega_0 \times R$$

$$v = \omega \times R$$

$$v_0 = 20 \times 0,4$$

$$v = 50 \times 0,4$$

$$v_0 = 8 \text{ m/s}$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

2.5 Percepatan Sudut (α)

Benda yang bergerak melingkar memiliki kecepatan sudut ω , apabila kecepatan sudut semakin semakin besar maka benda akan mengalami percepatan sudut (α). Sehingga percepatan sudut didefinisikan sebagai perubahan kecepatan sudut tiap satuan waktu.

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

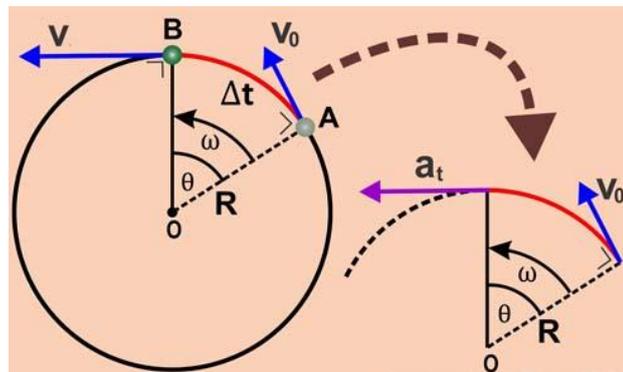
$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1}$$

Keterangan :

α : percepatan sudut (rad/s^2)

ω : kecepatan sudut (rad/s)

t : selang waktu (sekon)



Gambar 7. Gambar Percepatan Linear pada GMB

Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/percepatan-linear-gerak-melingkar.html>

Besar kecepatan linear pada gerak melingkar beraturan adalah nol. Namun, arah kecepatan linear berubah setiap waktu. Perubahan arah ini menyebabkan adanya selisih kecepatan linear. Selisih kecepatan dalam selang waktu tertentu selalu menuju pusat lingkaran. Selisih atau perubahan arah kecepatan linear pada selang waktu tertentu menyebabkan adanya percepatan yang arahnya selalu menuju pusat lingkaran yang disebut dengan **percepatan sentripetal** (a_s).

$$a_s = \frac{v^2}{r} \text{ dengan } v = \omega r$$

$$a_s = \omega^2 r \text{ karena } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$a_s = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

Adapun gaya sentripetal merupakan perkalian antara massa benda dan percepatan sentripetal benda atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_s = m \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot R = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r \cdot f}{T^2}$$

Keterangan :

v : Kecepatan linear (m/s)

T : Periode (sekon)

f : frekuensi (Hertz atau Hz)

a : percepatan sudut (rad/s^2)

ω : kecepatan sudut (rad/s)

a_s : percepatan sentripetal (m/s^2)

Contoh Soal

Sebuah titik berada di tepi sebuah CD yang berjari-jari 4 cm. CD tersebut berputar di dalam CD *Player* dengan kecepatan sudut 3 rad/s. Tentukan percepatan sentripetal pada titik tersebut!

Penyelesaian:

Diketahui :

$$R = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$$

$$\omega = 3 \text{ rad/s}$$

maka dengan menggunakan persamaan 10, percepatan sentripetal titik tersebut adalah:

$$a_s = \omega^2 R$$

$$a_s = 3^2 \times 0,04$$

$$a_s = 0,36 \text{ m/s}^2 \text{ atau } 36 \text{ cm/s}^2$$

2.6 Percepatan Tangensial

Percepatan tangensial adalah perubahan kecepatan tangensial dalam selang waktu tertentu dimana arah percepatan tangensial selalu menyinggung lintasan putarnya. Jika percepatan tangensial searah dengan kecepatan tangensial maka benda mengalami percepatan begitupun sebaliknya, jika berlawanan arah maka benda mengalami perlambatan. Rumus percepatan tangensial adalah sebagai berikut.

adalah sebagai berikut.

$$a_t = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a_t = \alpha R$$

Keterangan:

- a_t = Percepatan tangensial (m/s^2)
 v = Kecepatan tangensial pada saat t (m/s)
 v_0 = Kecepatan tangensial awal (m/s)
 Δv = Perubahan kecepatan tangensial (m/s)
 Δt = Selang waktu (s)
 α = Percepatan sudut (rad/s^2)
 R = Jari-jari lintasan (m)

Contoh Soal

Sebuah benda mula-mula diam, kemudian setelah 5 sekon benda tersebut bergerak melingkar dengan kecepatan tangensial sebesar 25 cm/s. Jika diameter lintasan benda adalah 10 cm, tentukan percepatan tangensial benda tersebut!

Penyelesaian

Diketahui:

$$v_0 = 0 \text{ (benda diam)}$$

$$v = 25 \text{ cm/s} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 5 \text{ s}$$

$$R = \frac{1}{2} \times \text{diameter} = \frac{1}{2} \times 10 \text{ cm} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

Ditanya: percepatan tangensial (a_t)

$$a_t = \Delta v / \Delta t$$

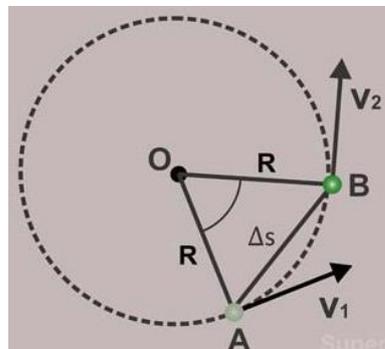
$$a_t = (v - v_0) / \Delta t$$

$$a_t = (0,25 - 0) / 5$$

$$a_t = 0,05 \text{ m/s}$$

jadi percepatan tangensial benda tersebut adalah 0,05 m/s atau 5 cm/s.

2.7 Hubungan Antara Kecepatan Tangensial Dengan Kecepatan Sudut



Gambar 8. Gambar hubungan antara kecepatan tangensial dan kecepatan sudut
 Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/kecepatan-linear-gerak-melingkar.html>

Besarnya kecepatan linear (v) benda yang menempuh lintasan lingkaran sejauh Δs dalam suatu waktu dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \text{persamaan 1}$$

Dengan mensubstitusikan $\Delta s = r \Delta\theta$, maka persamaan di atas menjadi:

$$v = \frac{r \Delta\theta}{\Delta t}$$

$$v = r \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right)$$

$$v = r \omega$$

Keterangan:

v : kecepatan sudut

r : jari-jari lingkaran (lintasan)

ω : kecepatan sudut

Dari persamaan di atas tampak bahwa **semakin besar nilai r (semakin jauh suatu titik dari pusat lingkaran)**, maka **semakin besar kecepatan linearnya dan semakin kecil kecepatan sudutnya**.

2.8 Hubungan antara Percepatan Tangensial dengan Percepatan Sudut

Besarnya *percepatan tangensial* untuk perubahan kecepatan linear selama selang waktu tertentu dapat kita nyatakan dengan persamaan:

$$\alpha_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Dengan mensubstitusikan $\Delta v = r \Delta\omega$, maka persamaan di atas menjadi:

$$\alpha_t = \frac{r \Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\alpha_t = r \left(\frac{\Delta\omega}{\Delta t} \right)$$

$$\alpha_t = r \alpha$$

Dimana:

α_t : percepatan tangensial

r : jari-jari lingkaran (lintasan)

α : percepatan sudut

Berdasarkan persamaan ini, tampak bahwa **semakin jauh suatu titik dari pusat lingkaran maka semakin besar percepatan tangensialnya dan semakin kecil percepatan sudut**.

Contoh Soal

Sebuah balok kecil berada di tepi meja putar yang berjari-jari 0,4 m. Mula-mula meja berputar dengan kecepatan sudut 20 rad/s. Karena mengalami percepatan maka kecepatan

sudutnya berubah menjadi 50 rad/s setelah bergerak selama 15 s. Berapakah percepatan tangensial balok tersebut?

Penyelesaian:

Untuk menghitung percepatan tangensial, kita harus mengetahui dahulu nilai percepatan angular dari balok tersebut yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\alpha = (\omega - \omega_0) / \Delta t$$

$$\alpha = (50 - 20) / 15$$

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

maka besar percepatan tangensial yang dialami balok adalah sebagai berikut:

$$a_t = \alpha R$$

$$a_t = 2 \times 0,4 = 0,8 \text{ m/s}^2$$

2.9 Hubungan Besaran Gerak Lurus dengan Gerak Melingkar

Persamaan hubungan besaran gerak lurus dengan besaran gerak melingkar dapat dituliskan dalam tabel berikut.

| Gerak Lurus | | Gerak Melingkar | | Hubungan antara Gerak Lurus dan Gerak Melingkar |
|-----------------|-----------|-----------------|----------------|---|
| Besaran | Satuan SI | Besaran | Satuan SI | |
| x (jarak) | m | θ | rad (radian) | $x = r \theta$ |
| v (kecepatan) | m/s | ω | rad/s | $v = r \omega$ |
| a_t | m/s^2 | α | rad/s^2 | $a_t = r \alpha$ |

C. Rangkuman

1. Gerak melingkar adalah benda yang bergerak pada lintasan lingkaran.
2. Sudut yang dibentuk sebuah benda yang bergerak melingkar θ dalam satuan radian, 1 putaran = $3600 = 2\pi$ rad, 1 rad = $3600/2\pi = 57,30$ atau $10 = 0,01745$ rad
3. Periode adalah selang waktu yang diperhatikan oleh suatu benda untuk menempuh satu putaran lengkap
4. Frekuensi adalah banyaknya putaran yang dapat dilakukan oleh suatu benda dalam selang waktu 1 sekon.
5. Persamaan periode dan frekuensi adalah

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

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

6. Kelajuan linier atau kelajuan tangensial adalah hasil bagi antara panjang lintasan linier yang ditempuh benda dengan selang waktu tempuhnya dengan persamaan

$$v = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow v = 2\pi r f$$

7. Kecepatan sudut adalah hasil bagi sudut pusat yang ditempuh benda dengan selang waktu tempuhnya dengan persamaan

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

8. Hubungan antara kelajuan linier dan kecepatan sudut dapat dituliskan sebagai berikut

$$v = r \omega$$

9. Percepatan sentripetal merupakan percepatan yang dimiliki oleh benda yang bergerak melingkar yang arahnya ke pusat putaran

$$a_s = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

10. Percepatan tangensial adalah perubahan kecepatan tangensial dalam selang waktu tertentu dimana arah percepatan tangensial selalu menyinggung lintasan putarnya.

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a_t = \alpha R$$

D. Penugasan Mandiri

Lakukan Percobaan Menganalisis Hubungan **Gerak Lurus dengan Gerak Melingkar**, berikut ini!

Tujuan

Menganalisis hubungan antara gerak lurus dengan gerak melingkar

Alat dan Bahan

- Roda
- Spidol
- Meteran
- Stopwatch

Prosedur Kerja

- Siapkan roda untuk dijalankan. Ukur jari-jari dan tandai untuk dijadikan titik start dengan spidol.
- Siapkan stopwatch, kemudian jalankan roda sampai 5 kali putaran. Catat waktu yang diperlukan.
- Ukur panjang lintasan yang dilalui roda.
- Hitunglah sudut tempuh roda.
- Hitunglah periode dan frekuensi roda.

Data Hasil Percobaan

| Besaran | Hasil Pengukuran |
|----------------------------|------------------|
| Jari-Jari (r) | |
| Panjang Lintasan (S) | |
| Sudut Putaran (θ) | |
| Waktu Total (t) | |

Analisis Data

Berdasarkan data percobaan, lengkapi table analisis data berikut ini.

Besaran Gerak Lurus

| Panjang Lintasan (s) | Waktu total (t) | Kelajuan Linear (v) |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|
| | | |

Besaran Gerak Melingkar

| Jari-Jari (r) | Keliling roda (K) | 5 Kali keliling roda |
|-------------------|-----------------------|----------------------|
| | | |

| Waktu total (t) | Periode (T) | Sudut tempuh (θ) | Kelajuan sudut (ω) |
|-----------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | | |

Dari table analisis data di atas:

1. Berapakah hasil bagi antara jarak tempuh dengan sudut tempuh?
.....
2. Berapakah hasil bagi antara kelajuan linear (v) dengan kelajuan sudut (ω)?
.....
3. Berapa frekuensi gerak roda?
.....
4. Berapa hasil bagi antara kelajuan sudut dengan frekuensi?
.....
5. Berapa kesalahan relative setiap pengukuran yang dilakukan?
.....

Kesimpulan

1. Hubungan antara jarak tempuh dengan sudut tempuh dapat ditulis dengan persamaan:
.....
2. Hubungan antara kecepatan sudut dengan kecepatan linear dapat ditulis dengan persamaan:
.....
3. Hubungan antara kecepatan sudut dengan frekuensi dan periode dapat ditulis dengan persamaan:
.....

E. Latihan Soal

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Sebuah partikel bergerak melingkar beraturan dengan posisi sudut awal 5 rad. Jika partikel bergerak dengan kecepatan sudut 10 rad/s, tentukanlah posisi sudut akhir pada saat $t = 5$ s.
2. Sebuah benda bergerak melingkar dan selama 60 sekon benda berputar sebanyak 5 kali. Hitunglah periode dan frekuensi benda tersebut!
3. Bakri memacu sepeda motornya pada lintasan yang berbentuk lingkaran dalam waktu 1 jam. Dalam waktu tersebut, Bakri telah melakukan 120 putaran. Tentukan periode, frekuensi, kecepatan linear dan kecepatan sudut Bakri jika lintasan tersebut memiliki diameter 800 m!
4. Sebuah partikel bergerak melingkar pada lintasan berdiameter 7 meter, jika partikel tersebut menempuh $\frac{2}{3}$ bagian lintasan lingkaran tersebut, tentukan:
 - a. Panjang lintasan yang ditempuh oleh partikel
 - b. Perpindahan sudut dalam radian, putaran dan derajat
5. Bambang mengendarai sepeda motor melewati sebuah tikungan lingkaran yang berjari-jari 20 m saat akan pergi ke sekolah. Jika kecepatan motor Bambang 10 m/s, maka tentukan percepatan Bambang yang menuju ke pusat lintasan!
6. Dua buah roda sebuah sepeda motor mempunyai jari-jari 20 cm. Sepeda motor tersebut bergerak dengan kelajuan 90 km/jam.
 - a. Berapakah percepatan sudut roda sepeda motor tersebut?
 - b. Berapakah kelajuannya, jika roda diganti roda lain yang berdiameter 80 cm?
7. Sebuah mobil bergerak dengan kelajuan linear 10 m/s pada suatu jalan menikung berupa busur lingkaran. Jika jari-jari busur lingkaran dari jalan tersebut 20 m, tentukan percepatan sentripetal mobil!
8. Sebuah benda bergerak melingkar beraturan. Ketika $t = 0$ s posisi sudutnya 4 rad. Setelah 5 detik posisi sudutnya menjadi 20 rad. Tentukan:
 - a. Kecepatan sudutnya
 - b. Percepatan sentripetalnya jika diketahui jari-jari lingkaran 5 cm.

Pembahasan Latihan Soal

1. Penyelesaian

Diketahui: $\theta_0 = 5 \text{ rad}$, $\omega = 10 \text{ rad/s}$, dan $t = 5 \text{ s}$.

$$r_\theta = \theta_0 + \omega t = 5 \text{ rad} + 10 \text{ rad/s} \cdot 5 \text{ s}$$

$$r_\theta = 55 \text{ rad}$$

Jadi, posisi sudut akhir partikel adalah 55 rad.

2. Penyelesaian:

• **Periode**

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

$$T = \frac{60 \text{ s}}{5} = 12 \text{ s}$$

• **Frekuensi**

$$f = \frac{n}{t} = \frac{5}{60 \text{ s}} = \frac{1}{12} \text{ Hz}$$

3. Diketahui : $d = 800 \text{ m}$ $r = 400 \text{ m}$

$$t = 1 \text{ jam} = 3600 \text{ s}$$

$$n = 120 \text{ putaran}$$

Ditanyakan : a. $T = \dots?$

b. $f = \dots?$

c. $v = \dots?$

d. $\omega = \dots?$

Jawab :

a. $T = \frac{t}{n} = \frac{3600}{120} = 30 \text{ s}$

b. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{30} \text{ Hz}$

c. $v = 2\pi r f = 2\pi \times 400 \times (1/30) = 26,7 \text{ m/s}$

d. $\omega = 2\pi f = 2\pi \times (1/30) = 0,0167 \text{ rad/s}$.

4. Penyelesaian:

a. $x = \frac{2}{3} \times \text{keliling lingkaran}$

$$x = \frac{2}{3} \times 2\pi r$$

$$x = \frac{2}{3} \times 2 \left(\frac{22}{7}\right) (3,5 \text{ m})$$

$$x = 14,66 \text{ m}$$

panjang lintasan yang ditempuh oleh partikel adalah 14,66 m.

b. $\theta = \frac{x}{r} \text{ radian}$ Karena $x = 14,66 \text{ m}$ dan $r = 3,5 \text{ m}$, maka:

$$\theta = \frac{14,66 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} \text{ radian}$$

$$\theta = 4,19 \text{ radian}$$

 $2\pi \text{ radian} = 1 \text{ putaran}$, maka:

$$\theta = \frac{4,19}{2(3,14)} \text{ putaran}$$

$$\theta = 0,67 \text{ putaran atau } \frac{2}{3} \text{ putaran}$$

Karena $1 \text{ radian} = 57,3^\circ$, maka:

$$\theta = 4,19 \times 57,3^\circ$$

$$\theta = 240,09^\circ \approx \mathbf{240^\circ}$$

Jadi, perpindahan sudut partikel adalah 4,19 radian, $\frac{2}{3}$ putaran dan 240°.

5. Diketahui : $r = 20 \text{ m}$

$$b.v = 10 \text{ m/s}$$

Ditanyakan : $a_s = \dots?$

$$\text{Jawab : } a_s = \frac{v^2}{r} = \frac{(10)^2}{20} = 5 \text{ m/s}$$

6. Penyelesaian:

Dalam kasus ini ditinjau dari satu roda saja.

$$a. \text{ Jari-jari roda} \quad : R_1 = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Kelajuan linier} : v_1 = 90 \text{ km/jam} = 25 \text{ m/s}$$

$$\text{percepatan sudut} \quad : a_1 = \frac{v_1}{R_1} = \frac{25}{0,2} = 125 \text{ rad/s}^2$$

$$b. \text{ Jari-jari roda diganti} \quad : R_2 = 2 d = 2 \text{ cm} \quad 80 = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{dengan kecepatan sudut yang sama} \quad : a_1 = a_2 = 125 \text{ Rad/s}$$

$$\text{kelajuan linier} : v_2 = 2 \omega \cdot R_2 = (125 \text{ rad/s})(0,4 \text{ m}) = 50 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 50 \times \frac{\frac{1}{1.000} \text{ km}}{\frac{1}{3.600} \text{ jam}}$$

$$= 50 \times \frac{3.600 \text{ km}}{1.000 \text{ jam}}$$

$$= 180 \text{ km/jam}$$

7. Penyelesaian:

$$\text{Diket} \quad : v = 10 \text{ m/s}$$

$$r = 20 \text{ m}$$

ditanya : $a_s ?$

jawab :

$$a_s = \frac{v^2}{r} = \frac{10^2}{20} = 5 \text{ m/s}^2$$

8. Penyelesaian:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - \theta_0}{t - t_0} = \frac{20 - 4}{5 - 0} = \frac{16}{5} = 3,2 \text{ rad/s}$$

$$a_s = \omega^2 r = (3,2)^2 \cdot 0,05 = 0,51 \text{ m/s}^2$$

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

| No. | Pertanyaan | Jawaban | |
|-----|--|---------|-------|
| 01. | Saya mampu menyebutkan definisi dan contoh gerak melingkar dalam kehidupan sehari-hari | Ya | Tidak |
| 02. | Saya mampu menentukan periode dan frekuensi gerak melingkar | Ya | Tidak |
| 03. | Saya mampu menentukan kecepatan linear dan kecepatan sudut gerak melingkar | Ya | Tidak |
| 04. | Saya mampu menentukan percepatan sentripetal dan gaya sentripetal | Ya | Tidak |
| 05. | Saya mampu menentukan percepatan tangensial gerak melingkar | Ya | Tidak |
| 06. | Saya mampu menganalisis hubungan antara gerak lurus dengan gerak melingkar | Ya | Tidak |

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 HUBUNGAN RODA-RODA

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 2 ini diharapkan kalian mampu:

1. Menganalisis hubungan roda-roda sepusat
2. Menganalisis hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan rantai
3. Menganalisis hubungan roda-roda yang bersinggungan

B. Uraian Materi

Hubungan Roda-Roda

Apakah kalian memiliki sepeda ontel di rumah? Jika memiliki, coba kalian amati sistem gerak pada sepeda ontel tersebut. Bagi yang tidak punya sepeda ontel di rumah, kalian bisa amati gambar sepeda di atas. Sebuah sepeda ontel memiliki 3 komponen gerak utama yang berbentuk bundar yaitu roda, gir depan dan gir belakang. Ketiga komponen gerak tersebut saling berhubungan membentuk sistem dan dinamakan hubungan roda-roda.

Lalu bagaimanakah cara kerja sepeda ontel tersebut?



Gambar 9. Gambar hubungan roda-roda pada sepeda ontel
Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/hubungan-roda-roda-gerak-melingkar.html>

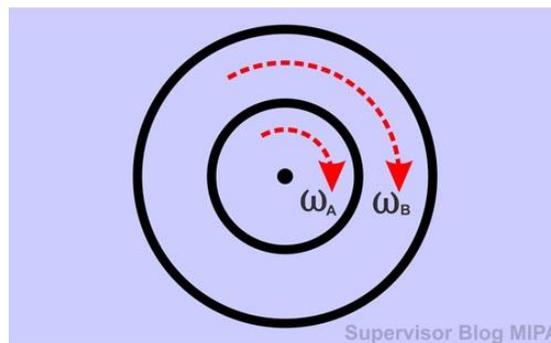
Sepeda ontel akan bergerak maju jika kita genjot pedal ke depan. Genjotan pada pedal sepeda tersebut memutar gir depan. Gir depan dihubungkan dengan gir belakang menggunakan rantai menyebabkan sepeda dapat bergerak. Jika kalian amati lagi gambar di atas, antara gir depan dan gir belakang dihubungkan menggunakan rantai. Sementara itu, gir belakang dan roda belakang mempunyai satu pusat atau berada pada satu as.

Dengan demikian, pada sistem gerak sepeda ontel terdapat dua hubungan yang berbeda. Hubungan pertama adalah antara gir belakang dengan roda yang berada pada satu pusat atau as dan dinamakan **hubungan roda-roda sepusat (seporos)**. Sedangkan hubungan yang kedua adalah antara gir belakang dengan gir depan yang dihubungkan

dengan tali (rantai), hubungan ini dinamakan **hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan sabuk atau rantai**.

Selain dua hubungan roda tersebut, terdapat satu hubungan lagi, yaitu **hubungan roda-roda yang bersinggungan**. Lalu bagaimanakah persamaan matematis dari hubungan roda-roda tersebut? Setiap jenis hubungan memiliki rumus yang berbeda-beda oleh karena itu, untuk memahami persamaan gerak pada hubungan roda-roda dalam gerak melingkar, silahkan kalian simak penjelasan berikut ini.

1. Hubungan Roda-Roda Sepusat



Gambar 10. Gambar hubungan roda-roda sepusat

Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/hubungan-roda-roda-gerak-melingkar.html>

Gambar di atas adalah contoh ilustrasi hubungan roda-roda satu poros atau satu pusat seperti hubungan roda pada gir belakang dengan roda belakang sepeda ontel. Jadi anggap saja dua lingkaran di atas adalah gir dan roda sepeda. Pada saat sepeda bergerak maju, roda belakang berputar searah jarum jam. Demikian pula dengan gir belakang.

Setelah selang waktu tertentu, gir belakang dan roda menempuh posisi sudut yang sama. Ini berarti, kecepatan sudut gir belakang dan roda belakang adalah sama. Jadi, pada roda-roda yang sepusat berlaku rumus atau persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \omega_A &= \omega_B \\ \frac{v_A}{R_A} &= \frac{v_B}{R_B} \\ \frac{v_A}{v_B} &= \frac{R_A}{R_B} \\ \frac{v_B}{v_A} &= \frac{R_B}{R_A} \end{aligned}$$

Keterangan:

ω = kecepatan sudut (rad/s)

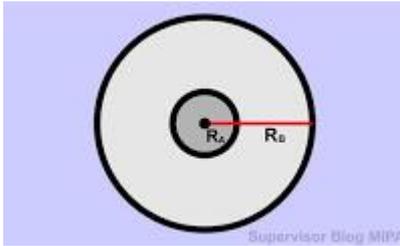
v = kecepatan linear (m/s)

R = jari-jari (m)

Contoh Soal

Dua buah roda A dan B yang berada pada satu poros memiliki jari-jari 2 cm dan 8 cm, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini. Jika kecepatan linear roda A adalah 6 m/s, tentukan:

- kecepatan sudut roda A
- kecepatan linear dan kecepatan sudut roda B



Penyelesaian:

$$R_A = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$R_B = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$$

$$v_A = 6 \text{ m/s}$$

Ditanya: ω_A , v_B dan ω_B

a) kecepatan sudut roda A dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\omega_A = v_A/R_A$$

$$\omega_A = 6/0,02$$

$$\omega_A = 300 \text{ rad/s}$$

b) roda A dan B adalah roda-roda sepusat, sehingga berlaku persamaan berikut:

$$\omega_B = \omega_A$$

$$\omega_B = 300 \text{ rad/s}$$

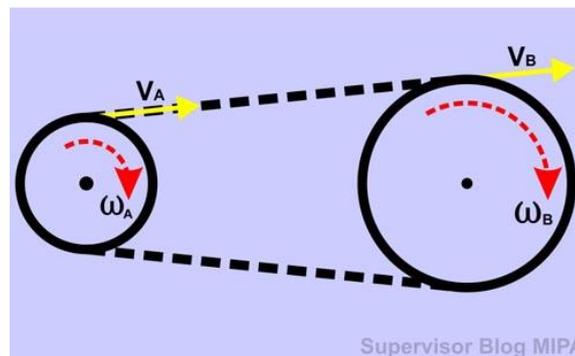
kecepatan linear dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_B = \omega_B \times R \text{ (rumus hubungan besaran sudut dengan linear)}$$

$$v_B = 300 \times 0,08$$

$$v_B = 24 \text{ m/s}$$

2. Hubungan Roda-Roda yang Dihubungkan dengan Rantai



Gambar 11. Gambar hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan rantai
 Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/hubungan-roda-roda-gerak-melingkar.html>

Gambar di atas adalah contoh ilustrasi hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan sabuk atau rantai seperti hubungan roda pada gir belakang dengan gir depan sepeda ontel. Jadi anggap saja dua lingkaran di atas adalah gir belakang dan gir depan sepeda. Ketika

sepeda bergerak maju, gir depan dan gir belakang akan berputar searah jarum jam. Sehingga dapat dikatakan arah kecepatan sudut kedua gir adalah sama.

Dari pengertian kecepatan linear, kalian tahu bahwa arah kecepatan linear selalu menyinggung lingkaran. Rantai atau tali yang digunakan untuk menghubungkan gir belakang dan gir depan, dipasang pada sebelah luar setiap gir. Pada saat bergerak, kecepatan rantai atau tali menyinggung bagian luar gir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa arah dan besar kecepatan linear (tangensial) pada dua roda yang dihubungkan dengan tali atau rantai adalah sama. Sehingga berlaku persamaan sebagai berikut:

$$v_A = v_B$$

$$\omega_A R_A = \omega_B R_B$$

Keterangan:

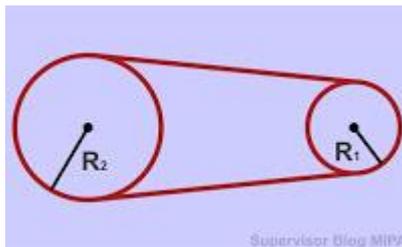
ω = kecepatan sudut (rad/s)

v = kecepatan linear (m/s)

R = jari-jari (m)

Contoh Soal

Dua buah roda dihubungkan dengan rantai. Roda yang lebih kecil dengan jari-jari 8 cm diputar pada 100 rad/s. Jika jari-jari roda yang lebih besar adalah 15 cm, berapakah kecepatan linear kedua roda tersebut? Dan berapa juga kecepatan sudut roda yang lebih besar?



Penyelesaian

$$R_1 = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$$

$$R_2 = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\omega_1 = 100 \text{ rad/s}$$

Ditanya: kecepatan linear roda 1 dan 2

Dua roda yang dihubungkan dengan tali atau sabuk memiliki kecepatan linear yang sama besar. Jadi kecepatan linear kedua roda tersebut adalah $v_1 = v_2$

Kecepatan linear roda 1

$$v_1 = \omega_1 \times R_1$$

$$v_1 = 100 \times 0,08$$

$$v_1 = 8 \text{ m/s}$$

Kecepatan linear roda 2

$$v_2 = v_1$$

$$v_2 = 8 \text{ m/s}$$

Kecepatan sudut roda 2

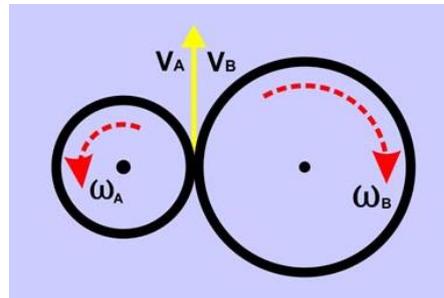
$$v_2 = \omega_2 \times R_2$$

$$\omega_2 = v_2 / R_2$$

$$\omega_2 = 8 / 0,15$$

$$\omega_2 = 53,33 \text{ rad/s}$$

3. Hubungan Roda-Roda yang Bersinggungan



Gambar 12. Gambar hubungan roda-roda yang bersinggungan
 Sumber: <https://www.fisikabc.com/2017/06/hubungan-roda-roda-gerak-melingkar.html>

Hubungan roda-roda yang bersinggungan dapat kalian jumpai pada mesin jam analog, dimana mesin jam tersebut menggunakan roda-roda bergerigi yang saling bersinggungan satu sama lain. Jika kalian tidak percaya, silahkan kalian bongkar jam dinding atau jam tangan analog kalian. Gambar di atas adalah contoh ilustrasi dua roda yang bersinggungan. Jika roda yang lebih besar berputar searah jarum jam, maka roda yang lebih kecil akan berputar berlawanan arah jarum jam sehingga dapat dikatakan arah kecepatan sudut pada dua roda yang bersinggungan adalah berlawanan. Akan tetapi, pada titik persinggungan, besar kecepatan linear kedua roda adalah sama. Sedangkan kecepatan sudutnya akan berbeda, bergantung pada jari-jari masing-masing roda atau jumlah gir yang dimilikinya. Jadi pada dua roda yang saling bersinggungan berlaku persamaan berikut:

$$v_A = v_B$$

$$\omega_A R_A = \omega_B R_B$$

Keterangan:

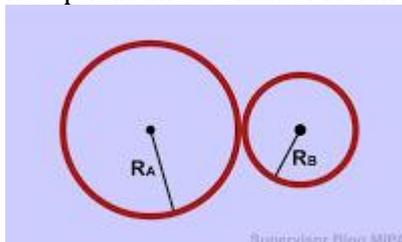
ω = kecepatan sudut (rad/s)

v = kecepatan linear (m/s)

R = jari-jari (m)

Contoh Soal

Dua buah silinder bersinggungan satu sama lain seperti pada gambar di bawah ini. Diketahui jari-jari dari masing-masing silinder sebesar $R_A = 50$ cm dan $R_B = 30$ cm. Kemudian silinder B dihubungkan pada mesin penggerak sehingga dapat berputar dengan kecepatan sudut tetap 5 rad/s. Jika kedua silinder dapat berputar tanpa slip, tentukan kecepatan linear silinder A dan B serta kecepatan sudut silinder A!



Penyelesaian

$$R_A = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$R_B = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\omega_B = 5 \text{ rad/s}$$

Ditanya: kecepatan linear silinder A dan B serta kecepatan sudut silinder A

Dua roda dalam hal ini silinder yang saling bersinggungan memiliki kecepatan linear yang sama besar. Jadi kecepatan linear kedua silinder tersebut adalah $v_B = v_A$

Kecepatan linear silinder B

$$v_B = \omega_B \times R_B$$

$$v_B = 5 \times 0,3$$

$$v_B = 1,5 \text{ m/s}$$

Kecepatan linear silinder A

$$v_A = v_B$$

$$v_A = 1,5 \text{ m/s}$$

Kecepatan sudut silinder A

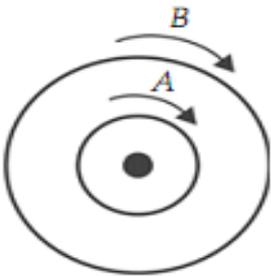
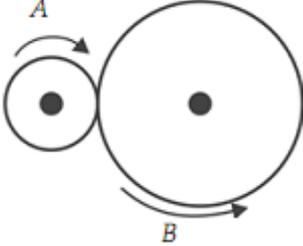
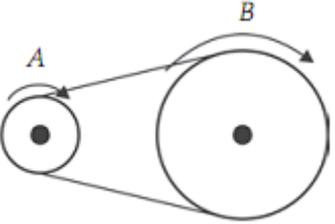
$$v_A = \omega_A \times R_A$$

$$\omega_A = v_A / R_A$$

$$\omega_A = 1,5 / 0,5$$

$$\omega_A = 3 \text{ rad/s}$$

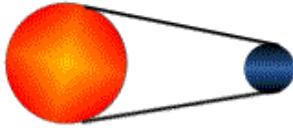
C. Rangkuman

| No | Jenis Hubungan | Gambar | Arah putar dan persamaan |
|----|--------------------------|---|--|
| 1. | Seporos |  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Arah putar roda A searah dengan roda B ✓ Kecepatan sudut : $\omega_A = \omega_B$ ✓ Kecepatan linear : $\frac{V_A}{R_A} = \frac{V_B}{R_B}$ |
| 2. | Bersinggungan |  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Arah putar roda A berlawanan arah dengan arah putar roda B ✓ Kecepatan linear : $V_A = V_B$ ✓ Kecepatan sudut : $\omega_A R_A = \omega_B R_B$ <p>Dimana : R_A : Jumlah gigi pada roda A R_B : Jumlah gigi pada roda B</p> |
| 3. | Dengan sabuk atau rantai |  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Arah putar roda A searah dengan roda B ✓ Kelajuan linear roda A dan B sama ✓ Kecepatan linear : $V_A = V_B$ ✓ Kecepatan sudut : $\omega_A R_A = \omega_B R_B$ |

D. Latihan Soal

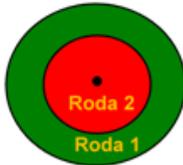
Jawablah soal berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Dua buah roda berputar dihubungkan seperti gambar berikut!



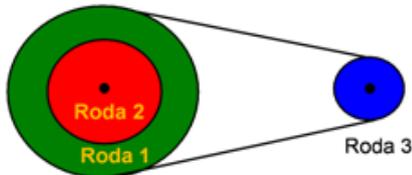
Jika jari jari roda pertama adalah 20 cm, jari-jari roda kedua adalah 10 cm dan kecepatan sudut roda pertama adalah 50 rad/s, tentukan kecepatan sudut roda kedua!

2. Dua buah roda berputar dihubungkan seperti gambar berikut!



Jika kecepatan roda pertama adalah 20 m/s jari-jari roda pertama dan kedua masing-masing 20 cm dan 10 cm, tentukan kecepatan roda kedua!

3. Tiga buah roda berputar dihubungkan seperti gambar berikut!



Data ketiga roda :

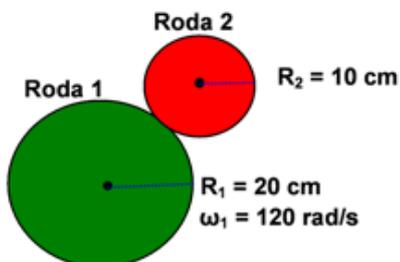
$$r_1 = 20 \text{ cm}$$

$$r_2 = 10 \text{ cm}$$

$$r_3 = 5 \text{ cm}$$

Jika kecepatan sudut roda pertama adalah 100 rad/s, tentukan kecepatan sudut roda ketiga!

4. Berdasarkan gambar berikut, tentukan kecepatan sudut roda kedua!



Pembahasan Latihan Soal

Pembahasan soal no 1

Data :

$$r_1 = 20 \text{ cm}$$

$$r_2 = 10 \text{ cm}$$

$$\omega_1 = 50 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = \dots?$$

Dua roda dengan hubungan seperti soal diatas akan memiliki kecepatan (v) yang sama :

$$v_1 = v_2$$

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

$$(50)(20) = \omega_2 (10)$$

$$\omega_2 = 100 \text{ rad/s}$$

Pembahasan soal no 2

Kecepatan sudut untuk hubungan dua roda seperti soal adalah sama:

$$\omega_1 = \omega_2$$

$$v_1/r_1 = v_2/r_2$$

$$20/20 = v_2/10$$

$$V_2 = 10 \text{ ms}$$

Pembahasan soal no 3

$$\omega_1 = \omega_2 = 100 \text{ rads}^2$$

$$v_1 = v_3$$

$$\omega_1 r_1 = \omega_3 r_3$$

$$(100)(20) = \omega_3 (5)$$

$$\omega_3 = 400 \text{ rad/s}$$

Pembahasan soal no 4

$$v_1 = v_2$$

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

$$(120)(20) = \omega_2 (10)$$

$$\omega_2 = 240 \text{ rad/s}$$

E. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

| No. | Pertanyaan | Jawaban | |
|-----|---|---------|-------|
| 01. | Saya dapat menganalisis sistem gerak melingkar beraturan pada hubungan antar roda sepusat | Ya | Tidak |
| 02. | Saya dapat menganalisis sistem gerak melingkar beraturan pada hubungan antar roda dihubungkan dengan rantai | Ya | Tidak |
| 03. | Saya dapat menganalisis sistem gerak melingkar beraturan pada hubungan antar roda yang bersinggungan | Ya | Tidak |

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

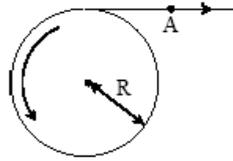
EVALUASI

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar:

1. Jika sebuah roda katrol berputar 60 putaran tiap dua menit, maka frekuensi dan kecepatan sudut roda adalah
 - A. 0,5 Hz dan 6,28 rad/s
 - B. 0,5 Hz dan 3,14 rad/s
 - C. 0,8 Hz dan 6,28 rad/s
 - D. 0,8 Hz dan 3,14 rad/s
 - E. 1 Hz dan 3,14 rad/s
2. Arus sungai dengan kelajuan 18,94 m/s digunakan untuk memutar kincir air. Diameter kincir air tersebut adalah 120 cm. Dalam 1 menit, kincir air akan berputar sebanyak ... kali.
 - A. 108,1
 - B. 201,8
 - C. 301,6
 - D. 310,6
 - E. 312,6
3. Sebuah roda berdiameter 1 m melakukan 120 putaran per menit. Kecepatan linier suatu titik pada roda tersebut adalah ...
 - A. $\frac{1}{2} \pi$ m/s
 - B. π m/s
 - C. 2π m/s
 - D. 4π m/s
 - E. 6π m/s
4. Sebuah titik bergerak melingkar beraturan dengan jari-jari lingkaran 50 cm dan melakukan 12 putaran dalam 6 menit. Frekuensi dan kecepatan linear titik tersebut adalah
 - A. $1/30$ Hz dan $(1/30)\pi$ ms⁻¹
 - B. $1/30$ Hz dan $(1/40)\pi$ ms⁻¹
 - C. $1/40$ Hz dan $(1/30)\pi$ ms⁻¹
 - D. $1/40$ Hz dan $(1/40)\pi$ ms⁻¹
 - E. $1/20$ Hz dan $(1/30)\pi$ ms⁻¹
5. Benda yang bergerak melingkar memiliki kecepatan sudut tetap 120 rpm. Dalam 10 detik benda tersebut telah menempuh sudut sebesar
 - A. 4π rad
 - B. 4 rad
 - C. 40π rad
 - D. 120 rad
 - E. 1200 rad

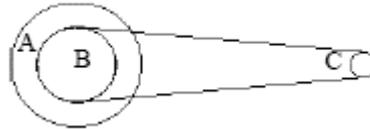
6. Ali melilit pada roda berjari-jari $R = 25 \text{ cm}$, seperti gambar. Jika suatu titik pada tali itu (titik A) mempunyai kecepatan 5 m/s , maka kecepatan rotasi roda adalah

- A. $0,2 \text{ rad/s}$
 B. 5 rad/s
 C. 50 rad/s
 D. 20 rad/s
 E. 200 rad/s



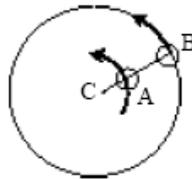
7. Untuk sistem roda seperti pada gambar di bawah, $RA = 50 \text{ cm}$, $RB = 20 \text{ cm}$, $RC = 10 \text{ cm}$. Jika roda A memiliki kelajuan linier 1 m/s maka kecepatan sudut roda C dalam rad/s adalah

- A. $0,25$
 B. $1,5$
 C. 25
 D. 4
 E. 8



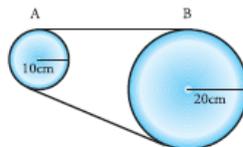
8. Benda A dan B bermassa sama $0,5 \text{ kg}$, diikatkan pada tali secara berurutan seperti gambar, lalu diputar sehingga melakukan gerak melingkar beraturan secara horisontal dengan kecepatan di ujung luar tali 3 m/s . Bila $OA = 1 \text{ m}$ dan $AB = 2 \text{ m}$, maka perbandingan tegangan tali yang terjadi pada tali AB dengan OA adalah ...

- A. 1
 B. $\frac{1}{2}$
 C. $\frac{2}{3}$
 D. $\frac{3}{4}$
 E. $\frac{3}{2}$

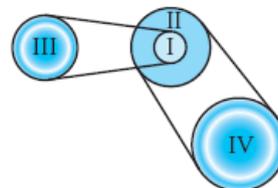


9. Jika roda A berputar dengan kecepatan sudut 8 rad/s , kecepatan sudut roda B adalah

- A. 16 rad/s
 B. 8 rad/s
 C. 8 m/s
 D. 4 rad/s
 E. 4 m/s



10. 4 buah roda disusun seperti gambar. Pernyataan yang benar adalah
- A. kecepatan sudut roda I dan II sama
 B. kecepatan sudut roda II dan IV sama
 C. kecepatan sudut roda I dan III sama
 D. kecepatan linear roda III dan IV sama
 E. kecepatan linear roda II dan III sama



Kunci Jawaban Evaluasi

- 1.B
- 2.C
- 3.D
- 4.A
- 5.C
- 6.D
- 7.D
- 8.B
- 9.D
- 10.A

DAFTAR PUSTAKA

- Subagya, Hari.2016. Buku Konsep dan Penerapan Fisika untul SMA/MA Kelas X Kurikulum 2013 Edisi Revisi 2016 Kelompok Peminatan MIPA, PT. Bumi Aksara,
- eModul “Fisika_Kelas-X_Gerak-Melingkar” Direktorat SMA
- <https://www.wardayacollege.com/fisika/kinematika/gerak-melingkar/>
- <https://fisikakontekstual.com/materi-gerak-melingkar/>
- <https://www.studiobelajar.com/gerak-melingkar/>
- <https://www.coretanilmu.xyz/2018/12/gerak-melingkarberaturan-gmb-dalam.html>
- <https://www.anashir.com/fisika/gerak-melingkar-beraturan-gmb/>
- <https://bagibagiilmufisika.wordpress.com/2011/02/23/gerak-melingkar-beraturan/>
- <https://www.fisikabc.com/2017/06/posisi-sudut-gerak-melingkar.html>
- <https://www.fisikabc.com/2017/06/percepatan-linear-gerak-melingkar.html>
- <https://www.fisikabc.com/2017/06/hubungan-besaran-anguler-dengan-tangensial-gerak-melingkar.html>
- <https://www.fisikabc.com/2017/06/hubungan-roda-roda-gerak-melingkar.html>
- <https://www.edutafsi.com/2015/06/soal-dan-jawaban-hubungan-roda.html>
- <https://www.hajarfisika.com/2017/09/soal-dan-pembahasan-hubungan-roda-roda.html>
- <https://fisikasekolahmadrasah.blogspot.com/2017/11/soal-dan-pembahasan-gerak-melingkar.html>
- <https://soalfisimat.com/contoh-soal-hubungan-roda-dan-pembahasan/>
- <http://fisikastudycenter.com/fisika-x-sma/3-gerak-melingkar>