

BAB IV

GERAK DALAM BIDANG DATAR

4.1 Kecepatan Gerak Melengkung

Hingga saat ini telah dibahas gerakan partikel dalam satu dimensi yaitu gerakan searah sumbu-x. Berikut akan dibahas gerakan partikel dalam dua dimensi atau tiga dimensi. Perhatikan Gambar 4.1.

Jika partikel bergerak pada lintasan melengkung. Pada waktu t_1 , partikel berada di titik A, dinyatakan oleh posisi vektor $\vec{OA} = ix_1 + jy_1 + kz_1$ dengan i , j dan k adalah vektor satuan arah sumbu : x , y dan z . Pada waktu t_2 , partikel berada di titik B dengan $r_2 = \vec{OB} = ix_2 + jy_2 + kz_2$. Walaupun partikel ini bergerak sepanjang busur $AB = \Delta s$, pergeseran, yang berupa vektor, adalah $\vec{AB} = \Delta r$. Pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa $r_2 = r_1 + \Delta r$, jadi:

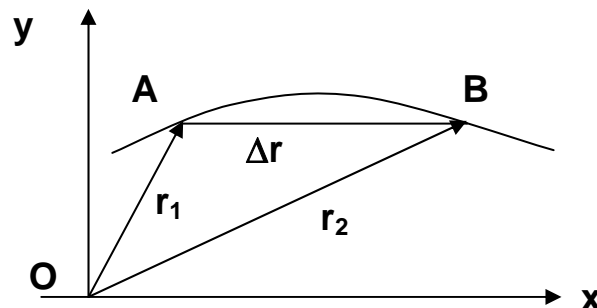
$$\begin{aligned}\vec{AB} &= \Delta r \\ \vec{AB} &= r_2 - r_1 \\ \vec{AB} &= i(x_2 - x_1) + j(y_2 - y_1) + k(z_2 - z_1) \\ &= i \Delta x + j \Delta y + k \Delta z\end{aligned}\quad 4.1$$

Dengan $\Delta x = x_2 - x_1$, $\Delta y = y_2 - y_1$, $\Delta z = z_2 - z_1$. Rata-rata kecepatan juga merupakan vektor, diperoleh dari :

$$\vec{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1}\quad 4.2$$

Atau

$$\vec{v} = i \frac{\Delta x}{\Delta t} + j \frac{\Delta y}{\Delta t} + k \frac{\Delta z}{\Delta t}\quad 4.3$$



Gambar 4.1 Pergeseran dan kecepatan rata-rata gerak melengkung

Kecepatan rata-rata dinyatakan dengan vektor yang sejajar dengan pergeseran Δr . Untuk mendapatkan kecepatan sesaat, Δt harus sangat kecil, sehingga :

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

Atau

$$v = i \frac{dx}{dt} + j \frac{dy}{dt} + k \frac{dz}{dt} \quad 4.4$$

Nilai v_x , v_y , dan v_z :

$$v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, \text{ dan } v_z = \frac{dz}{dt} \quad 4.5$$

Besar kecepatan, sering disebut laju :

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad 4.6$$

Pada gerak lengkung, secara umum, besar kecepatan beserta arahnya selalu berubah. Besar kecepatan berubah karena kelajuan partikel bertambah ataupun berkurang. Arahnya berubah karena tangen lintasan dan kelengkungan lintasan yang kontinu. Kecepatan rata-rata tidak tergantung lintasan partikel hanya tergantung pada posisi awal r_1 dan posisi akhir r_2 .

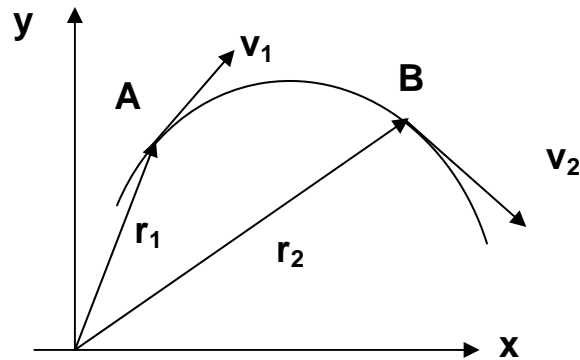
4.2. Percepatan Gerak Melengkung

Perhatikan Gambar 4.2. pada gambar tersebut dilukiskan kecepatan ketika waktunya t_1 dan t_2 , partikel berada di A dan B. Perubahan vektor kecepatan dari A ke B dinyatakan oleh $\Delta v = v_2 - v_1$. Percepatan rata-rata dalam interval waktu Δt :

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad 4.7$$

Dan sejajar dengan Δv . Percepatan rata-rata itu dapat ditulis

$$\bar{a} = i \frac{\Delta v_x}{\Delta t} + j \frac{\Delta v_y}{\Delta t} + k \frac{\Delta v_z}{\Delta t} \quad 4.8$$



Gambar 4.2 Percepatan pada lintasan melengkung.

Percepatan sesaat, sering disebut percepatan , diperoleh dari

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

Atau

$$a = \frac{dv}{dt} \quad 4.9$$

Percepatan a adalah vektor yang berarah sama dengan perubahan kecepatan. Apabila kecepatan berubah dalam arah pada kurva lintasan partikel, percepatannya selalu menuju pusat kelengkungan kurva. Persamaan (4.9) dapat ditulis

$$a = i \frac{dv_x}{dt} + j \frac{dv_y}{dt} + k \frac{dv_z}{dt} \quad 4.10$$

sehingga komponen percepatan sepanjang sumbu-x, y dan z adalah

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}, a_y = \frac{dv_y}{dt}, \text{ dan } a_z = \frac{dv_z}{dt} \quad 4.11$$

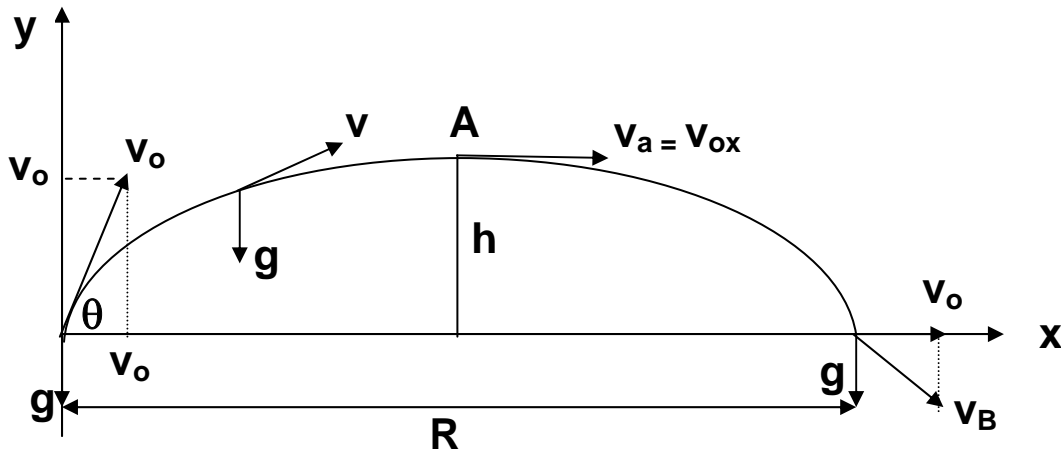
dan besarnya percepatan adalah :

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad 4.12$$

4.3 Gerak peluru

Gerak peluru adalah gerakan suatu partikel yang besar yang besar percepatan serta rahnya selalu tetap. Gerak sebuah peluru yang

ditembakkan dengan sudut elevasi θ dengan kecepatan awal v_0 , lintasannya berupa parabola seperti gambar 4.3



Gambar 4.3 : gerak peluru dengan lintasan berbentuk parabola

Gerak peluru adalah gerak pada bidang, dengan percepatan a sama dengan percepatan gravitasi bumi g . Pada bidang dimana v_0 dan $a = g$ berada, pada sumbu y mempunyai arah keatas sehingga :

$$v_0 = i v_{0x} + j v_{0y} \quad 4.13$$

dengan

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta \quad \text{dan} \quad v_{0y} = v_0 \sin \theta \quad 4.14$$

berdasarkan persamaan $v = v_0 + at$, diperoleh :

$$\begin{aligned} v &= i v_x + j v_y \\ &= (i v_{0x} + j v_{0y}) - j g \end{aligned} \quad 4.15$$

atau

$$v_x = v_{0x} \quad \text{dan} \quad v_y = v_0 \sin \theta - gt \quad 4.16$$

Pada saat waktu t kecepatannya adalah :

$$v_t = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

dan arah kecepatan peluru α didapat dari :

$$\text{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

Kecepatan arah sumbu x adalah tetap, sedangkan arah sumbu y adalah berubah beraturan. Jika vektor $r = i x + j y$, digabung dengan persamaan $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ diperoleh :

$$\begin{aligned} \mathbf{r} &= \dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} \\ &= (\dot{v}_{0x} + \dot{v}_{0y}) \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \end{aligned} \quad 4.17$$

atau

$$x = v_{0x} \cdot t \quad 4.18$$

dan

$$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \quad 4.19$$

adalah merupakan kordinat posisi peluru sebagai fungsi waktu. Pada saat bola mencapai titik tertinggi A kecepatan arah sumbu y, $v_y = 0$, sehingga waktu untuk mencapai titik tertinggi dapat dicari dari persamaan (4.16) :

$$v_y = v_0 - gt$$

$$t = \frac{v_{0y}}{g}$$

atau

$$t_h = \frac{v_0 \sin \theta}{g} \quad 4.20$$

Tinggi maksimum h yang dapat dicapai peluru diperoleh dengan memasukkan harga t pada persamaan (4.20) kedalam persamaan (4.19) sehingga diperoleh :

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} \quad 4.21$$

Waktu yang diperlukan untuk sampai pada titik terjauh B, ditentukan dengan masukkan harga $y = 0$ pada persamaan (4.19), ternyata waktu tersebut sama dengan dua kali waktu yang dibutuhkan untuk sampai pada titik tertinggi

$$t_B = \frac{2 \cdot v_0 \sin \theta}{g} \quad 4.22$$

Jarak terjauh R ditentukan dengan memasukan persamaan (4.22) kedalam persamaan (4.18) sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} R &= v_{0x} \cdot t_B \\ &= (v_0 \cos \theta) \cdot \frac{2 \cdot v_0 \sin \theta}{g} \\ &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} \end{aligned}$$

Karena

$$2v_0^2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$$

maka didapat :

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} \quad 4.23$$

Contoh :

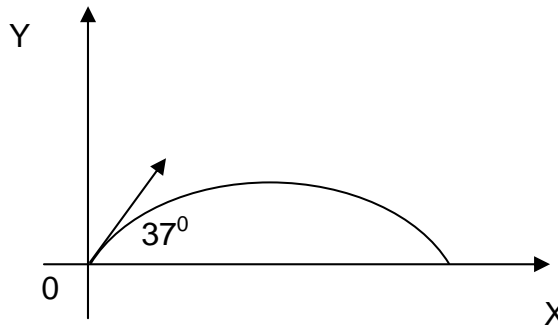
1. Sebuah benda dilemparkan dengan sudut elevasi 37° dan dengan kecepatan awal 10 m/s. Hitunglah :kecepatan dan posisi benda setelah 0,5 s, jika diketahui percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2

Penyelesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned} v_0 &= 10 \text{ m/s} & g &= 10 \text{ m/s}^2 \\ t &= 0,5 \text{ s} & \theta &= 37^\circ \end{aligned}$$

Ditanya : $v?$ dan $x?$



Jawab :

$$\begin{aligned} v_{0x} &= v_0 \cos \theta \\ &= 10 \cos 37^\circ \\ &= 10 \cdot 0,8 \\ &= 8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_x &= v_{0x} \\ &= 8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{0y} &= v_0 \sin \theta \\ &= 10 \sin 37^\circ \\ &= 10 \cdot 0,6 \\ &= 6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_y &= v_{0y} - g \cdot t \\ &= 6 - 10 \cdot 0,5 \\ &= 6 - 5 \\ &= 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ &= \sqrt{8^2 + 1^2} \\ &= 8,06 \text{ m/s} \end{aligned}$$

arah kecepatan adalah :

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \theta &= \frac{v_y}{v_x} \\ &= \frac{1}{8} \\ &= 0,125 \\ \theta &= 7,1^\circ\end{aligned}$$

Posisi pada $t = 0,5$ s

$$\begin{aligned}x &= v_{0x} \cdot t \\ &= v_0 \cos \theta \cdot T \\ &= 8 \cdot 0,5 \\ &= 4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\ &= 6 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,5^2 \\ &= 3 - 5 \cdot 0,25 \\ &= 3 - 1,25 \\ &= 1,75 \text{ m}\end{aligned}$$

jadi kedudukan benda adalah pada kordinat (4, 1,75)

2. Sebuah sasaran terletak pada koordinat (50,8). Seseorang melempar batu dengan sudut elevasi 37° , kearah sasaran tersebut dari pusat koordinat, berapa kecepatan yang harus diberikan agar batu dapat tepat mengenai sasaran?

Penyelesaian : agar sasaran kena maka $x = 50$ m dan $y = 8$ m

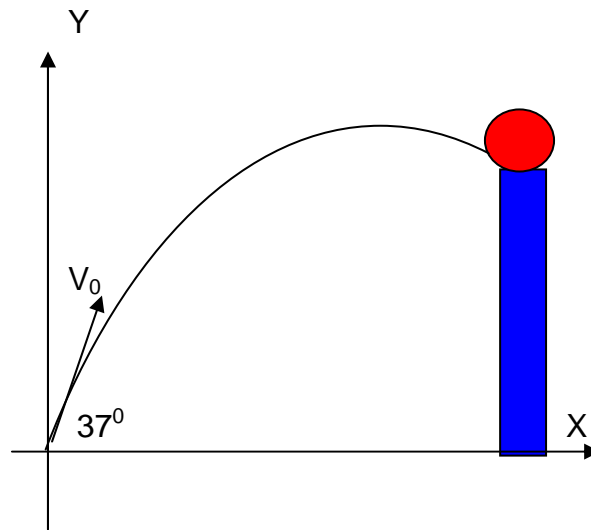
Diketahui :

$$\begin{array}{ll}y_0 &= 0 & y &= 8 \text{ m} \\ x_0 &= 0 & x &= 50 \text{ m} \\ \theta &= 37^\circ\end{array}$$

Ditanya : v_0 ?

Jawab :

$$\begin{aligned}v_{0x} &= v_0 \cos 37^\circ \\ &= 0,8 v_0 \\ v_{0y} &= v_0 \sin 37^\circ \\ &= 0,6 v_0\end{aligned}$$



$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t$$

$$50 = 0 + 0,8 v_0 \cdot t$$

$$t = \frac{50}{0,8 \cdot v_0}$$

$$= \frac{62,5}{v_0}$$

$$y = y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$8 = 0 + 0,6 v_0 \left(\frac{62,5}{v_0} \right) - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \left(\frac{62,5}{v_0} \right)^2$$

$$8 = 37,5 - 5 \cdot \left(\frac{3906,25}{v_0^2} \right)$$

$$29,5 = \frac{19531,25}{v_0^2}$$

$$v_0^2 = \frac{19531,25}{29,5}$$

$$v_0 = \sqrt{662,08}$$

$$= 25,73 \text{ m/s}$$

3. Seorang pemain golf, memukul bola dengan kecepatan 6,5 m/s dan sudut elevasi $67,4^\circ$, terhadap bidang horizontal. Jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 . Tentukanlah :
- waktu yang di butuhkan untuk mencapai titik terjauh
 - ketinggian maksimum yang dapat dicapai
 - jarak terjauh yang dapat dicapai

Penyelesaian :

Diketahui :

$$v_0 = 6,5 \text{ m/s}$$

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

$$\theta = 67,4^\circ$$

Ditanya : t_{0B} ? Y_{0H} ? X_{0B} ?

Jawab :

a. waktu yang di perlukan bola jatuh ke tanah t_{0B}

$$t_{0B} = \frac{2 \cdot v_0 \sin \theta}{g}$$

$$= \frac{2 \cdot (6,5) \sin 67,4^\circ}{10}$$

$$= 1,2 \text{ s}$$

b. ketinggian maksimum yang dicapai y_H :

$$y_H = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \theta$$

$$= \frac{(6,5)^2}{2 \cdot 10} \sin^2 67,4^\circ$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

c. jarak terjauh : x_{0B}

$$x_{0B} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta$$

$$= \frac{v_0^2}{g} (2 \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta)$$

$$= \frac{(6,5)^2}{10} \cdot (2 \sin 67,4^\circ \cdot \cos 67,4^\circ)$$

$$= 3 \text{ m}$$

4. Sebuah peluru ditembakkan dengan kecepatan 50 m/s, dengan sudut elevasi θ . Bila peluru sampai ditanah pada jarak 200 m dari tempat peluru ditembakkan, tentukanlah sudut elevasinya, jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2

Penyelesaian :

Diketahui :

$$v_0 = 50 \text{ m/s}$$

$$x_{0B} = 200 \text{ m}$$

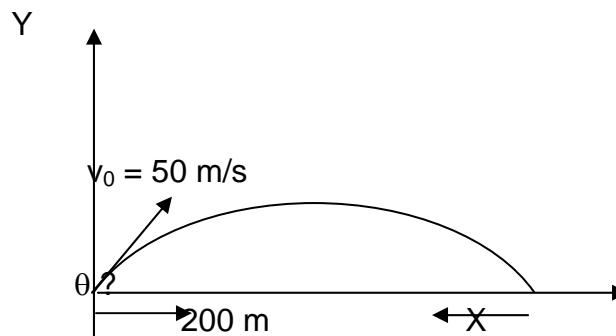
$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Ditanya : θ

Jawab :

$$\begin{aligned}
 x_{0B} &= \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta \\
 \sin 2\theta &= \frac{x_{0B} \cdot g}{v_0^2} \\
 &= \frac{200 \cdot 10}{50^2} \\
 &= 0,8 \\
 \sin 2\theta &= \sin 53^\circ \\
 2\theta &= 53^\circ \\
 \theta_1 &= 26,5^\circ \text{ (pada kuadran I)} \\
 \text{atau} \\
 2\theta &= (180^\circ - 53^\circ) \\
 \theta_2 &= 63,5^\circ
 \end{aligned}$$

Jadi ada dua sudut elevasi yang menghasilkan jarak terjauh yang sama. Dimana kalau kedua sudut tersebut dijumlahkan, besarnya 90° .

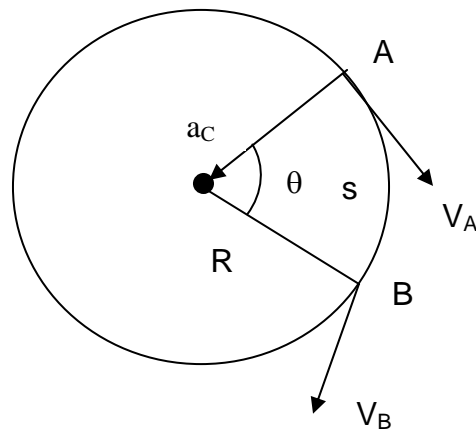


4.4 Gerak Melingkar

Gerak melingkar beraturan adalah suatu gerak dimana besar kecepatan dan percepatannya konstan tetapi arahnya berubah-ubah setiap saat. Dimana arah kecepatan disuatu titik sama dengan arah garis singgung lingkaran dititik itu dan arah percepatannya selalu mengarah ke pusat lingkaran.

Jika sebuah benda bergerak mengelilingi lingkaran yang berjari-jari R , maka kecepatannya v akan menyinggung lingkaran dengan arah tegak lurus jari-jari R . Kalau diukur jarak sekeliling lingkaran dari titik pusat lingkaran maka panjang busur $s = R \cdot \theta$, sehingga :

$$v = \frac{ds}{dt} = R \frac{d\theta}{dt} \quad 4.24$$



Gambar 4.4 Gerak melingkar

Perubahan sudut yang disapu R setiap detik dinamakan kecepatan sudut atau frekuensi sudut

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad 4.25$$

Hubungan kecepatan v (kecepatan tangensial atau kecepatan singgung) dengan kecepatan sudut adalah :

$$v = \omega R \quad 4.26$$

Waktu yang diperlukan untuk benda melakukan satu kali putaran penuh disebut periode (P), dan banyaknya putaran yang dilakukan tiap detik disebut frekuensi (f), maka :

$$f = \frac{1}{P} \quad 4.27$$

Jika percepatan sudut ω konstan persamaan (4.25) diintegrasikan didapat :

$$\int_{\theta_0}^{\theta} d\theta = \int_{t_0}^t \omega dt \quad \text{atau} \quad \theta = \theta_0 + \omega(t - t_0) \quad 4.28$$

Apabila $\theta_0 = 0$ dan $t_0 = 0$ maka,

$$\theta = \omega.t \quad \text{atau} \quad \omega = \frac{\theta}{t} \quad 4.29$$

Untuk satu kali putaran $t = P$ dan $\theta = 2\pi$, sehingga diperoleh :

$$\omega = \frac{2\pi}{P} = 2\pi f \quad 4.30$$

Apabila kecepatan sudut partikel berubah terhadap waktu, maka didapat percepatan sudut

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad 4.31$$

Jika percepatan sudut tetap, persamaan (4.31) diintegrasikan maka :

$$\int_{\omega_0}^{\omega} d\omega = \int_{t_0}^t \alpha dt \quad \text{atau} \quad \omega = \omega_0 + \alpha(t - t_0) \quad 4.32$$

Kalau persamaan (4.25) dan persamaan (4.32), digabungkan maka didapat :

$$\int_{\theta_0}^{\theta} d\theta = \int_{t_0}^t \omega_0 dt + \alpha \int_{t_0}^t (t - t_0) dt$$

Jadi

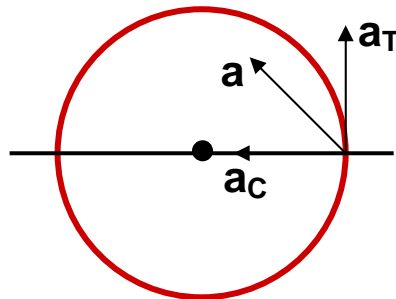
$$\theta = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2}\alpha(t - t_0)^2 \quad 4.33$$

Persamaan (4.33) merupakan posisi sudut pada setiap saat. Percepatan tangensial pada gerak melingkar adalah :

$$a_T = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R \frac{d^2\theta}{dt^2} = R\alpha \quad 4.34$$

Sedangkan percepatan sentripetal adalah :

$$a_C = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R \quad 4.35$$



Gambar 4.5 Percepatan tangensial dan percepatan sentripetal

Jika pada gerak melingkar beraturan tidak ada percepatan sudut, tidak ada percepatan tangensial, tapi ada percepatan sentripetal yang akan merubah arah gerak kecepatan. dimana ω tetap maka didapat :

$$a = \frac{dv}{dt} = \omega \cdot \frac{dR}{dt} = \omega \cdot v = \omega^2 R \quad 4.36$$

Percepatan total benda :

$$a = \sqrt{a_T^2 + a_c^2} \quad 4.37$$

Gaya centripetal adalah gaya yang harus bekerja pada benda bergerak melingkar yang besarnya :

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad 4.38$$

Analogi gerak melingkar berubah beraturan dengan gerak lurus berubah beraturan

Gerak Lurus	Gerak Melingkar
$v_r = \frac{v_0 + v_t}{2}$	$\omega_r = \frac{\omega_0 + \omega_t}{2}$
$x = v \cdot t$	$\theta = \omega_r \cdot t$
$v = v_0 + a \cdot t$	$\omega = \omega_0 + \alpha \cdot t$
$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta t$	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta t$
$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$	$\theta = \theta_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2$

Contoh :

- Sebuah bola bermassa 0,5 kg diikat diujung seutas tali yang mempunyai panjang 1,5 m. bola tersebut diputar dalam suatu lingkaran horisontal seperti tampak pada gambar di bawah ini. Bila bola tersebut berputar dengan laju konstan dengan membuat putaran 120 putaran permenit (rpm) dan tali tidak putus. Tentukan
 - Frekuensi f dan periodenya T
 - Kecepatan sudut dan kecepatan linearnya
 - Percepatan sentripetal dan gaya tegang tali (gaya sentripetal)
 - Laju linearnya, jika tali tersebut hanya mampu menahan tegangan 50 newton

Penyelesaian :

Diketahui :

$$m = 50 \text{ kg}$$

$$r = 1,5 \text{ m}$$

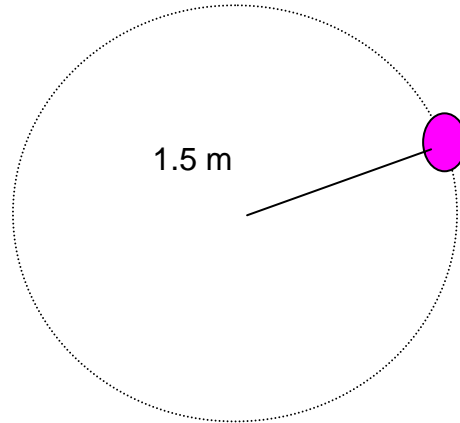
$$\text{putaran} = 120 \text{ rpm}$$

Ditanya : $f?$, $T?$, $\omega?$ $v?$ $F_c?$

Jawab

a. Frekuensi :

$$\begin{aligned}
 f &= \text{Jumlah putaran perdetik} \\
 &= \frac{120}{\text{menit}} \\
 &= \frac{120}{60.s} \\
 &= 2 \text{ s}
 \end{aligned}$$



Perioda :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{f} \\
 &= \frac{1}{2} \\
 &= 0,5 \text{ s}
 \end{aligned}$$

b. Kecepatan sudut :

$$\begin{aligned}
 \omega &= 2\pi.f \\
 &= 2\pi \cdot 2 \\
 &= 4\pi \text{ rad.s}^{-1}
 \end{aligned}$$

Laju linear :

$$\begin{aligned}
 v &= \omega R \\
 &= 4\pi \cdot 1,5 \\
 &= 6\pi \text{ m.s}^{-1}
 \end{aligned}$$

c. Percepatan sentripetalnya

$$\begin{aligned}
 a_c &= \frac{v^2}{r} \\
 &= \frac{(6\pi)^2}{1,5} \\
 &= 24\pi^2 \text{ m.s}^{-2}
 \end{aligned}$$

Gaya tegang tali = gaya sentripetal F_s

$$\begin{aligned}
 F_C &= m \cdot \frac{v^2}{r} \\
 &= 0,5 \frac{(6\pi)^2}{1,5} \\
 &= 12 \cdot \pi^2 \text{ Newton}
 \end{aligned}$$

Tali hanya mampu menahan gaya tegangan tali 50 newton, maka laju linearnya dapat dicari dengan

$$\begin{aligned}
 F_C &= m \cdot \frac{v^2}{r} \\
 v^2 &= \frac{F_C \cdot r}{m} \\
 v &= \sqrt{\frac{F_C \cdot r}{m}} \\
 &= \sqrt{\frac{50 \cdot (1,5)}{0,5}} \\
 &= 12,25 \text{ m.s}^{-1}
 \end{aligned}$$

2. Sebuah mobil dengan massa 1500 kg bergerak pada suatu tikungan jalan yang datar dengan laju 5 m/s tanpa tergelincir/terlempar. Radius tikungan tersebut 25 m. Tentukan
- Gaya sentripetal yang bekerja pada mobil tersebut dan berapa gaya gesek pada mobil tersebut.
 - Laju maksimum tanpa mobil terlempar, jika koefisien gesek statis antara ban dan jalan $\mu_s = 0,6$

Penyelesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 m &= 1500 \text{ kg} \\
 v &= 5 \text{ m.s}^{-1} \\
 r &= 25 \text{ m} \\
 \mu &= 0,6
 \end{aligned}$$

Gaya sentripetal :

$$\begin{aligned}
 F_C &= m \cdot \frac{v^2}{r} \\
 &= 1500 \frac{5^2}{25} \\
 &= 1500 \text{ Newton}
 \end{aligned}$$

Mobil bergerak dengan laju v_{maks} , dan mobil masih belum terlempar

$$F_C = m \cdot \frac{v_{maks}^2}{r}$$

$$v_{maks} = \sqrt{\frac{F_C \cdot r}{m}}$$

Dimana F_C sama dengan gaya gesek F_s :

$$\begin{aligned} F_s &= \mu_s \cdot N \\ &= \mu_s \cdot mg \\ &= 0,6 \cdot 1500 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 9000 \text{ newton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{maks} &= \sqrt{\frac{F_C \cdot r}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{9000(25)}{1500}} \\ v_{maks} &= \sqrt{150} \\ &= 12,25 \text{ m/s} \end{aligned}$$

4.4.1 Pergerakan pada belokan miring

Untuk gerak mobil pada belokan miring dan sudut kemiringan jalan θ , seperti gambar (4.6)



Gambar 4.6 Gerak mobil pada bidang datar dan miring

Mobil tersebut dapat bergerak pada tikungan tanpa terlempar keluar jika gaya sentripetalnya tidak melebihi komponen gaya Normal (N) pada arah yang sejajar jalan, dengan kemiringan θ

$$\begin{aligned} N \sin \theta &= \frac{m \cdot v^2}{r} \\ N \cos \theta - mg &= 0 \\ N \cos \theta &= mg \end{aligned}$$

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

$$\tan \theta = \frac{v^2}{r \cdot g} \quad 4.39$$

Jika jalan mempunyai koefisien gesek statik μ_s , persamaan menjadi

$$\begin{aligned} N \sin \theta + \mu_s N &= \frac{m \cdot v^2}{r} \\ N \cos \theta - mg &= 0 \\ N \cos \theta &= mg \end{aligned}$$

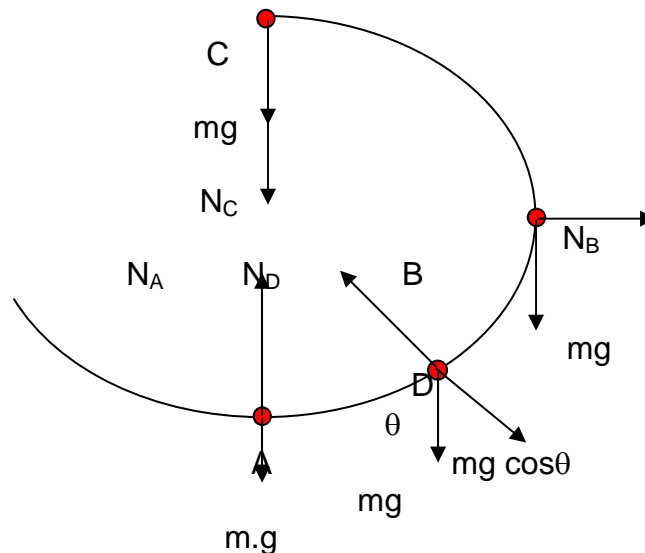
Dan diperoleh hubungan

$$\frac{N \cdot \sin \theta + \mu_s \cdot N}{N \cdot \cos \theta} = \frac{m \cdot v^2}{m \cdot g}$$

$$\frac{\sin \theta + \mu_s}{\cos \theta} = \frac{v^2}{r \cdot g} \quad 4.40$$

4.4.2 Gerak melingkar pada bidang vertical

Benda bergerak pada lingkaran, pada titik A, B, C dan D dapat ditentukan gaya :



Gambar 4.7 : Posisi gaya yang bergerak pada lingkaran

Pada titik A, titik terendah :

$$\begin{aligned}
 F &= m.a \\
 &= \frac{m.v_A^2}{r} \\
 N_A - mg &= \\
 \frac{m.v_A^2}{r} & \\
 N_A = m.g + \frac{m.v_A^2}{r} & \quad 4.41
 \end{aligned}$$

Pada titik B, arah gaya gravitasi arah kebawah sedangkan arah gaya tekan arah keluar, sehingga gaya sentripetalnya berharga negatif, sehingga pada titik B akan jatuh

Pada titik C, titik teratas :

$$\begin{aligned}
 F &= m.a \\
 &= \frac{m.v_C^2}{r} \\
 N_C + mg &= \frac{m.v_C^2}{r} \\
 N_C = - m.g + \frac{m.v_C^2}{r} & \quad 4.42
 \end{aligned}$$

Pada titik D :

$$\begin{aligned}
 F &= m.a \\
 &= \frac{m.v_D^2}{r} \\
 N_D - mg \cos \theta &= \frac{m.v_D^2}{r} \\
 N_D = mg \cos \theta + \frac{m.v_D^2}{r} & \quad 4.43
 \end{aligned}$$

4.4.3 Ayunan konis

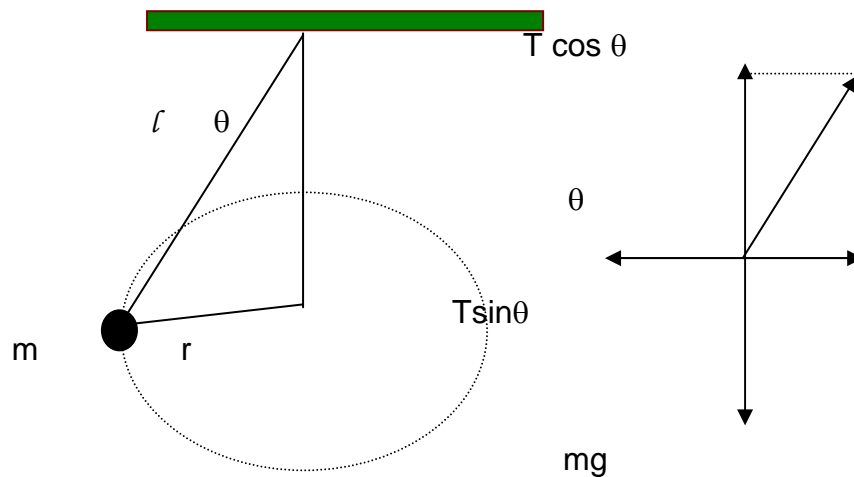
Ayunan konis adalah putaran dari sebuah benda yang diikat dengan tali, apabila tali membentuk kerucut, lihat gambar (4.8).

$$\begin{aligned}
 T \sin \theta &= \frac{m.v^2}{r} \\
 T \cos \theta &= mg
 \end{aligned}$$

Diperoleh hubungan

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

$$\tan \theta = \frac{v^2}{g \cdot r} \quad 4.44$$



Gambar 4.8 Ayunan Konis

4.5 Gerak relatif

Gerak relatif adalah merupakan perpaduan dua buah gerak lurus beraturan. Sebuah kapal laut bergerak dengan kecepatan v_1 diatas kapal seorang penumpang bergerak dengan kecepatan v_2 membentuk sudut θ terhadap gerak kapal. Bagaimana perpindahan penumpang menurut pengamat yang diam. Jika perpindahan kapal s_1 dan perpindahan penumpang s_2 maka vektor perpindahan penumpang menurut pengamat yang diam adalah :

$$s = s_1 + s_2$$

Misalkan kapal bergerak selama t detik maka :

$$s_1 = v_1 \cdot t$$

$$s_2 = v_2 \cdot t$$

sehingga :

$$s = s_1 + s_2$$

$$s = (v_1 \cdot t + v_2 \cdot t)$$

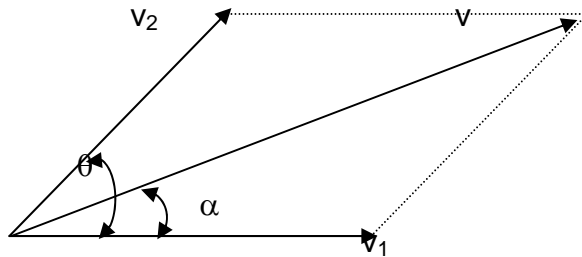
$$= (v_1 + v_2) \cdot t$$

Resultan kecepatan v_1 dan v_2 adalah v lihat gambar (4.9), sehingga persamaan dapat ditulis :

$$s = v \cdot t$$

dengan

$$v = v_1 + v_2$$



Gambar 4.9. gerak relatif v_1 dan v_2

Besar kecepataannya adalah :

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cos \theta} \quad 4.45$$

Jika kita ambil sudut terkecil :

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cos \alpha} \quad 4.46$$

Secara umum, bila benda A bergerak dengan kecepatan V_a terhadap suatu acuan dan benda B bergerak dengan kecepatan V_b terhadap acuan yang sama, maka kecepatan benda A terhadap benda B dinamakan kecepatan relatif dan dapat ditulis sebagai v_{ab} . Secara vektor dapat ditulis :

$$V_{ab} = V_a - V_b$$

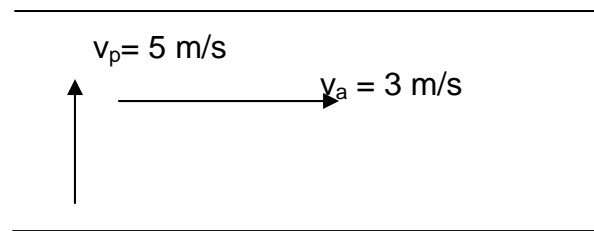
Besar v_{ab} dapat dihitung dengan menggunakan rumus cosinus, yaitu

$$v_{ab} = \sqrt{v_a^2 + v_b^2 - 2 \cdot v_a \cdot v_b \cos \alpha} \quad 4.47$$

Contoh :

1. Sebuah perahu menyeberangi sungai dengan kecepatan 5 m/s, dengan arah tegak lurus arah arus sungai, jika kecepatan aliran sungai 3 m/s.
 - a. Kemana arah kecepatan perahu terhadap arus sungai?
 - b. Berapa lebar sungai jika waktu untuk ampai seberang 15 detik

Penyelesaian :



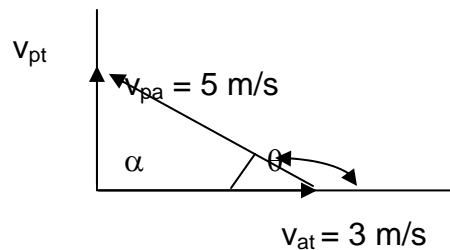
Diketahui :

$$\begin{aligned} v_{pa} &= 5 \text{ m/s} \\ v_{at} &= 3 \text{ m/s} \\ t &= 15 \text{ s} \end{aligned}$$

Ditanya : arah perahu ? dan lebar sungai ?

Jawab :

a. Perhatikan gambar dibawah ini :



Karena v_{pt} tegak lurus v_{at} maka sudut α dapat di cari dengan perbandingan cosinus :

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{v_{at}}{v_{pt}} \\ &= \frac{3}{5} \\ \alpha &= 53^{\circ} \end{aligned}$$

arah kecepatan perahu terhadap arus v_{pt} , yaitu sudut θ yang merupakan sudut pelurus dari α sehingga di dapat :

$$\begin{aligned} \alpha + \theta &= 180^{\circ} \\ &= 180^{\circ} - \alpha \\ &= 180^{\circ} - 53^{\circ} \\ &= 127^{\circ} \end{aligned}$$

b. Kita hitung dulu v_{pt} dari gambar diatas

$$\begin{aligned} v_{pt}^2 &= v_{pa}^2 - v_{at}^2 \\ &= 5^2 - 3^2 \\ &= 25 - 9 \\ &= 16 \end{aligned}$$

$$v_{pt} = 4 \text{ m/s}$$

lintasan yang ditempuh perahu :

$$\begin{aligned} s &= v_{pt} \cdot t \\ &= 4 \cdot 15 \\ &= 60 \text{ m} \end{aligned}$$

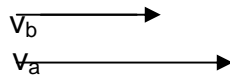
2. Dua orang A dan B, masing-masing mengendarai sepeda motor. A bergerak dengan kecepatan tetap 12 m/s relatif terhadap bumi, sedangkan B bergerak dengan kecepatan tetap 5 m/s relatif terhadap bumi juga. Tentukan kecepatan relatif B terhadap A jika:
- Keduanya bergerak searah (ke timur)
 - Keduanya bergerak berlawanan arah (v_a ke barat dan v_b ke timur)
 - Keduanya bergerak dengan arah tegak lurus (v_a ke utara dan v_b ke timur)

Jawab

Kecepatan A dan B masing-masing kita sebut v_a dan v_b dan kecepatan B terhadap A dinotasikan v_{ba}

$$v_a = 12 \text{ m/s dan } v_b = 5 \text{ m/s}$$

- a. Jika A dan B searah, maka sudut antara kedua vektor 0°



Arah ke kanan kita ambil positif dan kecepatan B terhadap A dapat ditulis secara vektor

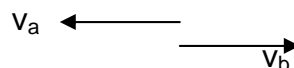
$$v_{ba} = v_b - v_a$$

adapun

$$\begin{aligned} v_{ba} &= v_b - v_a \\ &= 5 - 12 \\ &= -7 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

(tanda minus menyatakan bahwa, B bergerak kiri terhadap A atau dengan kata lain, B ketinggalan 7 m tiap detiknya terhadap A)

- b. Jika A dan B berlawanan arah, maka sudut antara kedua vektor 180°



Arah ke kanan (timur) kita ambil positif dan kecepatan B terhadap A dapat ditulis secara vektor

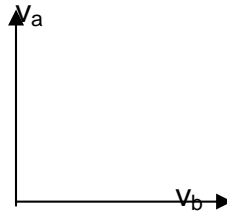
$$v_{ba} = v_b - v_a$$

adapun

$$\begin{aligned} v_{ba} &= v_b - v_a \\ &= 5 - (-12) \\ &= 17 \text{ m/s} \end{aligned}$$

(B bergerak menjauhi A ke timur dengan kecepatan 17 m/s)

- c. Jika A dan B geraknya saling tegak lurus, maka sudut antara kedua vektor 90°



Arah ke kanan (timur) kita ambil positif dan kecepatan B terhadap A dapat ditulis secara vektor

$$v_{ba} = v_b - v_a$$

Adapun besar v_{ba} dapat diperoleh dengan menggunakan Phytagoras

$$\begin{aligned} v_{ba} &= \sqrt{v_a^2 + v_b^2 - 2 \cdot v_a \cdot v_b \cdot \cos \alpha} \\ v_{ba} &= \sqrt{5^2 + 12^2 - 2 \cdot 5 \cdot 12 \cdot \cos 90^\circ} \\ &= \sqrt{25 + 144} \\ &= 13 \text{ m/s} \end{aligned}$$

3. Seorang anak yang berada di atas kapal bergerak dengan kecepatan 8 m/s relatif terhadap kapal. Kapal tersebut sedang bergerak di laut dengan kecepatan 8 m/s relatif terhadap bumi, kearah timur
Tentukan kecepatan anak tersebut relatif terhadap bumi jika :
- Arahnya sama dengan arah gerak kapal
 - Arahnya berlawanan dengan arah gerak kapal
 - Arah gerak anak tersebut membentuk sudut 120° dengan arah timur (atau 60° dengan arah barat)

Jawab

Jika kecepatan anak diberi notasi v_a dan kecepatan kereta diberi notasi v_k serta kecepatan bumi disebut v_b ,

$$v_{ak} = v_a - v_k = 8 \text{ m/s} \quad (*)$$

$$v_{kb} = v_k - v_b = 8 \text{ m/s} \quad (**)$$

Kecepatan anak terhadap bumi v_{ab} dapat diperoleh dari persamaan (*) dan (**).

$$\begin{aligned}V_{ab} &= v_a - v_b \\ &= (v_a - v_k) + (v_k - v_b) \\ &= v_{ak} + v_{kb}\end{aligned}$$

Ini merupakan penjumlahan vektor dan besarnya dapat diperoleh dengan

$$V_{ab} = \sqrt{v_{ak}^2 + v_{kb}^2 + 2 \cdot v_{ak} \cdot v_{kb} \cos \alpha}$$

a. arah gerak anak searah dengan arah gerak kereta $\alpha = 0^\circ$, $\cos 0^\circ = 1$

$$\begin{aligned}V_{ab} &= \sqrt{v_{ak}^2 + v_{kb}^2 + 2 \cdot v_{ak} \cdot v_{kb} \cos \alpha} & v_a &\longrightarrow \\ &= \sqrt{8^2 + 8^2 + 2 \cdot 8 \cdot 8} & v_k &\longrightarrow \\ &= \sqrt{64 + 64 + 128} \\ &= \sqrt{256} \\ &= 16 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Atau dengan cara lain

$$V_{ab} = v_a - v_b$$

besarnya dapat diperoleh dari persamaan (1) dan (2)

$$\begin{aligned}V_{ab} &= v_a - v_b \\ &= (v_a - v_k) + (v_k - v_b) \\ &= 8 \text{ m/s} + 8 \text{ m/s} \\ &= 16 \text{ m/s}\end{aligned}$$

b. Jika arah gerak anak berlawanan arah gerak kereta $\alpha = 180^\circ = -1$

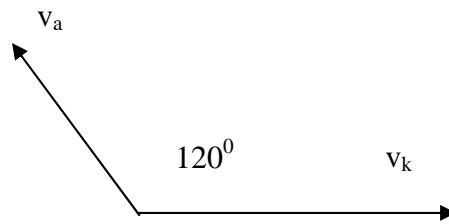
$$\begin{aligned}V_{ab} &= \sqrt{v_{ak}^2 + v_{kb}^2 + 2 \cdot v_{ak} \cdot v_{kb} \cos \alpha} & v_a &\longrightarrow \\ &= \sqrt{8^2 + 8^2 + 2 \cdot 8 \cdot 8 \cdot (-1)} & v_k &\longleftarrow \\ &= \sqrt{64 + 64 - 128} \\ &= 0 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Atau dengan cara lain

Jika arah gerak anak berlawanan dengan arah gerak kereta maka

$$\begin{aligned}v_a - v_k &= -8 \text{ m/s} \\ v_k - v_b &= 8 \text{ m/s} \\ V_{ab} &= v_a - v_b \\ &= (v_a - v_k) + (v_k - v_b) \\ &= 8 \text{ m/s} - 8 \text{ m/s} \\ &= 0 \text{ m/s}\end{aligned}$$

c. Arah gerak anak tersebut membentuk sudut 120° dengan arah timur (atau 60° dengan arah barat)



$$\begin{aligned}v_{ab} &= \sqrt{v_{ak}^2 + v_{kb}^2 + 2 \cdot v_{ak} \cdot v_{kb} \cos \alpha} \\&= \sqrt{8^2 + 8^2 + 2 \cdot 8 \cdot 8 \cos 120^\circ} \\&= \sqrt{64 + 64 - 64} \\&= 8 \text{ m/s}\end{aligned}$$

SOAL – SOAL LATIHAN
A. PILIHAN GANDA :

- Sebuah rakit menyeberangi sungai dengan arah kecepatan tegak lurus terhadap arah arus sungai. Kecepatan rakit 0,3 m/s dan kecepatan arus 0,4 m/s. Rakit mencapai seberang dalam waktu 150 sekon. Lebar sungai adalah :

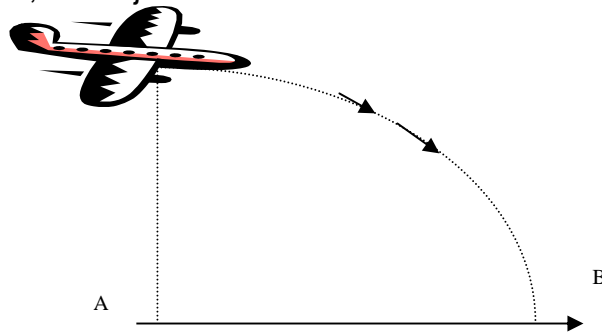
A. 95 m	D. 50 m
B. 75 m	E. 45 m
C. 60 m	
- Dua kapal A dan B mula-mula berada pada kedudukan yang sama. Pada saat yang bersamaan, kapal A berlayar ke barat dengan kelajuan 30 km/jam dan kapal B berlayar ke utara dengan kelajuan 40 km/jam. Jarak antara kedua kapal setelah berlayar selama $\frac{1}{2}$ jam adalah :

A. 20 km	D. 40 km
B. 25 km	E. 50 km
C. 30 km	
- Sebuah sungai mengalir dari barat ke timur dengan kelajuan 5 m/menit. Seorang anak pada tepi selatan sungai mampu berenang dengan kelajuan 10 m/menit dalam air tenang. Jika anak itu ingin berenang menyeberangi sungai dengan selang waktu tercepat, maka ia harus berenang dengan sudut θ terhadap arah utara. Nilai $\sin \theta$ adalah :

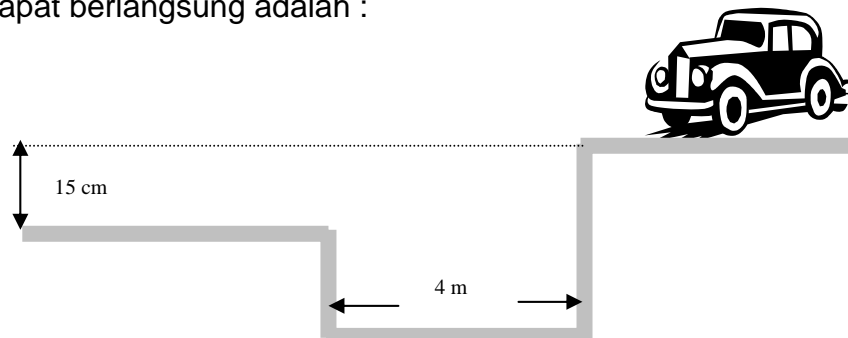
A. $\frac{1}{2}$	D. $\frac{2}{5}\sqrt{5}$
B. 2	E. $\frac{3}{2}\sqrt{2}$
C. $\frac{2}{3}\sqrt{3}$	
- Air sungai mengalir dari barat ke timur dengan kelajuan c . Seorang anak berenang searah arus sungai dengan kelajuan v sampai menempuh jarak d , kemudian anak tersebut berbalik arah dan berenang menuju ke titik berangkatnya semula. Selang waktu yang ditempuh anak itu adalah :

A. $\frac{2d}{v+c}$	D. $\frac{2dv}{v^2-c^2}$
B. $\frac{2d}{v-c}$	E. $\frac{2dv}{v^2+c^2}$
C. $\frac{3dv}{v^2-c^2}$	

5. Bola P beratnya dua kali bola Q. P dijatuhkan vertical ke bawah dari atap sebuah gedung dan pada saat bersamaan Q dilempar horizontal pada kelajuan tinggi. Abaikan gesekan udara dan tentukan pernyataan mana berikut ini yang benar :
- P menumbuk tanah sebelum Q
 - Q menumbuk tanah sebelum P
 - Saat P menumbuk tanah Q berada setengah ketinggian dari tanah
 - Keduanya menumbuk tanah pada saat bersamaan
 - Tidak cukup data dalam soal ini untuk memungkinkan kita menentukan jawabannya.
6. Sebuah pesawat terbang bergerak mendarat dengan kecepatan 200 m/s melepaskan bom dari ketinggian 500 m. Jika bom jatuh di B dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka jarak AB adalah :



- 500 m
 - 1.000 m
 - 1.500 m
 - 1.750 m
 - 2.000 m
7. Sebuah mobil hendak menyeberang sebuah parit yang lebarnya 4,0 meter. Perbedaan tinggi antara kedua sisi parit itu adalah 15 cm seperti yang ditunjukkan oleh gambar di bawah ini. Jika percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka kelajuan minimum yang diperlukan oleh mobil itu tepat dapat berlangsung adalah :



- 10 m/s
- 15 m/s
- 17 m/s
- 20 m/s
- 23 m/s

- A. 2,0
B. 2,5
C. 3,0
- D. 3,5
E. 4,0

20. Sebuah roda berputar terhadap suatu poros tetap dan kecepatan sudut partikel pada roda dapat dinyatakan sebagai $\omega = 2,0 t - 3,0 \cdot t$ dalam sekon dan ω dalam rad/s. Jika posisi sudut awal $\theta_0 = 1,5$ radian, maka posisi sudut partikel pada $t = 1,0$ sekon dalam rad adalah :

- A. -1,5
B. -1,0
C. -0,5
- D. +0,5
E. +1,0

B. ESSAY :

1. Apakah yang dimaksud dengan kecepatan relatif dari sebuah benda yang sedang bergerak?
2. Sebuah kapal bergerak dengan kecepatan relatif tetap sebesar 8 m/s melawan arus sungai yang mempunyai kecepatan tetap 5 m/s. apakah gerak dari kapal tersebut relatif terhadap sungai, merupakan gerak lurus beraturan? Jelaskan.
3. Sebuah kapal terbang bergerak ke utara dengan kecepatan tetap v_k dengan angin pada saat tersebut berkecepatan tetap v_a ke arah timur. Apakah gerak kapal tersebut relatif terhadap bumi merupakan gerak lurus beraturan?. Tentukan harga tangen (tg) dari sudut yang dibentuk arah pesawat dengan arah timur (dinyatakan dengan v_k dan v_a).
4. Buktikan secara matematis perpaduan dari dua gerak lurus beraturan, merupakan gerak lurus beraturan juga, jika
 - a. Keduanya searah
 - b. Keduanya berallawanan arah
 - c. Keduanya saling tegak lurus
 - d. Keduanya membentuk sudut α
5. Seseorang yang berada di dalam kereta yang sedang bergerak melemparkan vertikal ke atas sebuah bola dan jatuh kembali ketangannya. Apakah bentuk lintasan dari bola tersebut, bila dilihat oleh seorang pengamat yang berada di kereta dan pengamat yang berada di bumi.
6. Peluru yang ditembakkan dengan kecepatan awal v_0 dengan sudut elevasi α mempunyai, lintasan parabola. Besar-besaran di bawah ini yang konstan adalah berbentuk
 - a. Kecepatan horisontalnya
 - b. Percepatan vertikalnya
 - c. Kecepatan vertikalnya
7. Sebuah bola dan selempar daun dijatuhkan dari suatu ketinggian pada saat yang bersamaan. Bila keduanya berada di dalam ruang vakum, manakah yang akan jatuh terlebih dahulu.
8. Dari suatu ketinggian, sebuah bola dijatuhkan bebas tanpa kecepatan awal, dan pada saat yang sama bola kedua dilemparkan horisontal. Bola manakah yang akan jatuh di tanah terlebih dahulu?

9. Hal yang harus diperhatikan oleh seorang atlet lompat jauh adalah kecepatan dilemparkan horisontal. Bola manakah yang akan jatuh di tanah terlebih dahulu?
10. Pada keadaan hujan, seorang pengamat melihat butiran air hujan jatuh tegak lurus muka bumi. Bila pengamat tersebut mengendarai mobilnya dengan kecepatan tetap 60 km/jam, jejak air hujan di kaca mobil membentuk sudut 60° dengan vertikal. Tentukan kecepatan air hujan tersebut (relatif terhadap bumi).
11. Seseorang menyebrangi sungai dan mengarahkan perahunya tegak lurus tepian dengan kecepatan 3 m/s relatif terhadap air dan air mengalir dengan kecepatan 4 m/s relatif terhadap tepi sungai. Tentukan kecepatan orang tersebut relatif terhadap tepi sungai.
12. Dua buah kereta A dan B bergerak dengan berturut-turut 100 km/jam dan 150 km/jam. Arah gerak kedua kereta membentuk sudut 60° . Tentukan:
 - a. Kecepatan relatif A terhadap kereta B
 - b. Kecepatan relatif perahu B terhadap perahu A
13. Bapak Amir dengan menggunakan mobilnya, melakukan perpindahan ke timur dengan kecepatan tetap 50 km/jam selama 30 menit, kemudian ke selatan dengan kecepatan 60 km/jam selama 20 menit. Perpindahan yang ke tiga ke arah timur lagi dengan kecepatan tetap 30 km/jam selama 10 menit. Tentukan:
 - a. Posisi Bapak Amir pada akhir perpindahan dihitung dari titik awal berangkat
 - b. Jarak yang ditempuh untuk ketiga perpindahan tersebut
 - c. Sudut yang dibentuk antara vektor posisi akhir dengan arah timur
14. Seorang tentara menembakkan peluru dengan kecepatan awal 60 m/s dan sudut elevasi $\alpha = 53^\circ$ ($\text{tg } 53^\circ = 4/3$). Tentukan:
 - a. Kecepatan, tinggi pada saat peluru mencapai titik tertinggi
 - b. Kecepatan peluru pada saat tiba kembali di tanah
 - c. Tinggi peluru dan kecepatannya pada saat $t = 2$ sekon
15. Sebuah pesawat pembom bergerak dengan kecepatan 72 m/s pada ketinggian 102 meter dari muka bumi. Pesawat menjatuhkan bom pada saat berada tepat di atas pompa bensin, untuk menembak sebuah truk yang sedang bergerak searah dan berada pada jarak 124 m dair pompa bensin tersebut. Carilah kecepatan truk tersebut agar bom tepat mengenai truk tersebut.

16. Buktikan bahwa pada gerak parabola peluru yang ditembakkan dengan kecepatan awal v_0 mempunyai jarak tembak terjauh pada saat sudut elevasi $\alpha = 45^\circ$.
17. Pada gerak parabola peluru yang ditembakkan dengan kecepatan awal v_0 dapat mempunyai sepasang sudut elevasi yaitu α_1 dan α_2 yang mempunyai jarak tembak yang sama. Buktikan bahwa $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$.
18. Di dalam sebuah gedung bertingkat 5 ada tangga berjalan, yang dipergunakan untuk naik maupun turun dari satu lantai ke lantai lainnya. Seorang anak menaiki tangga tersebut yang bergerak ke atas dengan kecepatan tetap 5 m/s terhadap bumi. Kecepatan anak tersebut 4 m/s terhadap tangga. Tentukan kecepatan relatif anak tersebut terhadap bumi.
19. Kecepatan A terhadap bumi v_a sebesar 8 m/s dan kecepatan B terhadap bumi v_b sebesar 8 m/s juga. Ternyata besar kecepatan B relatif terhadap A, v_{ba} sebesar 8 m/s. Berapakah besar sudut yang dibentuk antara v_a dan v_b ?
20. Partikel melakukan gerak melingkar beraturan. Besar-besaran fisika dari partikel tersebut, yang konstan adalah
 - a. Kecepatan linear
 - b. Laju linear
 - c. Kecepatan angular
 - d. Percepatan sentripetal
21. Seseorang melakukan gerak dengan lintasan yang tidak lurus selalu mempunyai kecepatan yang tidak konstan. Jelaskan!
22. Setiap benda yang melakukan gerak dengan lintasan lengkung selalu mempunyai percepatan sentripetal. Jelaskan!
23. Seekor semut berada pada suatu piringan yang berputar dengan porosnya tegak lurus piringan tersebut. (Piringan terletak pada bagaian kertas ini). Jika jarak semut kesumbu putar makin jauh maka pernyataan di bawah ini yang benar:
 - a. Laju linear makin besar
 - b. Kecepatan angular tetap
 - c. Percepatan sentripetalnya makin besar
24. Dua buah roda masing-masing mempunyai jari-jari R_1 dan R_2 , keduanya dihubungkan dengan tali, hubungan di bawah ini yang benar adalah
 - a. Laju linear dari titik-titik ditepi kedua roda sama

-
- b. Kecepatan angular dari roda yang terkecil lebih besar dari kecepatan angular roda yang besar
25. Sebuah benda yang diikat dengan tali, kemudian diputar pada bidang horisontal dengan kecepatan makin besar. Pada suatu saat tali putus. Apa yang menyebabkan benda terlempar keluar.
26. Gaya apakah yang menyebabkan bulan dalam peredaran mengelilingi bumi tetap berada pada orbitnya?
27. Bila anda mengendarai mobil dengan kecepatan tinggi, dan tiba pada suatu tikungan anda dianjurkan mengurangi kecepatannya. Mengapa?
28. Dalam akrobatik pesawat terbang yang membentuk lintasan melingkar, pada titik tertinggi pilot merasakan badannya lebih ringan. Jelaskan!
29. Jelaskan prinsip-prinsip mesin pesawat sentrifugal yang dapat digunakan untuk mengendapkan partikel-partikel.
30. Sebuah benda bermassa 0,2 kg diikat pada seutas tali yang mempunyai panjang 0,5 m. Benda diputar dalam suatu lingkaran horisontal dengan frekuensi 4 Hz. Tentukan besar gaya tegang tali yang terjadi.
31. Seorang anak mengendarai sebuah sepeda yang kedua rodanya mempunyai jari-jari 36 cm dengan kelajuan 20 km/jam. Tentukan:
a. Frekuensi dari roda tersebut
b. Kecepatan angular dan kemana arahnya
32. Atom Hidrogen mempunyai sebuah electron yang bermassa 9×10^{-31} kg dan bergerak mengelilingi inti dengan jari-jari 5×10^{-11} . Jika gaya yang menarik elektron ke inti sebesar 10^{-7} newton. Tentukan besar laju elektron.
33. Sebuah mobil yang bermassa 1500 kg, bergerak menaiki suatu bukit yang mempunyai jari-jari kelengkungan 30 m. Tentukan kecepatan maksimum di puncak bukit supaya mobil tidak lepas dari bukit.
34. Sebuah piringan hitam yang berjari-jari 12 cm sedang berputar dengan frekuensi 15 putaran per menit. Tentukan laju linear dari seekor semut yang berada
a. Dipinggir piringan hitam
b. 5 cm dari poros putar
35. Anak yang bermassa 50 kg berdiri di khatulistiwa, akan melakukan gerakan melingkar yang radiusnya sama dengan radius bumi selama
-

- 24 jam untuk satu kali putar. Hitung gaya sentripetalnya jika radius bumi 6400 km. Berapakah laju linearnya?
36. Sebuah ayunan konis terdiri dari sebuah bandul kecil yang massanya 0,4 kg dan seutas tali yang ringan dan panjangnya 120 cm. Ayunan berputar pada bidang horisontal dengan jari-jari 50 cm ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Tentukan:
- Besar gaya tegang tali
 - Frekuensi angular bandul
 - Laju
37. Sebuah mobil yang mempunyai massa 2000 kg dan pengendaranya bermassa 60 kg, bergerak pada melintasi jembatan lengkung yang radiusnya 15 m. Mobil tersebut bergerak dengan kelajuan 10 m/s dipuncak jembatan. Tentukan:
- Gaya tekan mobil pada jembatan
 - Gaya tekan pengendara terhadap kursi
38. Seorang anak membawa seember air yang digantung dengan seutas tali dan beratnya 100 newton. Jika ember diputar dengan laju linier 4 m/s dalam bidang vertikal, berapakah pertambahan berat ember yang berisi air pada saat berada pada titik terendah?
39. Seorang anak yang bermassa 20 kg duduk pada suatu ayunan dan panjang tali penggantungnya 2 m. Tegangan pada tiap tali 250 newton. Tentukan laju serta gaya tekan anak pada bangku pada saat mencapai titik terendah.