

GERAK LURUS DAN GERAK MELINGKAR

Di jalan raya kita dapat melihat kendaraan seperti sepeda, becak, sepeda, sepeda motor, mobil atau bis berlalu lalang. Kendaraan-kendaraan tersebut dapat kita gunakan sebagai alat transportasi. Kita dapat menggunakan kendaraan-kendaraan tersebut untuk menempuh jarak tertentu atau mengangkut barang. Pada pembahasan berikut ini, kita akan membahas tentang gerak suatu benda.

A. PENGERTIAN GERAK

Pernahkah anda mengamati benda-benda di sekitarmu? Benda-benda tersebut selain ada yang diam, ada juga yang bergerak. Batu-batu dipinggir jalan diam terhadap jalan kecuali jika batu tersebut ditendang oleh kaki, maka akan disebut benda bergerak. Rumah-rumah disekitar kita diam terhadap pohon-pohon di sekelilingnya. Serombongan orang berlari pagi di jalan raya, mereka bergerak terhadap jalan, batu-batu, rumah-rumah maupun pohon-pohon yang dilewatinya. Berdasarkan contoh-contoh tersebut, dapatkah anda menjelaskan kapan suatu benda dikatakan bergerak ?

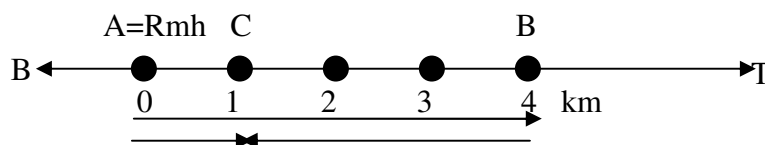
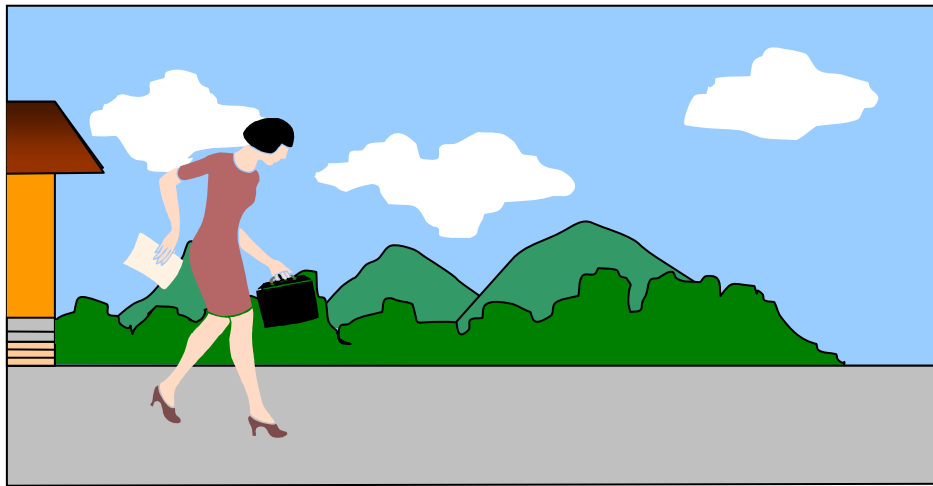
Berdasarkan contoh-contoh di atas, maka suatu benda dikatakan bergerak jika benda itu mengalami perubahan kedudukan terhadap titik tertentu. Titik tertentu yang digunakan sebagai acuan dari gerak suatu benda disebut titik acuan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *gerak adalah perubahan posisi atau kedudukan suatu benda terhadap titik acuan selama waktu tertentu.*

Berbeda halnya dengan peristiwa berikut, coba anda amati! Orang berlari di mesin lari fitness (mesin kebugaran), anak yang bermain komputer dan lain sebagainya. Apakah mereka mengalami perubahan posisi/ kedudukan dalam selang waktu tertentu? Kegiatan tersebut tidak mengalami perubahan posisi/ kedudukan karena kerangka acuannya diam. Penempatan kerangka acuan dalam peninjauan gerak merupakan hal yang sangat penting. Hal tersebut mengingat bahwa gerak atau diamnya suatu benda mengandung pengertian yang relatif. Sebagai contoh, Seseorang yang duduk di dalam gerbong kereta api yang bergerak, dapat dikatakan bahwa orang tersebut diam terhadap bangku yang didudukinya dan terhadap kereta api tersebut. Apabila acuan yang kita gunakan stasiun atau pohon-pohon ditepi jalan, maka orang tersebut bergerak relatif terhadap stasiun maupun terhadap pohon-pohon yang dilewatinya.

Tugas Individu:

Seseorang berada didalam gerbong kereta api yang sedang bergerak relatif terhadap stasiun. Orang tersebut melemparkan apel kepada temannya yang berada dibangku bagian belakang. Lakukan analisis gerak yang dilakukan buah apel. Buat laporan pada kertas folio dan kumpulkan pada guru pembimbing.

B. JARAK DAN PERPINDAHAN



Gambar 2.2 jarak dan perpindahan

Jarak dan perpindahan mempunyai pengertian yang berbeda. Sebagai contoh; Ibu Rina berjalan ke timur relatif terhadap rumahnya sejauh 4 km (dari A ke B) , kemudian berbalik arah dan bergerak sejauh 3 km ke barat (dari B ke C). Berdasarkan gerakan tersebut, maka Ibu Rina menempuh jarak 7 km(jarak AB + jarak BC). Sementara itu kedudukan Rina dari rumahnya adalah 1 km ke arah timur(yaitu dari A ke C). Kedudukan Ibu Rina terhadap rumahnya tersebut disebut perpindahan. Dengan demikian, jarak didefinisikan sebagai panjang seluruh lintasan yang ditempuh, sedangkan perpindahan merupakan jarak dan arah dari kedudukan awal ke kedudukan akhir atau selisih kedudukan akhir dan kedudukan awal. Jarak yang ditempuh Ibu tina tidak memperhatikan arah sedangkan perpindahan Ibu tina memperhatikan arahnya. Jadi, *jarak merupakan besaran skalar sedangkan perpindahan merupakan besaran vektor.*

Vektor perpindahan AC : 1 km ke timur

Vektor perpindahan AB : 4 km ke timur

Vektor perpindahan BC : 3 km ke barat

Resultan Vektor perpindahan adalah $AC = AB + BC$

$$= 4 \text{ km} + (-3 \text{ km}) = 1 \text{ km}$$

Untuk lebih memahami konsep perpindahan dan jarak, perhatikan contoh lain berikut ini; Seorang siswa berlari mengelilingi lapangan satu kali putaran. Dalam contoh tersebut, siswa menempuh jarak sama dengan keliling lapangan. Meskipun siswa tersebut berlari mengelilingi satu putaran, tetapi tidak memiliki perpindahan karena ia kembali ke titik semula atau selisih kedudukan awal dan kedudukan akhirnya nol. Dari contoh diatas tampak jarak dengan perpindahan berbeda pengertiannya.

Latihan 1:

1. Sebuah mobil bergerak 6 km ke utara kemudian bergerak lagi 8 km ke timur. Tentukan jarak dan perpindahan mobil tersebut!
2. Rian berlari mengelilingi lapangan berbentuk lingkaran, jika Rian berlari mengelilingi lapangan sebanyak 3,5 kali putaran dan diameter lapangan 14 m. tentukan jarak dan perpindahan Rian!

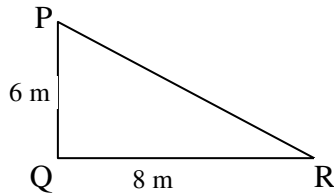
C. KECEPATAN SUATU BENDA

Dalam perubahan gerak dikenal istilah kecepatan dan kelajuan. Kecepatan termasuk besaran vektor sedangkan kelajuan merupakan besaran skalar. Besaran vektor memperhitungkan arah gerak sedangkan skalar hanya memiliki besar tanpa memperhitungkan arah gerak benda. Kecepatan merupakan perpindahan yang ditempuh tiap satuan waktu, sedangkan kelajuan didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh tiap satuan waktu. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{Perpindahan (meter)}}{\text{Selang waktu (detik)}}$$

$$\text{Kelajuan} = \frac{\text{Jarak (meter)}}{\text{selang waktu (detik)}}$$

Contoh soal



Seorang siswa berjalan dengan lintasan PQR dalam waktu 10 sekon. Tentukan kecepatan dan kelajuan siswa tersebut!

Jawab :

Dari gambar dapat diketahui:

Perpindahan siswa adalah $PR = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ m}$

jarak menempuh lintasanPQR = $PQ + QR = 6+8 = 14 \text{ m}$

selang waktunya = 10 secon.

Jadi Kecepatan = $\frac{\text{Perpindahan (meter)}}{\text{Selang waktu (detik)}}$

Kecepatan = $\frac{10\text{m}}{10 \text{ s}} = 1 \text{ ms}^{-1}$ dan

Kelajuan = $\frac{\text{Jarak (meter)}}{\text{selang waktu (detik)}}$

Kelajuan = $\frac{14\text{m}}{10\text{s}} = 1,4\text{ms}^{-1}$

C.1. Kecepatan Rata-Rata

Kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai perpindahan yang ditempuh terhadap waktu. Jika suatu benda bergerak sepanjang sumbu-x dan posisinya dinyatakan dengan koordinat-x, secara matematis persamaan kecepatan rata-rata dapat ditulis sebagai berikut

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

dengan, \bar{v} : kecepatan rata-rata (ms^{-1})

Δx : $x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}} = \text{perpindahan (m)}$

Δt : Perubahan waktu (sekon)

C.2. Kelajuan Rata-Rata

Kelajuan rata-rata merupakan jarak yang ditempuh tiap satuan waktu. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

dengan, \bar{v} : kecepatan rata-rata (ms^{-1})

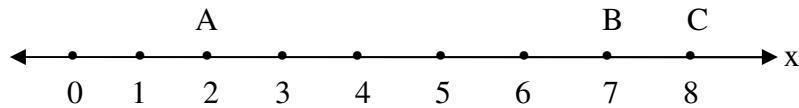
s : Jarak tempuh (m)

t : Waktu tempuh (sekon)

Contoh soal :

1. Agus berlari dari titik A pada posisi $x_1 = 2$ m menuju ke arah kanan dan sampai pada posisi $x_2 = 7$ m dititik B dengan melawati rute A-B-C-B. jika waktu yang digunakan adalah 2 sekon, berapakah kecepatan rata-rata dan kelajuan rata-rata Agus?

Penyelesaian:



- A : $x_1 = 2$ meter
 B : $x_2 = 7$ meter
 Δt : 2 sekon
 Δx : $x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}} = 7 - 2 = 5$ m ke kanan
 s : $AB + BC + CB = 5 + 1 + 1 = 7$ m

dengan rumusan $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t}$

$$= \frac{5 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}$$

jadi kecepatan rata-rata agus adalah $2,5 \text{ m/s}$ ke kanan

Kelajuan rata-rata agus adalah $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{7 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 3,5 \text{ ms}^{-1}$

2. Seorang anak berlari menempuh jarak sejauh 400 m dalam waktu 50 sekon. Berapakah kelajuan rata-rata anak tersebut?

- Diketahui : $s = 400$ m
 : $t = 50$ sekon

dengan rumusan : $\bar{v} = \frac{s}{t}$

$$: \frac{400 \text{ m}}{50 \text{ s}}$$

$$: 8 \text{ m/s}$$

jadi anak tersebut berlari dengan kelajuan rata-rata 8 m/s

berdasarkan contoh di atas, terlihat perbedaan antara kecepatan rata-rata dan kelajuan rata-rata. Kecepatan rata-rata ditentukan dengan melihat arah gerakanya, sedangkan kelajuan rata-rata tidak bergantung pada arah gerakanya.

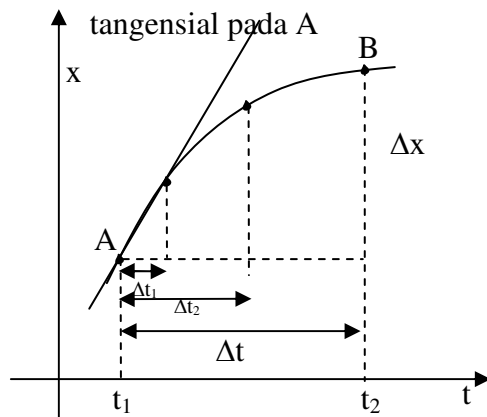
C.3. Kecepatan Sesaat

Kecepatan sesaat merupakan kecepatan pada suatu waktu tertentu dari lintasanya. Berbeda dengan kelajuan sesaat. Kecepatan sesaat harus disertai dengan arah gerak benda. Kecepatan sesaat dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\bar{v}_t = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- dengan : V_t = Kecepatan sesaat
 Δx = perpindahan
 Δt = selang waktu yang sangat kecil ($\Delta t \rightarrow 0$)

untuk mengetahui kecepatan sesaat dari sebuah benda yang bergerak, perhatikan gambar berikut.



Gambar 2.3 kecepatan sesaat pada t_1 sama dengan gradien kemiringan garis singgung grafik $x - t$ pada $t = t_1$

jika selang waktu (Δt) dipertkecil terus menerus sehingga titik B mendekati titik A,

$\frac{\Delta x}{\Delta t}$ mendekati suatu nilai tertentu pada saat selang waktu (Δt) mendekati nol, harga

$\frac{\Delta x}{\Delta t}$ disebut kecepatan sesaat v dititik A. Arah kecepatan sesaat di suatu titik searah

dengan garis singgung di titik tersebut. Kecepatan sesaat sering disebut dengan kecepatan benda, dapat dirumuskan sebagai berikut

$$v_{\text{sesaat}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

atau $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ untuk Δt mendekati nol

C.4. Kelajuan Sesaat

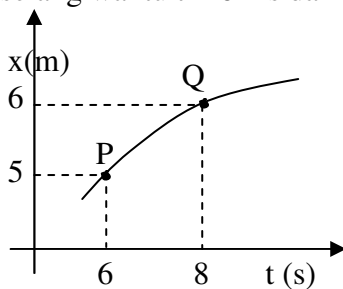
Kelajuan sesaat dari suatu benda yang sedang bergerak adalah kelajuan benda itu pada selang waktu yang sangat kecil (mendekati nol). Misalkan pada mobil, kelajuan sesaat dapat dianggap sama dengan penunjukan jarum spidometer (alat pengukur kelajuan), yang dapat dilihat pada saat mobil sedang bergerak. Kelajuan sesaat dapat didefinisikan sebagai berikut

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Kelajuan sesaat tidak ditentukan oleh arah gerak suatu benda. Jadi kelajuan sesaat merupakan besaran skalar

Contoh soal!!

- dari grafik berikut tentukanlah kecepatan sesaat dari sebuah benda antara titik P dan Q dalam selang waktu $t = 6 \text{ ms}$ dan $t = 8 \text{ ms}$



Jawab

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(6-5) \text{ cm}}{(8-6) \text{ ms}} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

jadi kecepatan sesaat antara titik P dan Q adalah 5 m/s

D. PERCEPATAN SUATU BENDA

Suatu benda akan mengalami percepatan apabila benda tersebut bergerak dengan kecepatan yang tidak konstan dalam selang waktu tertentu. Misalnya ada sebuah batu yang menggelinding dari atas bukit memiliki suatu kecepatan yang semakin lama semakin bertambah selama geraknya. Batu yang menggelinding tersebut dikatakan dipercepat. Jadi percepatan adalah perubahan kecepatan tiap satuan waktu. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_t - v_0}{\Delta t}$$

dengan :

a = percepatan (m/s^2)

Δv = perubahan kecepatan (m/s)

Δt = perubahan waktu (s)

percepatan merupakan besaran vektor, sehingga ditentukan oleh nilai dan arah gerak suatu benda. Percepatan dapat bernilai positif ($+a$) dan bernilai negatif ($-a$) bergantung pada arah perpindahan dari gerak tersebut.

Percepatan yang bernilai negatif ($-a$) sering disebut dengan perlambatan. Pada kasus perlambatan, kecepatan v dan percepatan a mempunyai arah yang berlawanan. Perubahan kecepatan terhadap perubahan waktu, di mana selang waktu (Δt) sangat kecil atau mendekati nol merupakan definisi dari percepatan sesaat. Nilai percepatan sesaat dapat juga disebut perlajuan. Berbeda dengan percepatan suatu benda yang ditentukan oleh nilai dan arah gerak suatu benda, maka perlajuan yang tidak bergantung pada arah gerak. Perlajuan merupakan perubahan laju benda terhadap perubahan waktu. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Perlajuan} = \frac{\text{perubahan kelajuan}}{\text{perubahan waktu}}$$

Jika a adalah percepatan maka $|a|$ adalah perlajuan. Secara matematis perlajuan atau perlajuan sesaat dapat ditulis

$$|a| = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} \text{ untuk } \Delta t \rightarrow 0$$

atau
$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

D. 1. Percepatan rata-rata

Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan kecepatan terhadap perubahan waktu selama benda bergerak. Secara matematis, percepatan rata-rata dapat dirumuskan sebagai berikut

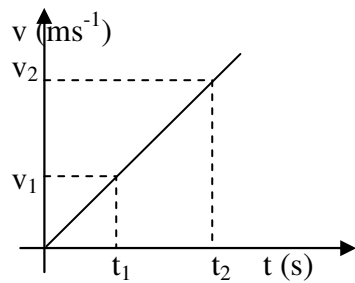
$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ atau } \bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

dengan : Δv = perubahan kecepatan (ms^{-1})

Δt = perubahan waktu (s)

\bar{a} = percepatan rata-rata (ms^{-2})

percepatan rata-rata memiliki nilai dan arah, perhatikan gambar berikut !



Gambar 2.4 percepatan rata-rata

dari grafik tersebut diatas menunjukkan hubungan antara perubahan kecepatan terhadap waktu adalah linier. Artinya perubahan kecepatan (Δv) pada setiap ruas di dalam grafik dibagi dengan selang waktu (Δt) akan menghasilkan sebuah nilai tetap. Yang disebut percepatan rata-rata. Percepatan rata-rata dari grafik tersebut dapat di tuliskan sebagai berikut :

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2}$$

Contoh soal !!

1. Suatu mobil bergerak pada jalan lurus. Pada detik pertama, mobil bergerak dengan kecepatan 7 ms^{-1} . Pada detik kedua kecepatannya menjadi 9 ms^{-1} . Berapakah percepatan rata-rata mobil tersebut?

Jawab

Diketahui : $v_1 = 7 \text{ ms}^{-1}$

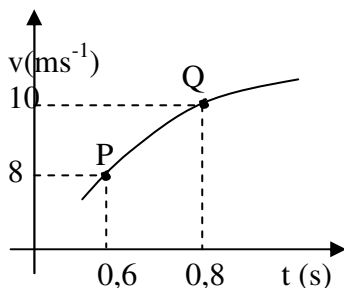
$v_2 = 9 \text{ ms}^{-1}$

maka
$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{(9 - 7) \text{ m/s}}{(2 - 1) \text{ s}} = \frac{2 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$$

jadi percepatan rata-rata mobil tersebut adalah 2 ms^{-2}

Latihan 2

1. Mobil Polisi mengejar mobil penjahat yang baru saja beraksi. Jika mobil polisi bergerak dari keadaan diam menambah kecepatannya menjadi 30 ms^{-1} dalam selang waktu 3 detik hitunglah percepatannya?
2. Sebuah kendaraan bergerak dengan kecepatannya 72 Km/jam dari keadaan diam dalam selang waktu 5 menit. Hitunglah
 - a. percepatan kendaraan tersebut dalam satuan SI!
 - b. Jarak yang ditempuh selama waktu tersebut.
3. Pada saat roda pesawat akan mendarat, pesawat masih memiliki kecepatan 160 km/jam . Selang waktu $\frac{1}{3}$ menit kemudian pesawat menyentuh landasan dengan kecepatan 72 km/jam , tentukan perlambatan yang dialami pesawat tersebut?
4. Dari grafik di bawah, tentukan percepatan sesaat benda dari posisi P ke Q



5. Sebuah pesawat terbang mendarat dengan kecepatan 100 m/s kemudian diperlambat dengan 5 m/s^2 sampai berhenti.

- a. sesaat setelah menyentuh landasan, berapakah waktu yang diperlukan untuk menghentikan pesawat tersebut?
- b. apakah pesawat dapat mendarat pada lapangan terbang yang panjang landasannya 0,8 km?

E. GERAK LURUS BERATURAN

Pernahkah anda mengamati bagaimana jalannya kereta api? Lintasannya garis lurus, para bola atau lingkaran? Gerak suatu benda dalam lintasan lurus disebut gerak lurus. Sebuah mobil melaju di jalan raya yang lurus merupakan contoh gerak lurus, buah kelapa yang jatuh dari pohonnya adalah contoh gerak lurus.

Benda yang bergerak dengan kecepatan tetap dikatakan melakukan gerak lurus beraturan. Syarat yang harus dipenuhi agar benda bergerak lurus beraturan adalah :

- a. arah gerak benda tetap jadi lintasannya lurus
- b. kelajuan benda tidak berubah

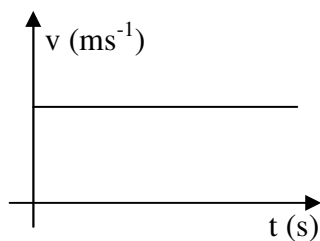
Pada gerak lurus beraturan, benda menempuh jarak yang sama dalam selang waktu yang sama pula. Sebagai contoh, mobil yang melaju menempuh jarak 2 meter dalam waktu 1 detik, maka satu detik berikutnya menempuh jarak 2 meter lagi, begitu seterusnya. atau dengan kata lain perbandingan jarak dengan selang waktu selalu konstan atau kecepatannya konstan. Pada gerak lurus beraturan (GLB) kelajuan dan kecepatan hampir sulit dibedakan karena lintasannya yang lurus menyebabkan jarak dan perpindahan yang ditempuh besarnya sama.

Dalam GLB, secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \frac{s}{t} \text{ atau } s = v \cdot t$$

dengan : v = kecepatan ($\frac{m}{s}$)
 s = perpindahan (m)
 t = waktu (s)

secara grafik dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 2.4 hubungan v dan t pada GLB

hubungan jarak terhadap waktu adalah sebagai berikut:

$$\text{jarak} = \text{kelajuan} \times \text{waktu}$$

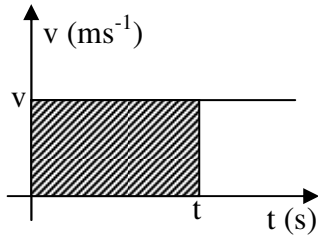
$$s = v \times t$$

jika benda sudah memiliki jarak tertentu terhadap acuan maka

$$s = s_0 + v \cdot t$$

dengan s_0 = kedudukan benda pada $t = 0$ (kedudukan awal)

Pada GLB, kecepatan gerak benda adalah tetap. Seperti terlihat pada gambar di bawah, benda bergerak dengan kecepatan tetap $v \text{ ms}^{-1}$. Selama t sekon maka jarak yang ditempuh adalah $s = v \times t$. Jarak yang ditempuh benda tersebut dalam suatu grafik v - t pada GLB adalah sama dengan luas daerah yang diarsir.



Gambar 2.5 hubungan v dan t pada GLB

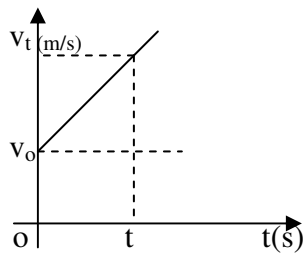
Latihan 3

1. Jelaskan kapankah suatu benda dikatakan bergerak? , berikan contoh?
2. Seorang atletik lari menempuh lintasan berbentuk setengah lingkaran dengan jari-jari 70 m. Tentukan jarak dan perpindahan orang tersebut ?
3. Dalam waktu 5 menit, seorang atlet berlari mengelilingi satu putaran penuh menempuh jarak 600 m Tentukan kelajuan dan kecepatan atlet pelari tersebut!
4. Sebuah mobil bergerak lurus dengan kecepatan sebesar 72 km/jam dalam selang waktu 5 menit. Hitunglah jarak yang telah ditempuh mobil tersebut.
5. Sebuah kendaraan bergerak diatas jalan yang lurus dengan kelajuan awal 1 m/s, kemudian dipercepat secara tetap 2 ms^{-2} . Tentukan;
 - a. Jarak yang ditempuh kendaraan selama 3 sekon!
 - b. Kemanakah arah gaya pada ban mobil yang menyebabkan kendaraan dipercepat!

F. GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda pada lintasan lurus dengan kecepatannya berubah secara teratur tiap detik. Kalian tentunya masih ingat bahwa perubahan kecepatan tiap detik adalah percepatan. Dengan demikian pada GLBB, benda mengalami percepatan secara teratur atau tetap.

Hubungan antara besar kecepatan (v) dengan waktu (t) pada gerak lurus berubah beraturan (GLBB) ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 2.6 hubungan v – t pada GLBB

Jika v_0 menyatakan kelajuan benda mula-mula ($t = 0$) dan v_t menyatakan kelajuan benda pada waktu t , maka kelajuan rata-rata benda (\bar{v}) dapat dituliskan berikut ini

$$\bar{v} = \frac{v_t + v_0}{2} \text{ dan jaraknya } s = \bar{v} \cdot t, \text{ maka}$$

$$s = \frac{v_t + v_0}{2} \cdot t \text{*)}$$

percepatan $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ maka $t = \frac{v_t - v_0}{a}$ atau $v_t = v_0 + at$ ***)

Dari persamaan * dan ** diperoleh

$$s = \frac{v_t + v_0}{2} \cdot \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} \text{ atau } v_t^2 - v_0^2 = 2as, \text{ maka}$$

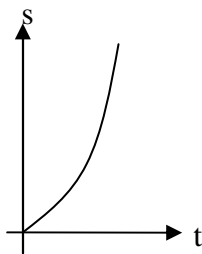
$$v_t^2 = v_0^2 + 2as \text{***)}$$

dari persamaan * dan ** didapat

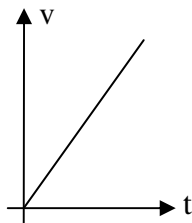
$$s = \frac{(v_0 + a \cdot t + v_0) \cdot t}{2} \text{ atau } s = \frac{(2v_0t + at^2)}{2}$$

$$\text{Jadi } s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \text{****)}$$

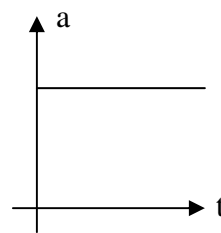
s menyatakan jarak yang ditempuh benda yang bergerak dengan percepatan tetap a selama waktu t dari kedudukannya mula-mula.



Gambar 2.7a.
hubungan s-t GLBB



Gambar 2.7b.
hubungan v-t GLBB



Gambar 2.7c.
hubungan a-t GLBB

Grafik hubungan s-t ditunjukkan pada gambar 2.7a. Adapun grafik perubahan kecepatan terhadap perubahan waktu ditunjukkan pada gambar 2.7b, sedangkan grafik hubungan antara percepatan terhadap waktu adalah pada gambar 2.7c.

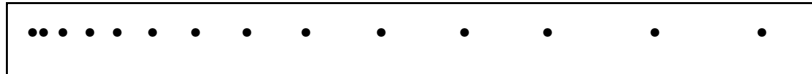
Untuk menyelidiki gerak suatu benda, dapat digunakan pewaktu ketik (tiker timer). Alat ini dilengkapi dengan pemukul getar dengan frekuensi listrik PLN 50 Hz atau sebanyak 50 kali ketikan dalam satu detik. Hal ini berarti satu ketikan memerlukan waktu 0,02 detik. Alat ini juga dilengkapi dengan troli (kereta dinamik), papan luncur dan pita rekaman.

Jenis gerakan benda dapat dilihat dari pita rekaman. Benda bergerak lurus beraturan (GLB) akan menghasilkan tanda ketikan yang jaraknya selalu sama dalam selang waktu tertentu.



Gambar 2.9 hasil ketikan ticker timer
Untuk GLB

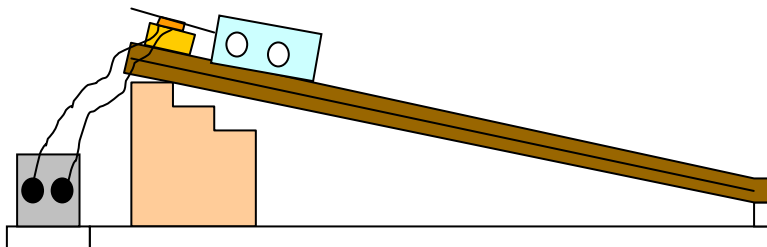
Untuk benda yang dipercepat akan menghasilkan tanda ketikan yang jaraknya semakin besar dan perubahannya secara teratur, sebaliknya apabila dihasilkan tanda ketikan semakin kecil berarti benda melakukan gerak diperlambat.



Gambar 2.10 hasil ketikan ticker timer
Pada GLBB

Kegiatan Praktikum !

1. Judul Percobaan : Gerak lurus berubah beraturan (GLBB)
2. Tujuan Percobaan : Menentukan percepatan benda yang bergerak lurus berubah beraturan.
3. Alat dan bahan :
 - Ticker timer
 - Power supply
 - Trolley/ kereta dinamika
 - bidang luncur
 - pita ketik
 - kertas karbon
 - gantung
 - kertas grafik

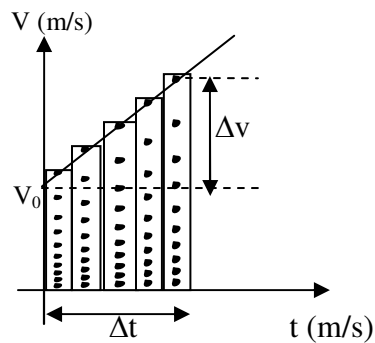


4. Persiapan percobaan:

- a. Rangkailah alat seperti pada gambar di atas.

5. Langkah kegiatan:

- a. Masukkan ujung pita ke ticker timer
- b. Tempelkan ujung yang lain pita tersebut pada trolley
- c. Hubungkan ticker timer pada power supply
- d. Lepaskan trolley sehingga meluncur ke bawah.
- e. Ambil pita dan potong setiap 10 titik hasil ketikan
- f. Tempelkan hasil potongan pita pada kertas grafik, seperti gambar berikut.



- b. Hubungkan titik titik teratas dari tiap tiap potongan pita
 - c. Ukur perubahan kecepatan Δv , hitung percepatan (a) dengan membagi perubahan kecepatan (Δv) dengan selang waktu (Δt)
 - d. Ulangi percobaan di atas sebanyak 5 kali.
5. Buat kesimpulan percobaan dan buat laporan percobaan pada kertas folio.
 6. Kumpulkan laporan pada guru pembimbing.

Tugas Kelompok

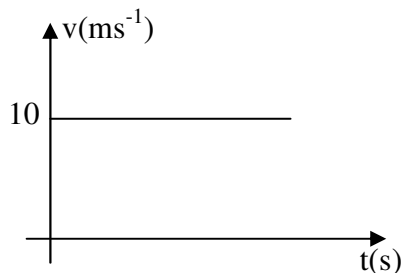
1. Kereta api mula-mula bergerak dengan kecepatan konstan di sepanjang perjalanannya, kemudian masinis mulai mengerem ketika kereta hendak memasuki stasiun berikutnya. Jelaskan berbagai macam gerak lurus yang telah ditempuh kereta tersebut!
2. Seorang anak bergerak menurut lintasan-lintasan anak panah pada gambar di bawah ini dari lintasan-lintasan tersebut, bedakanlah yang dimaksud jarak dan perpindahan!



3. Carilah contoh lain GLBB dalam kehidupan sehari-hari!

Latihan 4

1. Pesawat tempur F16 melintas diudara dengan kecepatan tetap 360 km/jam, menempuh jarak 1.500 m. berapakah waktu yang dibutuhkan?
2. Grafik di bawah ini menunjukkan hubungan antara kecepatan dan waktu dari sebuah mobil.



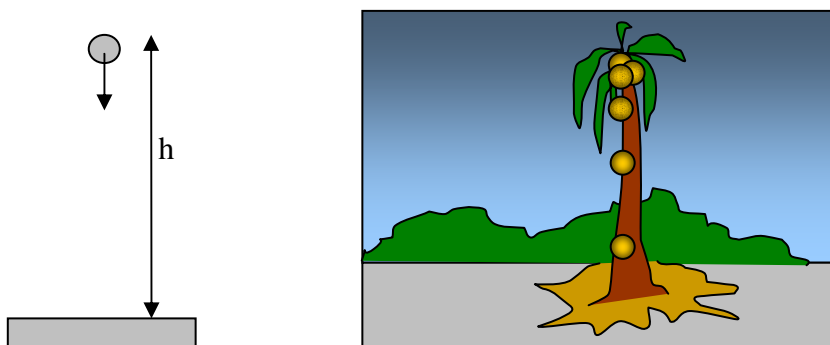
Tentukanlah:

- a. Jarak total yang ditempuh oleh mobil selama 1 menit!
- b. Jarak tempuh mobil dalam selang waktu $t = 10$ s dan $t = 40$ s
3. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 72 km/jam direm sehingga kecepatannya berkurang secara teratur menjadi 18 km/jam dalam waktu 5 detik berapa jarak yang ditempuh selama detik ke 5?
4. Sebuah benda yang mula-mula diam diberi gaya F sehingga kecepatannya menjadi 10 m/s dan jarak yang ditempuh 15 meter. Hitung lama waktu benda tersebut diberi gaya F!

G. Gerak Jatuh Bebas (GJB)

Pernahkah anda memperhatikan jatuhnya sebuah benda dari suatu ketinggian tertentu? Misalnya, buah mangga yang tua/ masak jatuh dari pohonnya atau buah kelapa tua yang jatuh dari pohonnya. Buah mangga atau buah kelapa tersebut jatuh tanpa kecepatan awal. Benda yang jatuh tanpa kecepatan awal dari suatu ketinggian tertentu disebut gerak jatuh bebas. Gerak jatuh bebas merupakan GLBB dipercepat dengan $a = \oplus g$.

Gerak benda A jatuh bebas dari ketinggian h dan jatuh di tanah pada titik B dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2.11 benda bergerak jatuh bebas

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$h = 0 + \frac{1}{2}gt^2$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

jika v_t = kecepatan akhir sesaat sebelum menyentuh tanah, maka

$$v_t = v_0 + at \rightarrow v_t = 0 + gt$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2gh \rightarrow v_t^2 = 0 + 2gh$$

Contoh Soal

1. Sebuah mangga jatuh bebas dari pohon yang tingginya 5 m. jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 tentukanlah
 - a. Waktu yang diperlukan untuk sampai di tanah
 - b. Kecepatannya saat tiba di tanah

Jawab

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

$$h = 5 \text{ m}$$

Ditanya : a. $t = \dots\dots?$

b. $v_t = \dots\dots?$

jawab

- a. waktu yang dibutuhkan untuk sampai di tanah

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$5 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$$t^2 = \frac{5}{5}$$

$$t = \sqrt{1} \rightarrow 1 \text{ sekon}$$

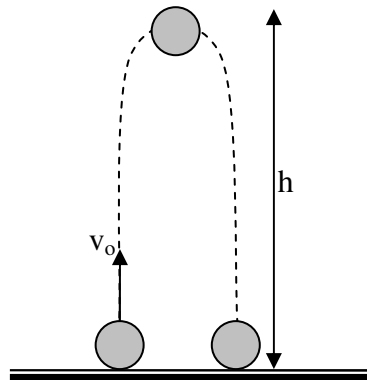
- b. kecepatan saat menyentuh tanah

$$v_t = gt$$

$$v_t = 10 \cdot 1 \rightarrow 10 \text{ m/s}$$

H. Gerak Benda Dilempar Vertikal Ke Atas (GVA)

Apa yang akan terjadi apabila anda melemparkan suatu benda vertikal ke atas?, tentunya benda tersebut akan kembali ke bumi lagi bukan? Gerak benda yang dilempar ke atas dengan kecepatan awal (v_0) dan gesekan udara diabaikan merupakan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) yang mengalami perlambatan, sehingga percepatan bendanya $a = -g$.



Gambar 2.12 gerak vertikal ke atas

Ketika benda mencapai titik puncak, kecepatan benda sama dengan nol ($v_t = 0$) sehingga waktu untuk mencapai puncak (t_p) dapat ditentukan dengan persamaan berikut

Dari persamaan kecepatan (v_t) pada GLBB $v_t = v_0 + at$ dengan $a = -g$, maka kecepatan benda pada saat t pada gerak vertikal ke atas adalah:

$$v_t = v_0 - gt$$

Atau dari persamaan $v_t^2 = v_0^2 + 2as$, maka $v_t^2 = v_0^2 - 2gh$

Pada titik tertinggi (titik puncak), kecepatan benda sama dengan nol ($v_t=0$). Waktu untuk mencapai titik puncak adalah:

$$0 = v_0 - gt_p$$

$$t_p = \frac{v_0}{g}$$

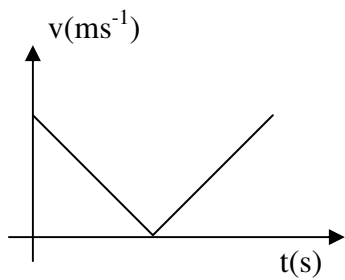
Tinggi (h) yang dicapai benda adalah

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

- t_p = waktu untuk mencapai tinggi maksimum (puncak)
- v_0 = kecepatan mula-mula
- g = percepatan maksimum
- h = tinggi yang dicapai benda

Waktu selama benda berada di udara adalah $t_u = 2 t_p$

Grafik hubungan kecepatan dan waktu ($v-t$) pada bendayang bergerak vertikal ke atas (GVA) adalah sebagai berikut.



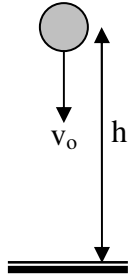
Gambar 2.13 hubungan v-t gerak vertikal ke atas

I. Gerak Benda Dilempar Vertikal Ke Bawah (GVB)



Gambar 2.14. pesawat penolong bencana tsunami

Jika pesawat di samping menjatuhkan beban ke bawah dengan kecepatan awal, maka benda akan dipercepat sebesar percepatan gravitasi bumi. Suatu benda yang dilempar vertikal ke bawah dengan kecepatan awal disebut gerak vertikal ke bawah (GVB). Gerak vertikal ke bawah adalah gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dipercepat. Dengan menganggap gesekan udara diabaikan, maka percepatan benda pada gerak vertikal ke bawah adalah sama dengan percepatan gravitasi bumi (g). Jarak yang ditempuh benda adalah h . Dengan menggunakan persamaan pada GLBB, maka persamaan pada gerak vertikal ke bawah dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2.14 gerak vertikal ke bawah

Dari persamaan $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$, maka $h = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$

Dari persamaan $v_t = v_0 + at$, maka $v_t = v_0 + gt$

Dari persamaan $v_t^2 = v_0^2 + 2as$, maka $v_t^2 = v_0^2 + 2gh$

h : ketinggian benda mula-mula

v_t : kecepatan akhir

v_0 : kecepatan awal

g : percepatan gravitasi bumi

Contoh Soal

1. Sebuah batu dilempar vertikal ke atas dengan kecepatan 20 m/s dari tanah

($g = 10 \text{ m/s}^2$) tentukanlah :

- Waktu yang diperlukan untuk mencapai titik puncak
- Tinggi benda ketika mencapai titik puncak
- Tinggi benda saat 1detik setelah dilempar
- Waktu yang diperlukan batu untuk jatuh ke bumi lagi
- Kecepatan batu ketika tiba di tanah

Jawab

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

$$v_0 = 20 \text{ m/s}$$

Ditanya :

a. $t_p = \dots\dots\dots?$

$$v_t = v_0 - gt$$

$$0 = v_0 - gt_p$$

$$v_0 = gt_p$$

$$20 = 10t_p \rightarrow t_p = 2 \text{ s}$$

jadi waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak adalah 2 sekon

b. $h_{\text{max}} = \dots\dots\dots?$

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

$$h = 20 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2$$

$$h = 40 - 20$$

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

jadi tinggi benda ketika mencapai titik puncak adalah 20 m

c. $h_{\text{saat } t=1\text{s}} = \dots\dots\dots?$

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

$$h = 20 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1^2$$

$$h = 15 \text{ m}$$

jadi tinggi benda saat satu detik setelah dilempar adalah 15 m

d. $t_{\text{naik-turun}} = \dots\dots\dots?$

$$t_{\text{naik}} = t_{\text{turun}} \rightarrow t_{\text{naik-turun}} = 2t_{\text{naik}}$$

$$t_{\text{naik-turun}} = 2 \cdot 2$$

$$t_{\text{naik-turun}} = 4 \text{ s}$$

jadi waktu yang diperlukan batu untuk jatuh ke tanah lagi adalah 4 s

e. $v_t = \dots\dots\dots?$

$$v_t = v_0 - g t$$

$$v_t = 20 - 10 \cdot 4$$

$$v_t = -20 \text{ m/s (tanda negatif menunjukkan arah kecepatan ke bawah)}$$

Tugas Mandiri

1. Coba cari contoh sebanyak-banyaknya benda-benda yang melakukan gerak jatuh bebas, gerak vertikal ke atas dan ke bawah!
2. Apa yang dapat anda simpulkan dari gerakan di atas? Jelaskan!

J. GERAK MELINGKAR



Gambar 2.15. Pembalap sepeda motor bergerak menempuh lintasan berupa lingkaran.

Kalian tentunya sudah pernah melihat lomba balap sepeda motor di TV seperti gambar di atas. Coba kalian perhatikan gambar 2.15 di atas, para pembalap sepeda motor bertanding di stadion menempuh lintasan melingkar. Untuk menempuh garis finish, para pembalap harus menempuh beberapa kali putaran. Kalau kita perhatikan lagi gambar 2.15, maka kita ketahui bahwa roda dari sepeda motor tersebut juga melakukan gerak melingkar.

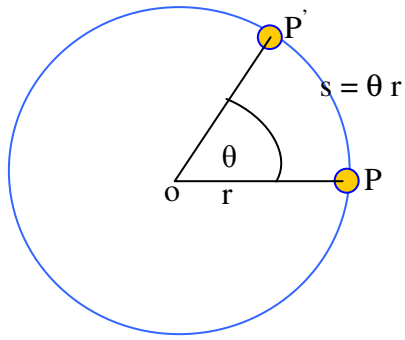
J.1 GERAK MELINGKAR BERATURAN



Gambar 2.16 jarum jam bergerak melingkar

Pernahkan kalian memperhatikan gerak jarum jam. Apa jenis gerak jarum jam tersebut? Gerak jarum jam tersebut adalah gerak melingkar beraturan karena pada waktu yang sama menempuh sudut yang sama.

Suatu benda yang bergerak mengelilingi sumbu dalam lintasan melingkar disebut gerak melingkar. Contoh benda yang bergerak melingkar antara lain; Benda-benda angkasa seperti planet dan satelit melakukan gerak melingkar mengelilingi matahari. Perhatikan gambar berikut



Gambar 2.17. Benda bergerak melingkar menempuh sudut θ dari P ke P'

Benda bergerak melingkar menempuh sudut putar θ . Sudut putar dalam SI dinyatakan dalam radian (rad). Jika benda bergerak satu putaran, maka benda tersebut sudah menempuh sudut putar penuh satu putaran sebesar 360° . Dalam radian, satu putaran penuh sebesar 2π radian, sehingga dapat dikatakan bahwa 360° setara dengan 2π radian. Dengan demikian $1 \text{ radian (rad)} = 57,3^\circ$.

Hubungan antara sudut tempuh (θ) dengan busur lingkaran yang ditempuh (s).

Sudut tempuh satu putaran adalah 2π radian maka panjang busur yang ditempuh adalah keliling lingkaran $= 2\pi r$ ($r =$ jari-jari lingkaran).

Jika sudut tempuh satu putaran θ radian dan panjang busur lingkaran yang ditempuh adalah $= s$.

$$\begin{aligned} \text{Dengan demikian } 2\pi/\theta &= 2\pi r/s \\ \text{atau } 2\pi \cdot s &= 2\pi r \cdot \theta \\ \text{sehingga } s &= r \cdot \theta \end{aligned}$$

Periode dan Frekuensi

Misalkan waktu yang dibutuhkan suatu benda untuk melakukan satu kali putaran 2 sekon, maka dikatakan periode putaran benda tersebut 2 sekon. Jadi periode putaran adalah waktu yang diperlukan benda untuk melakukan satu kali putaran penuh. Periode dilambangkan dengan T. Satuan periode adalah sekon atau detik. Jika dalam waktu t sekon benda melakukan

n putaran, maka periode putaran adalah $T = \frac{t}{n}$

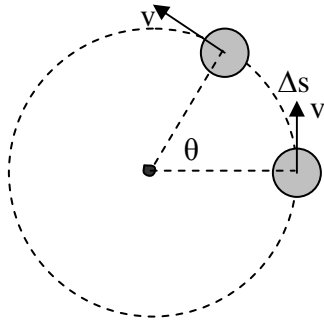
Misalkan dalam satu detik suatu benda melakukan 3 kali putaran penuh, maka dikatakan frekuensi putaran benda tersebut adalah 3putaran/sekon. Jadi jumlah putaran yang dilakukan benda dalam satu detik disebut frekuensi. Frekuensi dilambangkan dengan f. Satuan frekuensi adalah $1/s$ atau s^{-1} , dan untuk satuan SI sering menggunakan Hertz (Hz). Jika dalam waktu t

sekon benda melakukan n putaran, maka frekuensi putaran adalah $f = \frac{n}{t}$

Berdasarkan konsep di atas, maka dapat kita rumuskan hubungan periode dan frekuensi adalah sebagai berikut. Hubungan antara periode dan frekuensi sebagai berikut.

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

Kecepatan Anguler dan Tangensial



Gambar 2.17 Benda bergerak melingkar menempuh lintasan Δs

Benda bergerak dalam lintasan melingkar menempuh busur lingkaran Δs dalam selang waktu tertentu Δt . Bila tiap selang waktu yang sama, perubahan busur lingkaran yang ditempuh benda adalah sama maka benda melakukan gerak melingkar beraturan.

Kelajuan tangensial (besar dari kecepatan tangensial) dirumuskan dengan :

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

Arah vektor kecepatan tangensial selalu tegak lurus dengan arah vektor jari-jari dengan arah gerak benda

Jika benda melakukan satu kali putaran, maka panjang lintasan yang ditempuh benda sama dengan keliling lingkaran. Jadi $\Delta s = \text{keliling lingkaran} = 2\pi r$ dan ($\Delta t = T$) sehingga kelajuan tangensial dirumuskan menjadi :

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

Substitusikan $T = \frac{1}{f}$ ke dalam persamaan tersebut maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut. $v = 2\pi r f$

Sudut yang ditempuh benda dalam selang waktu tertentu dinamakan kelajuan anguler benda (ω). Pada gerak melingkar beraturan, sudut yang ditempuh benda selalu sama dalam selang waktu yang sama, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

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

Dalam satu periode T , sudut yang ditempuh benda adalah $\Delta \theta = 2\pi$ radian. Dengan demikian kelajuan anguler dalam gerak melingkar beraturan dirumuskan;

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ atau } \omega = 2\pi f$$

Hubungan antara kelajuan tangensial dengan kelajuan anguler dapat ditentukan dari;

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \cdot r$$

$$v = \omega \cdot r$$

$v = \text{kelajuan tangensial} \dots \text{ m/s}$

$\omega = \text{kelajuan anguler} \dots \text{ rad/s}$

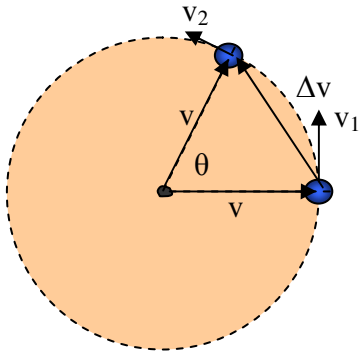
LATIHAN 5

- Mobil bergerak dengan kelajuan 36 km/jam di sepanjang lintasan melingkar yang mempunyai radius 40 m. tentukan;
 - kecepatan anguler sepeda,
 - Jarak yang ditempuh mbil setelah berputar 4 kali putaran.
- Baling-baling suatu helikopter melakukan 1200 putaran dalam 1 menit. Tentukan:
 - periode dan frekuensi baling-baling tersebut?

b. kelajuan angular baling-baling?

Percepatan Sentripetal

Jika suatu benda yang mengalami gerak melingkar beraturan mempertahankan kecepatan tetap yang dimilikinya, berarti ada percepatan yang selalu tegak lurus dengan arah kecepatannya, sehingga lintasannya selalu lingkaran. Percepatan yang diperlukan mengarah ke arah pusat lingkaran dan disebut percepatan sentripetal.



Gambar 2.18. Benda berotasi dengan jari-jari v menempuh lintasan Δv

Benda bergerak melingkar dengan jari-jari r menempuh lintasan Δs , maka berlaku $\Delta s = \Delta \theta \cdot r$. Analog seperti di atas, jika jari-jari lingkaran v dan benda menempuh lintasan Δv maka berlaku $\Delta v = \Delta \theta \cdot v$. Percepatan sentripetal adalah percepatan yang tegak lurus dengan kecepatan linier dan selalu menuju pusat lingkaran.

$$\text{Percepatan sentripetal } a_s = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a_s = \frac{\Delta \theta \cdot v}{\Delta t} = \omega v$$

Karena $v = \omega r$ maka diperoleh $a_s = \omega^2 \cdot r$ atau $a_s = \frac{v^2}{r}$

v = kecepatan linier atau kecepatan tangensial m/s

ω = kecepatan angular (sudut) rad/s

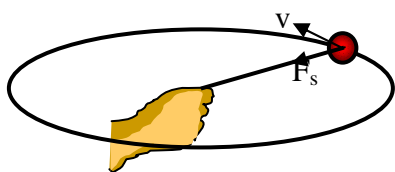
r = jari-jari lingkaran m

a_s = percepatan sentripetal m/s²

LATIHAN 6

1. Seorang mengendarai sepeda bergerak mengikuti lintasan melingkar dengan kelajuan linier 10 m/s. Jika jari-jari lintasan lingkaran adalah 20 m, tentukan percepatan sentripetal sepeda tersebut
2. Suatu roda berputar dengan kelajuan sudut 20 rad/s. Jika jari-jari putaran roda 20 cm, maka percepatan sentripetal roda adalah?

Gaya sentripetal



Gambar 2.19 arah gaya sentripetal pada benda

Sebuah bola diikat dengan tali kemudian diputar horizontal. Bola akan bergerak melingkar dan mengalami gaya sentripetal. Arah gaya sentripetal selalu menuju pusat lingkaran.

Besar gaya sentripetal sebanding dengan gaya reaksi dari tangan yang memegang tali. Sesuai dengan hukum II Newton tentang gerak $F = m \cdot a_s$. Dengan mensubstitusikan percepatan

sentripetal $a_s = \frac{v^2}{r}$, maka besar gaya sentripetal pada bola adalah

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

m= massa bola kg

v= kecepatan linier m/s

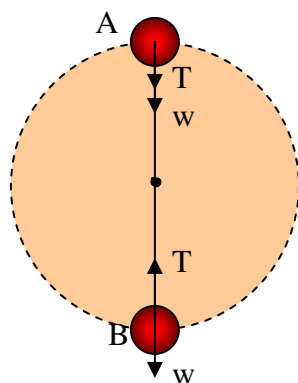
r= jarak titik dari pusat lingkaran m

F= resultan gaya pada bola. N

Perlu diperhatikan bahwa konsep gaya sentripetal berbeda dengan gaya sentrifugal. Gaya sentripetal adalah suatu gaya yang nyata ada dalam kaitan dengan pengaruh benda, sedangkan gaya sentrifugal adalah suatu gaya samaran. Gaya samaran hadir hanya ketika sistem ditinjau dari suatu kerangka acuan percepatan. Jika sistem yang sama ditinjau dari kerangka acuan non percepatan, semua gaya samaran menghilang.

Sebagai contoh, seseorang yang naik komedi putar yang berputar akan mengalami suatu gaya sentrifugal yang berarah meninggalkan pusat sistem itu. Orang mengalami gaya ini sebab dia berputar pada komedi putar, yang mana percepatan ada pada kerangka acuan.

Gerak melingkar pada bidang vertikal



Gambar 2.20 gerak melingkar pada bidang vertikal

Bola diikat pada tali kemudian diputar vertikal.

Di titik A: (titik tertinggi)

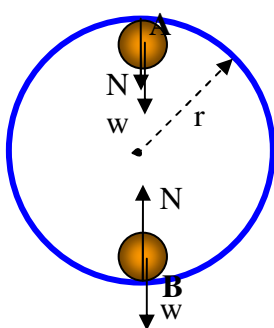
$$\Sigma F = m \frac{v^2}{r}, \text{ sehingga;}$$

$$T + w = m \frac{v^2}{r}$$

Dititik B: (titik terendah)

$$\Sigma F = m \frac{v^2}{r}, \text{ sehingga;}$$

$$T - w = m \frac{v^2}{r}$$



Gambar 2.21 gerak melingkar di dalam bidang vertikal

Gerak melingkar vertikal di dalam bidang lingkaran.

Di titik A: (titik tertinggi)

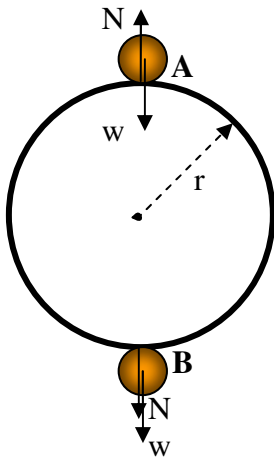
$$\Sigma F = m \frac{v^2}{r}, \text{ sehingga;}$$

$$N + w = m \frac{v^2}{r}$$

Dititik B: (titik terendah)

$$\Sigma F = m \frac{v^2}{r}, \text{ sehingga;}$$

$$N - w = m \frac{v^2}{r}$$



Gambar 2.21 gerak melingkar di dalam bidang vertikal

Gerak melingkar vertikal di luar bidang lingkaran.

Di titik A: (titik tertinggi)

$$\sum F = m \frac{v^2}{r}, \text{ sehingga;}$$

$$w - N = m \frac{v^2}{r}$$

Di titik B: (titik terendah)

$$\sum F = m \frac{v^2}{r}, \text{ sehingga;}$$

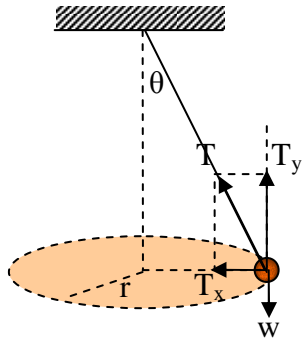
$$-N - w = m \frac{v^2}{r}$$

LATIHAN 7

- Benda memiliki massa 200 g diikat pada ujung tali sepanjang 100 cm dan berputar dalam lintasan melingkar horisontal dengan kelajuan sudut 4π rad/s. Hitunglah gaya tegangan tali.
- Sebuah benda bermassa 400 g terikat pada ujung tali yang panjangnya 50 cm. Benda diputar dalam lintasan vertikal dengan ujung lain dari tali sebagai porosnya.. Tentukan besar gaya tegangan tali pada titik tertinggi dan titik terendah lintasan.
- Sebuah mobil bergerak melintas di jalan menikung dengan jari-jari 40 meter pada kelajuan 20 m/s, agar mobil selamat melewati tikungan, tentukan;
 - berapa seharusnya koefisien gesekan jalan ?
 - jika permukaan jalan dibuat miring, berapa seharusnya sudut permukaan jalan dengan bidang mendatar ?
- Mobil bergerak mendatar pada jalan yang berbelok. Jika koefisien gesek antara permukaan roda mobil dan permukaan jalan aspal adalah 0,2. Tentukan jari-jari lintasan gerak mobil tersebut agar gerak mobil stabil dipermukaan jalan.

Ayunan Konis

Pada ayunan konis seperti ditunjukkan gambar 2.33 di bawah, menggambarkan sebuah bola sepak diikat dengan tali dan di putar horisontal dengan tali membentuk sudut θ terhadap arah vertikal. Gaya tegangan tali T akan terurai secara vektor menjadi T_x pada arah horisontal dan T_y pada arah vertikal. Pada benda bekerja gaya berat w mengarah ke bawah.



Gambar 2.22. Ayunan kronis, sebuah bola diikat pada tali dan diputar horisontal. Tali membentuk sudut θ terhadap arah vertikal.

Sesuai gambar di samping, gaya sentripetal pada ayunan konis adalah $F_s = T_x$ yang mengarah ke pusat lingkaran. Resultan gaya pada arah vertikal sama dengan nol, berarti;

$$T_y = w$$

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

$$T = \frac{m \cdot g}{\cos \theta}, \text{ dan}$$

$$F_s = T_x$$

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

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

$$v^2 = g r \tan \theta$$

Untuk mobil yang melintas di jalan datar yang melingkar, gaya sentripetal berupa gaya gesek statis yang menahan mobil agar tidak slip sewaktu berputar. Persamaan kelajuan linier mobil atau koefisien gesek statis dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$F_s = f_s$$

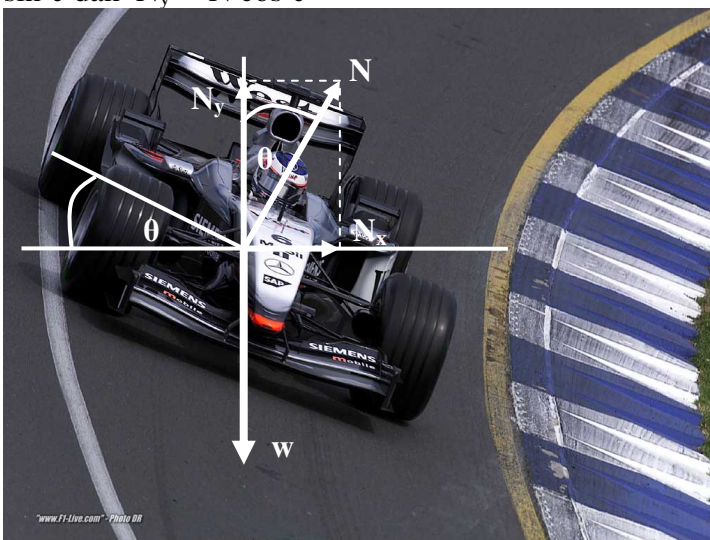
$$m \cdot \frac{v^2}{r} = \mu_s \cdot N$$

$$m \cdot \frac{v^2}{r} = \mu_s \cdot w$$

$$m \cdot \frac{v^2}{r} = \mu_s \cdot m \cdot g$$

$$v^2 = g r \mu_s$$

Apabila permukaan jalan yang melingkar membentuk sudut θ terhadap horizontal atau di lintasan velodrom seperti ditunjukkan gambar berikut. Gaya berat benda (w) mengarah ke pusat bumi, gaya normal (N) tegak lurus permukaan jalan yang dapat diurai menjadi $N_x = N \sin \theta$ dan $N_y = N \cos \theta$



Gambar 2.23. Vektor-vektor gaya pada permukaan jalan melingkar yang membentuk sudut θ seperti velodrom untuk balap sepeda, yang melaju dengan kecepatan tinggi

Kesetimbangan gaya pada arah vertikal berlaku persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} N_y &= w \\ N \cdot \cos \theta &= m \cdot g \\ N &= \frac{m \cdot g}{\cos \theta} \end{aligned}$$

Gaya sentripetal

$$\begin{aligned} F_s &= N_x \\ m \cdot \frac{v^2}{r} &= N \cdot \sin \theta \\ m \cdot \frac{v^2}{r} &= \frac{m \cdot g}{\cos \theta} \cdot \sin \theta \end{aligned}$$

Sehingga kelajuan linier atau sudut θ dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$v^2 = g r \tan \theta$$

LATIHAN 8

- Mobil melaju di jalan menikung dengan jari-jari 50 meter pada kelajuan 20 m/s, agar mobil selamat melewati tikungan, tentukan;
 - berapa seharusnya koefisien gesekan jalan ?
 - jika permukaan jalan dibuat miring, berapa seharusnya sudut permukaan jalan dengan bidang mendatar ?
- Koefisien gesek antara permukaan koin dengan piringan hitam adalah 0,15. Sementara piringan hitam berputar, berapa jauh dari pusat piringan hitam koin logam harus diletakkan agar koin stabil di permukaan piringan hitam yang berputar?
- Sebuah bola bermassa 200 terikat pada ujung tali sepanjang 100 cm yang berputar membentuk ayunan kronis dengan sudut 37° . Tentukan besar tegangan tali dan kelajuan tangensial bola.
- Seorang akrobat sambil mengendarai sepeda motor sedang mempertunjukkan kebolehannya dalam permainan tong stand (sebuah silinder besar dari kayu) di pekan raya pasca lebaran. Jari-jari silinder 5 m. Berapa kelajuan minimum yang harus dijalankan pengemudi agar tidak jatuh sewaktu berputar ? (gunakan nilai koefisien gesek antara permukaan dalam silinder dengan roda sepeda motor 0,3)

Gerak Melingkar Berubah Beraturan

Pada gerak melingkar beraturan (GMB) dijumpai sudut yang ditempuh tiap selang waktu yang sama adalah sama besarnya, sehingga kecepatan sudutnya (ω) bernilai konstan. Dengan demikian kelajuan liniernya (v) selalu bernilai sama pula. Sedangkan pada gerak melingkar berubah beraturan (GMBB), sudut yang ditempuh tiap selang waktu yang sama tidak sama besarnya, sehingga kecepatan sudutnya (ω) berubah-ubah. Perubahan kecepatan sudut tiap satuan waktu disebut percepatan sudut (α), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

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

Jika α bernilai positif maka terjadi gerak melingkar dipercepat beraturan, dan bila α bernilai negatif maka terjadi gerak melingkar diperlambat beraturan, Perubahan kelajuan linier atau tangensial tiap selang waktu dinamakan percepatan linier dan dirumuskan sebagai berikut.

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

Karena $v = \omega r$ dan $\Delta v = \Delta \omega r$ maka hubungan antara percepatan sudut dan percepatan linier yaitu;

$$a = \frac{\Delta\omega \cdot r}{\Delta t}$$

$$a = \alpha \cdot r$$

atau dapat ditulis dengan

$$\alpha = \frac{1}{r} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\alpha = \frac{a}{r}$$

Jika benda berotasi dengan kecepatan sudut awal (ω_0) dan setelah t sekon berotasi dengan kecepatan sudut akhir (ω_t), percepatan sudut gerak benda adalah

$$\alpha = \frac{\omega_t - \omega_0}{t} \quad \text{atau} \quad \omega_t = \omega_0 + \alpha t$$

Sedangkan sudut akhir (θ) yang ditempuh dengan asumsi sudut awal $\theta_0 = 0$ dapat dirumuskan dengan;

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

Sekarang substitusikan persamaan $t = \frac{\omega_t - \omega_0}{\alpha}$ ke dalam persamaan

$$\theta = \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \text{untuk mendapatkan persamaan tanpa variabel waktu.}$$

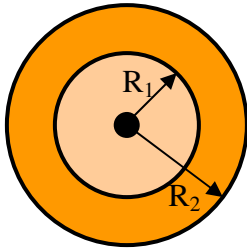
$$\theta = \omega_0 \cdot \left(\frac{\omega_t - \omega_0}{\alpha} \right) + \frac{1}{2} \alpha \cdot \left(\frac{\omega_t - \omega_0}{\alpha} \right)^2$$

Persamaan akhir yang didapat adalah;

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

Hubungan Roda-roda

Dua roda yang seporos

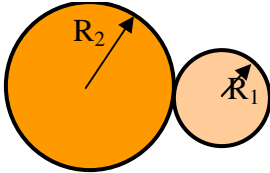


Kecepatan sudut kedua roda adalah sama.

$$\omega_1 = \omega_2 \text{ karena } \omega = \frac{v}{R}, \text{ maka}$$

$$\frac{v_1}{R_1} = \frac{v_2}{R_2}$$

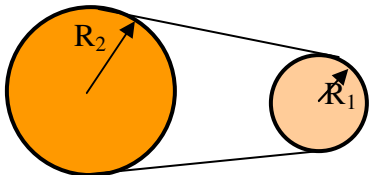
Dua roda bersinggungan



Kelajuan linier kedua roda adalah sama.

$$v_1 = v_2 \text{ maka } \omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$$

Dua roda dihubungkan dengan sabuk



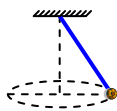
Kelajuan linier kedua roda adalah sama.

$$v_1 = v_2 \text{ maka } \omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$$

Gambar 2.24 Hubungan roda-roda

LATIHAN 9

- Sebuah benda bermassa 0,4 kg terikat pada tali berjarak 0,8 m dari pusat lingkaran, berputar dalam lintasan vertikal. Tentukan;
 - besar gaya tegangan tali pada titik tertinggi
 - besar gaya tegangan tali pada titik terendah lintasan.
 - Besar tegangan tali ketika tali membentuk sudut 37° terhadap garis vertikal.
- Mobil melaju di jalan menikung dengan jari-jari 40 meter pada kelajuan 20 m/s, agar mobil tidak terbalik tentukan berapa seharusnya koefisien gesekan jalan ?
- Mobil melaju di jalan menikung dengan jari-jari 40 meter dan permukaan jalan miring membentuk sudut 37° terhadap horisontal. Tentukan kelajuan maksimum mobil agar tidak terbalik?
- Koefisien gesek antara permukaan koin dengan piringan hitam adalah 0,2. Sementara piringan hitam berputar, berapa jauh dari pusat piringan hitam koin logam harus diletakkan agar koin stabil di permukaan piringan hitam yang berputar?

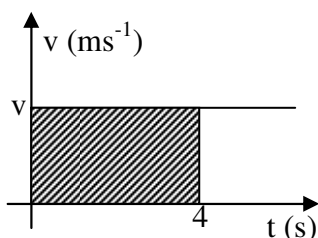


- Sebuah bola bermassa 0,1 kg terikat pada ujung tali sepanjang 1 m yang berputar membentuk ayunan kronis dengan sudut 37° terhadap garis vertikal. Jika percepatan gravitasi 10 ms^{-2} , tentukan;
 - besar tegangan tali
 - kelajuan tangensial bola.

Uji Kompetensi

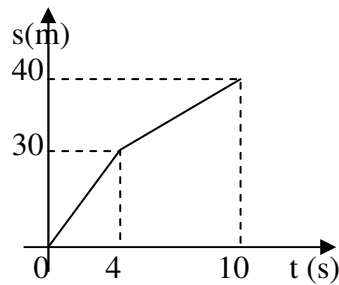
Pada soal berikut pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Seorang penumpang duduk di dalam gerbong dari kereta api yang sedang bergerak relatif terhadap stasiun. Penumpang tersebut dikatakan diam relatif terhadap ...
 - a. Stasiun
 - b. pohon di tepi jalan
 - c. rel kereta api
 - d. Konduktur yang sedang berjalan dikereta
 - e. Penumpang lain yang duduk disebelahnya
2. Seorang anak berlari 40 m ke utara kemudian berbelok ke selatan menempuh jarak 30 m. Besarnya jarak dan perpindahan anak tersebut adalah ...
 - a. 10 m dan 70 m
 - b. 30 m dan 70 m
 - c. 70 m dan 10 m
 - d. 70 m dan 50 m
 - e. 70 m dan 70 m
3. Seorang anak bergerak menempuh satu kali putaran dari suatu lintasan yang berbentuk lingkaran. Jika jari-jari lingkaran tersebut adalah 28 m, maka jarak dan perpindahan yang ditempuh anak tersebut adalah ...
 - a. 14 m dan 56 m
 - b. 28 m dan 56 m
 - c. 0 dan 176 m
 - d. 176 m dan 0
 - e. 176 m dan 28 m
4. Seorang mengendarai sepeda bergerak ke utara dengan kecepatan tetap 10 m/s menempuh jarak 120 m. Anak tersebut kemudian berbelok ke timur dan bergerak lurus sejauh 50 m selama 8 sekon, maka kecepatan rata-rata anak tersebut adalah
 - a. 3,5 m/s
 - b. 6,5 m/s
 - c. 8,5 m/s
 - d. 15 m/s
 - e. 17 m/s
5. Garfik berikut menunjukkan hubungan v dan t dari benda yang bergerak lurus beraturan.

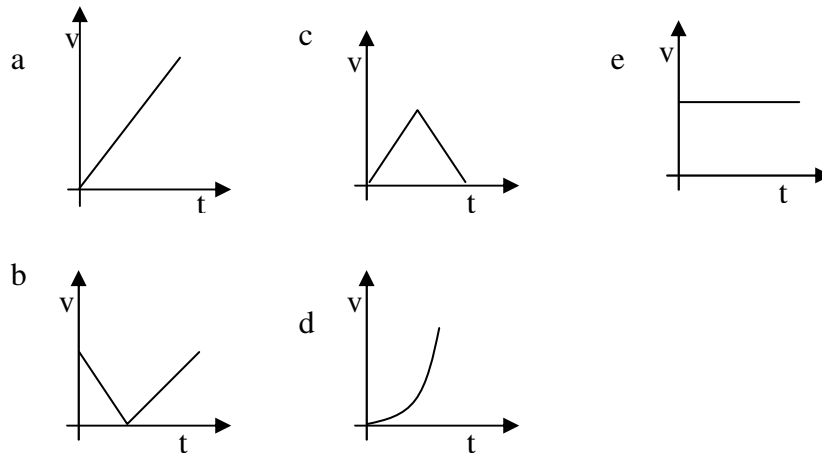


Jika luas daerah yang diarsir adalah 100 m, maka kecepatan gerak benda tersebut adalah

- a. 2,5 m/s
 - b. 4 m/s
 - c. 5 m/s
 - d. 25 m/s
 - e. 30 m/s
6. Hubungan jarak dan waktu dari suatu benda bergerak lurus adalah sebagai berikut



- Kecepatan rata-rata gerak benda tersebut adalah
- 4 m/s
 - 5 m/s
 - 7 m/s
 - 7,5 m
 - 8 m/s
- Mobil bergerak dengan kecepatan 20 ms^{-1} direm sehingga mengalami perlambatan 10 ms^{-2} . Jarak yang ditempuh mobil tersebut dari saat pengereman sampai berhenti adalah ...
 - 10 m
 - 20 m
 - 30 m
 - 100 m
 - 200 m
 - Sebuah pesawat terbang menjatuhkan barang untuk bantuan bencana alam dari ketinggian tertentu tanpa kecepatan awal. Jika barang tersebut sampai dipermukaan tanah 5 sekin setelah dijatuhkan, maka ketinggian pesawat saat menjatuhkan barang adalah ...
 - 25 m
 - 50 m
 - 100 m
 - 125 m
 - 200 m
 - Sebuah peluru ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan 20 ms^{-1} . Tinggi maksimum yang dapat dicapai peluru tersebut adalah ...
 - 10 m
 - 20 m
 - 30 m
 - 40 m
 - 50 m
 - Mobil bergerak lurus dengan perpindahan dinyatakan $x = 2 - 2t + 4 t^2$. Jika x menyatakan perpindahan dan t adalah waktu, maka kecepatan mobil antara 1 s dan 2 s adalah ...
 - 2 m/s
 - 4 m/s
 - 5 m/s
 - 10 m/s
 - 20 m/s
 - Mobil A dan B bergerak lurus beraturan. Perbandingan kecepatan benda A dan benda B adalah 3:5. Dalam waktu yang sama, maka perbandingan perpindahan benda A dan B adalah...
 - 3:5
 - 4:3
 - 5:3
 - 5:8
 - 8:5
 - Gambar berikut menunjukkan hubungan kecepatan dan waktu pada GLB, yaitu ..



13. Mobil mula-mula diam kemudian dipercepat sebesar 6 ms^{-2} . Jarak yang ditempuh mobil setelah bergerak 10 s adalah
- 30 m
 - 60 m
 - 300 m
 - 360 m
 - 600 m
14. Sebuah peluru ditembakkan vertikal ke atas. Peluru tersebut berada di udara selama 8 s hingga akhirnya jatuh ke tanah. Jika percepatan gravitasi bumi 10 ms^{-2} , maka kecepatan awal peluru adalah ...
- 18 m/s
 - 20 m/s
 - 40 m/s
 - 80 m/s
 - 160 m/s
15. Sebuah peluru ditembakkan vertikal ke atas. Peluru tersebut mencapai titi tertinggi dalam waktu 5 sekon. Kecepatan awal peluru saat ditembakkan adalah ...
- 5 ms^{-1}
 - 10 ms^{-1}
 - 15 ms^{-1}
 - 20 ms^{-1}
 - 25 ms^{-1}
16. Roda sepeda memiliki jari-jari 50 cm berputar pada permukaan jalan dengan kelajuan sudut 40 rad/s . Panjang lintasan yang ditempuh suatu titik yang terletak ditepi roda selama 10 sekon adalah
- 8 m
 - 16 m
 - 80 m
 - 100 m
 - 200 m
17. Dalam percobaan gerak melingkar menggunakan alat sentripetal diketahui bahwa kelajuan sudut benda adalah $\omega \text{ rad/s}$. Jika panjang tali pada percobaan tersebut di ubah menjadi 2 kali semula, maka kelajuan sudut benda menjadi
- $\frac{1}{4} \omega \text{ rad/s}$
 - $\frac{1}{2} \omega \text{ rad/s}$
 - $\omega \text{ rad/s}$
 - $2 \omega \text{ rad/s}$
 - $4 \omega \text{ rad/s}$
18. Semula sebuah benda bergerak melingkar dengan jari-jari R. Kemudian jari-jari lintasannya diubah menjadi $2R$ tetapi energi kinetiknya tetap. Perubahan gaya sentripetal yang bekerja pada benda adalah ... kali (UAN 20001/1002)
- 0,25

- b. 0,5
 - c. 1
 - d. 2
 - e. 4
19. Suatu benda yang bergerak melingkar mengalami gaya sentripetal. Besarnya gaya sentripetal sebanding dengan
- a. kecepatan liniernya
 - b. kelajuan sudutnya
 - c. akar kuadrat dari kecepatan liniernya
 - d. kuadrat kecepatan liniernya
 - e. akar kuadrat dari kelajuan sudutnya
20. Suatu jalan menikung berupa busur lingkaran dengan jari-jari 160/3 m. Permukaan jalan tersebut membentuk sudut 37^0 terhadap horisontal. Jika mobil yang massanya 4000 kg melintasi jalan tersebut, kelajuan maksimum yang diperbolehkan agar mobil tidak terguling adalah
- a. 10 m/s
 - b. 15 m/s
 - c. 20 m/s
 - d. 25 m/s
 - e. 30 m/s
21. Mobil memiliki massa 3000 kg bergerak dengan kelajuan 20 m/s melewati jalan menikung. Jika jari-jari kelengkungan jalan 100 m dan sudut kemiringan permukaan jalan terhadap horisontal adalah 37^0 , maka gaya normal pada mobil adalah ...
- a. 8000 N
 - b. 15.000 N
 - c. 20.000 N
 - d. 30.000 N
 - e. 40.000 N
22. Mobil memiliki massa 4000 kg bergerak dengan kecepatan 10 m/s pada suatu lembah dengan jari-jari 100m. Jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 , maka gaya normal pada mobil saat berada titik terendah dari lembah adalah ...
- a. 36.000 N
 - b. 40.000 N
 - c. 44.000 N
 - d. 50.000 N
 - e. 72.000 N
23. Sebuah benda diikat pada ujung tali yang panjangnya 2 m. Benda diputar vertikal dengan ujung lain dari tali tersebut sebagai pusat lingkaran. Jika $g = 10 \text{ ms}^{-2}$, maka kecepatan minimum di titik terendah agar benda melakukan satu putaran penuh adalah ...
- a. 10 m/s
 - b. 15 m/s
 - c. 20 m/s
 - d. 25 m/s
 - e. 30 m/s
24. Banyaknya putaran yang dilakukan suatu benda tiap detik disebut ...
- a. periode
 - b. frekuensi
 - c. kelajuan linier
 - d. kecepatan sudut
 - e. percepatan anguler
25. Gir belakang dari sepeda memiliki jari-jari 5 cm dan gir depan memiliki jari-jari 20 cm. Kedua gir dihubungkan dengan rantai. Gir belakang satu poror dengan roda belakang yang jari-jarinya 40 cm. Jika gir depan diputar dengan kelajuan sudut 20 rad/s, maka kelajuan linier roda sepeda adalah ...
- a. 16 m/s

- b. 20 m/s
- c. 24 m/s
- d. 30 m/s
- e. 40 m/s

Soal Uraian:

1. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 72 km/jam ke barat. Jika mobil dipercepat dengan percepatan 2 ms^{-2} , tentukan besar kecepatan dan perpindahan yang ditempuh benda dalam waktu 10 sekon
2. Mobil bergerak dengan kecepatan 90 km/jam pada permukaan jalan lurus. Pengemudi melihat rintangan yang berjarak 100 m di depannya. Pengemudi tersebut memerlukan waktu 0,5 sekon untuk bereaksi menginjak rem. Jika perlambatan yang diakibatkan gaya pengereman adalah 5 ms^{-2} , apakah mobil tersebut dapat menghindari kecelakaan?
3. Sebuah peluru ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan 108 km/jam. Jika gesekan udara diabaikan dan $g = 10 \text{ ms}^{-2}$, tentukan;
 - a. tinggi maksimum yang dicapai peluru
 - b. lama waktu peluru berada di udara
4. Sebuah benda massanya 2 kg di jatuhkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian 20 m terhadap tanah. Jika $g = 10 \text{ ms}^{-2}$, tentukan kecepatan benda sesaat sebelum menyentuh tanah.
5. Pesawat terbang memerlukan panjang landasan 800 m untuk tinggal landas. Jika kecepatan pesawat saat roda pesawat terangkat naik adalah 7200 km/jam dan pesawat mula-mula diam, berapa percepatan yang diperlukan pesawat itu?
6. Bus malam melaju dengan kecepatan 90 km/jam, dalam waktu 5 menit kecepatannya menjadi 108 km/jam. Tentukan percepatan bus dan jarak yang ditempuh selama 5 menit itu!
7. Sebuah batu jatuh dari menara mercusuar setinggi 80 m. Hitung kapan batu mencapai tanah dan berapa kecepatan ketikan mencapai tanah?
8. Sebuah peluru ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan 40 m/s. Hitunglah
 - a. Waktu yang diperlukan untuk mencapai titik puncak
 - b. Tinggi peluru ketika mencapai titik puncak
 - c. Ketinggian peluru saat 1 detik setelah dilempar
 - d. Waktu yang diperlukan peluru untuk jatuh kembali ke tanah
 - e. Kecepatan peluru ketika tiba di tanah
9. Benda massanya 40 g diikat dengan tali yang panjangnya 120 cm. Benda diputar pada bidang vertikal dengan kelajuan sudut 9 rad/s. Tentukan tegangan tali pada saat benda berada di titik tertinggi dan titik terendah.
10. Sebuah mobil memiliki massa 3000 kg bergerak melewati suatu tikungan berupa busur lingkaran. Jika jari-jari lingkaran tikungan tersebut 50 m, permukaan jalan membentuk sudut 37° terhadap horisontal dan koefisien gesekan jalan dan ban mobil adalah 0,3 maka tentukan kecepatan maksimum obil agar tidak terpelant.