

Bumi pada orbitnya dinyatakan sebagai berikut.

$$v = \sqrt{gR}$$

Keterangan:

v = kelajuan satelit (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

R = jarak satelit ke pusat Bumi (m)

G. KINEMATIKA

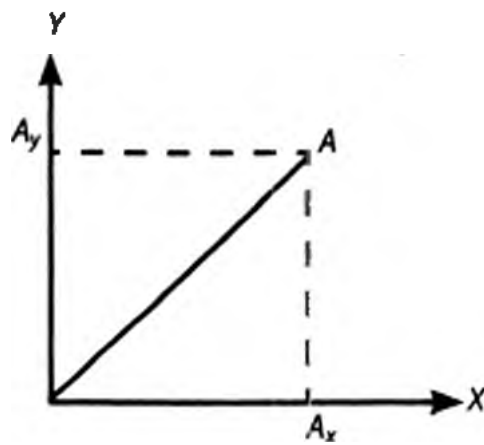
1. Vektor dalam bidang

Sebuah vektor A dapat dinyatakan dengan:

$$A = A_x i + A_y j$$

Dengan i dan j adalah vektor-vektor satuan pada sumbu x dan sumbu y serta $A_x i$ dan $A_y j$ adalah komponen vektor arah sumbu x dan sumbu y . Adapun, besar vektor A adalah:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$



2. Vektor posisi dan perpindahan

Posisi atau kedudukan suatu benda dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu, yaitu $x(t)$ posisi pada sumbu x dan $y(t)$ posisi pada sumbu y . Vektor yang menyatakan posisi atau kedudukan benda di dalam bidang disebut *vektor posisi* dengan rumus:

$$r = x(t)i + y(t)j$$

Perpindahan adalah perubahan posisi benda ketika bergerak dan vektor perpindahan adalah selisih vektor posisi akhir dengan awal.

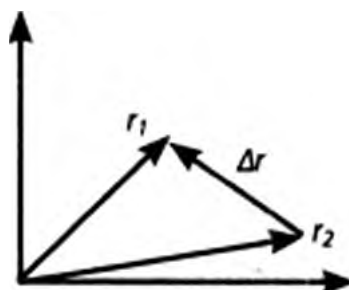
$$\Delta r = r_2 - r_1$$

Keterangan:

Δr = perpindahan (m)

r_1 = vektor posisi awal (m)

r_2 = vektor posisi akhir (m)



3. Kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat

Kecepatan rata-rata adalah perpindahan yang dilakukan benda dalam gerakanya per satuan waktu. Maka, kecepatan rata-rata dirumuskan sebagai berikut.

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1}$$

Kecepatan rata-rata juga dapat dinyatakan dalam komponen-komponennya:

$$\bar{v} = \bar{v}_x i + \bar{v}_y j$$

Kecepatan sesaat adalah kecepatan benda yang bergerak pada waktu tertentu t . Kecepatan sesaat dinyatakan sebagai turunan terhadap waktu dari vektor posisi sebagai fungsi waktu dengan rumus:

$$v = \frac{dr}{dt}$$

Kecepatan sesaat juga dapat dinyatakan dalam komponen-komponennya:

$$v = v_x i + v_y j$$

4. Menentukan posisi dari fungsi kecepatan

Jika fungsi kecepatan suatu benda yang bergerak diketahui maka kita dapat menentukan posisi (vektor posisi) dari gerak benda tersebut.

Posisi dapat diperoleh dari integral (inversi atau kebalikan dari turunan) fungsi kecepatan:

$$\begin{aligned} r &= r_0 + \int v dt \\ r &= x_0 i + y_0 j \end{aligned}$$

Keterangan:

r_0 = posisi awal benda (m)

Jika benda bergerak dari waktu $t = t_1$ sampai $t = t_2$, posisi benda dinyatakan sebagai berikut.

$$r = \int_{t_1}^{t_2} v dt$$

5. Percepatan rata-rata dan percepatan sesaat

Percepatan rata-rata adalah perubahan kecepatan benda dalam gerakannya per satuan waktu dengan rumus:

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

$$\bar{a} = \bar{a}_x i + \bar{a}_y j$$

Percepatan sesaat adalah percepatan benda yang bergerak pada waktu tertentu t . Percepatan sesaat dinyatakan sebagai turunan terhadap waktu dari kecepatan sebagai fungsi waktu.

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

$$a = a_x i + a_y j$$

6. Menentukan kecepatan dari fungsi percepatan

Jika fungsi percepatan suatu benda yang bergerak diketahui maka kita dapat menentukan kecepatan dari gerak benda tersebut. *Kecepatan* dapat diperoleh dari integrasi (inversi atau kebalikan dari turunan) terhadap *fungsi percepatan*.

$$\begin{aligned}v &= v_0 + \int a \, dt \\v &= v_{0x} i + v_{0y} j\end{aligned}$$

Keterangan:

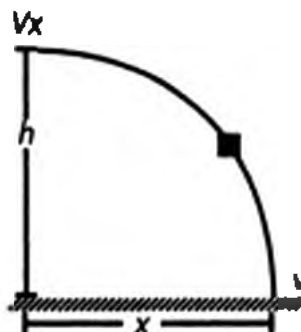
v_0 = kecepatan awal benda

Jika benda bergerak dari waktu $t = t_1$ sampai $t = t_2$, integral terhadap waktu dituliskan sebagai berikut.

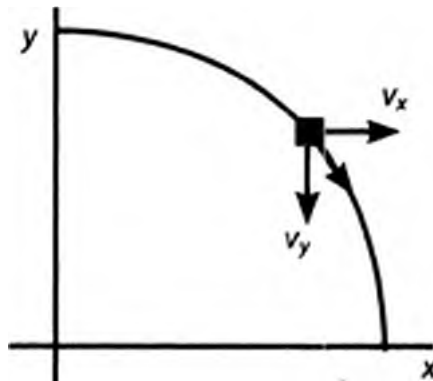
$$v = \int_{t_1}^{t_2} a \, dt$$

7. Gerak parabola

Jika sebuah benda dijatuhkan dari pesawat terbang yang sedang terbang maka benda tersebut akan bergerak dalam lintasan parabola. Gerak semacam ini disebut *gerak parabola*.



Gerak parabola dapat ditinjau sebagai perpaduan dari dua gerak, yaitu gerak pada sumbu x yang berupa GLB dan gerak pada sumbu y yang berupa GLBB.



Gerak dalam sumbu x adalah GLB, sehingga berlaku prinsip kecepatan benda pada arah sumbu x selalu tetap.

$$x = v_x t$$
$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

Keterangan:

α = sudut elevasi atau sudut kemiringan saat benda mula-mula bergerak (0)

Gerak dalam sumbu y adalah GLBB dengan percepatan gerak sama dengan percepatan gravitasi. Persamaan-persamaan untuk gerak arah sumbu y sebagai GLBB sebagai berikut.

$$v_y = v_0 - gt$$
$$v_x = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$
$$= (v_0 \sin a)t - \frac{1}{2}gt^2$$

- Rumus kecepatan gerak benda yang bergerak parabola setiap saat:

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

- Kasus khusus pada gerak parabola, yaitu menentukan titik tertinggi dan pada titik terjauh. Pada titik tertinggi, kecepatan arah sumbu y nol, sehingga berlaku:

$$v_y = 0$$

$$y_{\text{tertinggi}} = y_m = \frac{v_0^2 \sin^2 a}{2g}$$

$$x_m = \frac{v_0^2 \sin^2 2a}{2g}$$

$$t_m = \frac{v_0^2 \sin a}{g}$$

Keterangan:

y_m = tinggi benda di titik tertinggi (m)

x_m = jarak maksimum (m)

t_m = waktu untuk mencapai titik maksimum (s)

Adapun titik terjauh $y = 0$, sehingga kita dapatkan jarak terjauh yang dapat dicapai benda bergerak secara parabola sebagai berikut.

$$\begin{aligned}y_{\text{terjauh}} &= y_j = 0 \\t_j &= 2t_m = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \\x_t &= \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}\end{aligned}$$

Keterangan:

y_j = tinggi benda saat mencapai jarak terjauh (m)

x_j = jarak terjauh benda dalam arah mendatar (m)

t_j = waktu untuk mencapai titik terjauh (s)

8. Kinematika gerak melingkar

Pada gerak melingkar, posisi (s), kecepatan (v), dan percepatan (a) masing-masing dinyatakan dalam bentuk sudut (θ), kecepatan sudut (ω), dan percepatan sudut (α). Hubungan antara besaran-besaran dalam gerak lurus dan gerak melingkar adalah:

$$\begin{aligned}s &= \theta r \\v &= \omega r \\x_j &= ar\end{aligned}$$

Keterangan:

R = jari-jari lintasan gerak (m)

Sebagaimana gerak lurus, kecepatan sudut sesaat ω merupakan turunan terhadap waktu dari sudut θ dan percepatan sudut sesaat a juga turunan terhadap waktu dari kecepatan sudut ω .

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$
$$a = \frac{d\omega}{dt}$$

Kecepatan sudut rata-rata adalah perubahan (perpindahan) sudut per satuan waktu dan percepatan sudut rata-rata adalah perubahan kecepatan sudut per satuan waktu.

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$
$$\bar{a} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1}$$

Besar sudut dapat diperoleh dari integral terhadap waktu fungsi kecepatan sudut sebagai berikut.

$$\theta = \theta_0 + \int \omega dt$$

Keterangan:

θ = sudut akhir (*rad*)

θ_0 = sudut mula-mula (*rad*)

ω = kecepatan sudut (*rad/s*)

t = waktu (*s*)

Besar percepatan sudut dapat ditentukan dari integral terhadap waktu fungsi kecepatan sudut sebagai berikut.

$$\omega = \omega_0 + \int a \, dt$$

Keterangan:

ω = kecepatan sudut akhir (*rad/s*)

ω_0 = kecepatan sudut mula-mula (*rad/s*)

a = percepatan sudut (*rad/s*)

t = waktu (*s*)

Percepatan dalam gerak melingkar dapat dibedakan menjadi dua, yaitu percepatan linear atau tangensial dan percepatan sentripetal.

$$\begin{aligned} a_T &= ar \\ a_{sp} &= \omega^2 r \end{aligned}$$

Jadi, percepatan total benda yang bergerak melingkar adalah

$$a = \sqrt{a_T^2 + a_{sp}^2}$$

Keterangan:

a = percepatan total (m/s^2)

a_T = percepatan tangensial (m/s^2)

a_{sp} = percepatan sentripetal (m/s^2)

= percepatan sudut (m/s^2)

= kecepatan sudut (rad/s)

r = jari-jari (m)

H. ROTASI BENDA TEGAR

1. Torsi

Benda bergerak lurus disebabkan gaya yang bekerja pada benda tersebut. Benda melakukan gerak rotasi disebabkan oleh gaya yang bekerja pada jarak tertentu dari pusat rotasi. Besaran ini dinamakan *torsi* atau *momen gaya*. Jadi, torsi dapat dinyatakan sebagai perkalian gaya dan jaraknya dari pusat yang secara perkalian vektor ditulis sebagai berikut.

$$\tau = r \times F$$

Keterangan:

τ = vektor torsi (Nm)

r = vektor jarak (m)

F = vektor gaya (N)