

KINEMATIKA

Kinematika adalah mempelajari mengenai gerak benda tanpa memperhitungkan penyebab terjadi gerakan itu. Benda diasumsikan sebagai benda titik yaitu **ukuran, bentuk, rotasi dan getarannya** diabaikan tetapi **massanya tidak**. Dalam kinematika meliputi gerak :

- **Gerak satu dimensi**

- ▷ gerak lurus beraturan(glb)
- ▷ gerak lurus berubah beraturan(glbb)
- ▷ gerak lurus berubah tidak beraturan

- **Gerak dua dimensi**

- ▷ gerak melingkar
- ▷ gerak peluru

- **Gerak tiga dimensi**

Gerak benda yang mempunyai tiga komponen(x,y,z) misal gerak muatan dalam medan magnet dan medan listrik(tidak dibahas dalam kelas ini)

- **Gerak relatif**

Gerak benda yang diamati oleh pengamat pada saat bergerak atau diam.

Gerak benda titik

- Gerak benda dalam ruang dinyatakan dalam vektor perpindahan yaitu

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k} \quad (1)$$

- Dalam kinematika besaran-besaran yang mempengaruhi gerak benda adalah

- ▷ Perpindahan(displacement)
- ▷ Kecepatan(Velocity)
- ▷ Percepatan(Accelaration)

- Kecepatan terbagi atas

- ▷ kecepatan rerata; $\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$

- ▷ kecepatan sesaat; $\vec{v}_{ins} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

- Percepatan terbagi atas

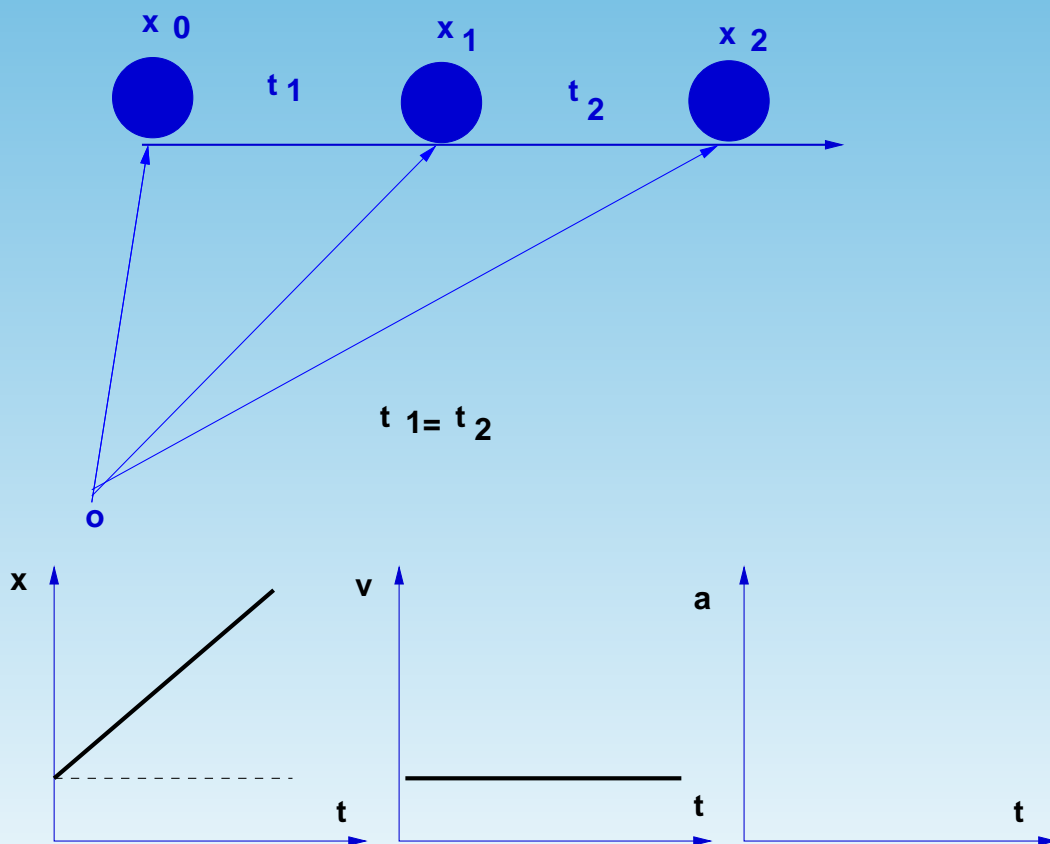
- ▷ Percepatan rerata; $\vec{a}_{avg} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

- ▷ Percepatan sesaat; $\vec{a}_{ins} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

Gerak Benda 1 Dimensi

👉 Gerak Lurus Beraturan (GLB)

- Gerak lurus beraturan adalah gerak benda titik yang membuat lintasan berbentuk garis lurus dengan jarak yang ditempuh tiap satu satuan waktu tetap baik besar dan arahnya.



Grafik perpindahan, kecepatan dan percepatan

Gbr. 1: Gerak lurus beraturan

- Secara umum bentuk persamaan untuk gerak lurus beraturan adalah

$$S(t) = S_0 + v_s t \rightarrow x(t) = x_0 + v_x t \quad (2)$$

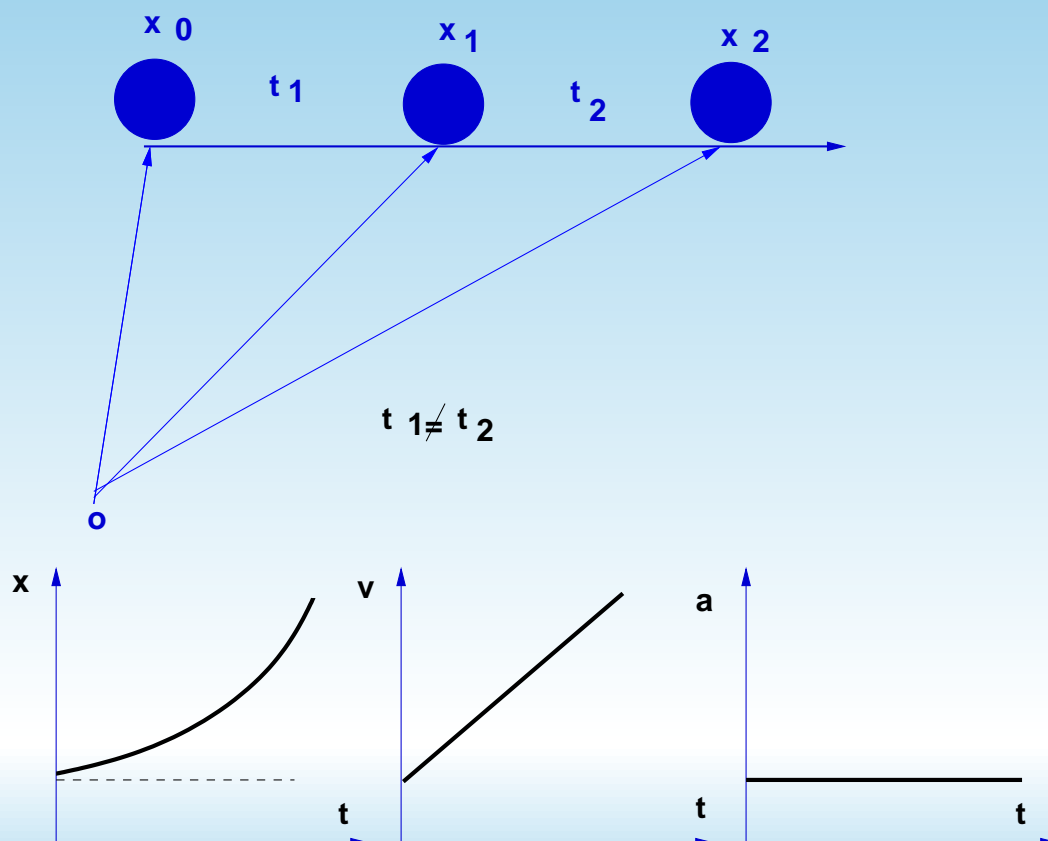
Persamaan kecepatan

$$\vec{t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v \text{ tetap} \quad (3)$$

pada GLB kecepatan rata-rata sama dengan kecepatan sesaat $v_{avg} = v_{ins}$

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB)

- Gerak lurus berubah beraturan adalah gerak benda titik dengan lintasan berbentuk garis lurus dengan jarak yang ditempuh tiap satu satuan waktu tidak sama besar, sedangkan arah gerak tetap.



Grafik perpindahan, kecepatan dan percepatan

Gbr. 2: Gerak berubah lurus beraturan

- Persamaan untuk GLBB

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (4)$$

$$v = v_0 + at; \quad v^2 = v_0^2 + 2ax \quad (5)$$

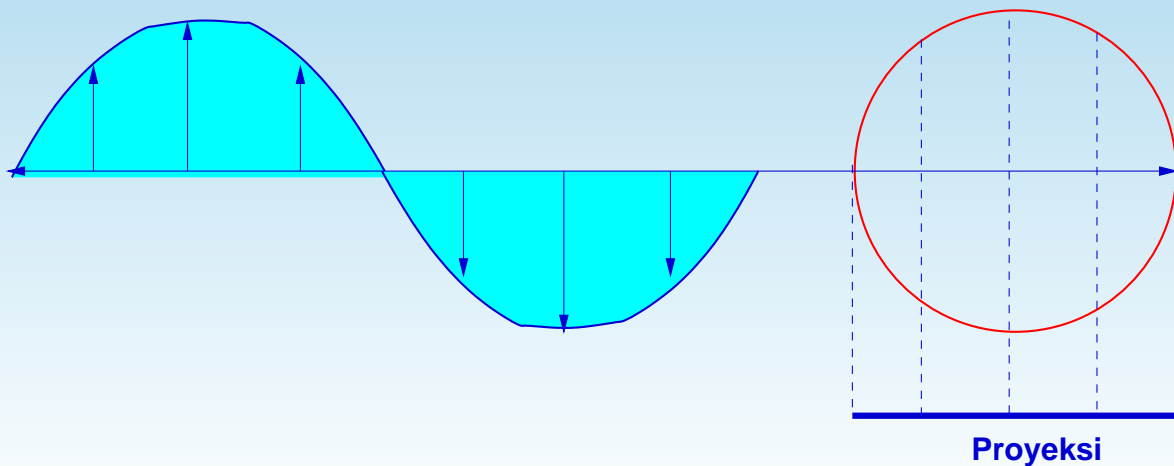
- Pada GLBB ada gerak diperlambat atau dipercepat. Contoh GLBB dipercepat adalah **gerak jatuh bebas**

$$y(t) = y_0 + \frac{1}{2}gt^2; \quad a = g = \text{tetap} \quad (6)$$

Gerak lurus berubah tidak beraturan

- Gerak lurus berubah tidak beraturan adalah gerak benda titik dengan lintasan garis lurus tetapi percepatan tidak tetap, baik besar maupun arahnya, contohnya : gerak harmonik

Gerak Harmonik



Gbr. 3: Gerak harmonik dan proyeksinya pada sebuah garis lurus

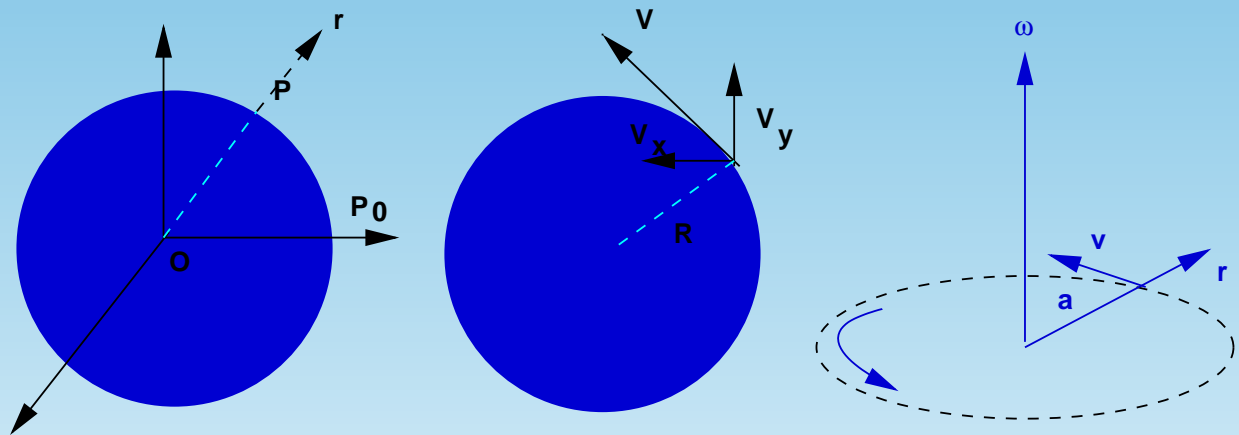
- Persamaan gerak harmonik

$$x(t) = R \cos \omega t; \quad y(t) = R \sin \omega t \quad (7)$$

Gerak Benda 2 Dimensi

👉 Gerak Melingkar

- Gerak melingkar adalah gerak sebuah benda titik dengan lintasan melingkar dengan jari-jari R . Untuk gerak melingkar beraturan panjang busur yang ditempuh tiap satu satuan waktu tetap dan setaip vektor posisi \vec{r} dari benda arahnya keluar sehingga $|\vec{r}| = R = \text{tetap}$ dan arah \vec{r} yang berubah tiap saat



Gbr. 4: Gerak melingkar, hubungan antara kecepatan sudut, $\vec{\omega}$, kecepatan \vec{v} dan percepatan \vec{a}

- Persamaan gerak melingkar

$$x(t) = R \cos \theta = R \cos \omega t \quad (\text{komponen x}) \quad (8)$$

$$y(t) = R \sin \theta = R \sin \omega t \quad (\text{komponen y})$$

dengan ω adalah kecepatan sudut(rad/s).

- Persamaan kecepatan

$$v_x(t) = -\omega R \sin \omega t; \quad v_y(t) = \omega R \cos \omega t \quad (9)$$

$$|v| = \sqrt{v_x(t)^2 + v_y(t)^2} = \omega R \quad (10)$$

- Percepatan gerak melingkar

$$a_x(t) = -\omega^2 R \cos \omega t = -\omega^2 x(t) \quad (11)$$

$$a_y(t) = -\omega^2 R \sin \omega t = -\omega^2 y(t)$$

$$|a| = \sqrt{a_x(t)^2 + a_y(t)^2} = \omega^2 R \quad (12)$$

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y = -\omega^2 \vec{r}$$

bentuk $|a| = \omega^2 R$ disebut **percepatan sentripetal**. Dalam notasi vektor $\vec{v}_T = \vec{\omega} \times \vec{r}$

- Pada gerak melingkar tidak beraturan, busur yang ditempuh tiap satu satuan tidak sama disebabkan kecepatan sudut tidak tetap. Maka timbul suatu percepatan yang disebut dengan **percepatan tangensial** yaitu

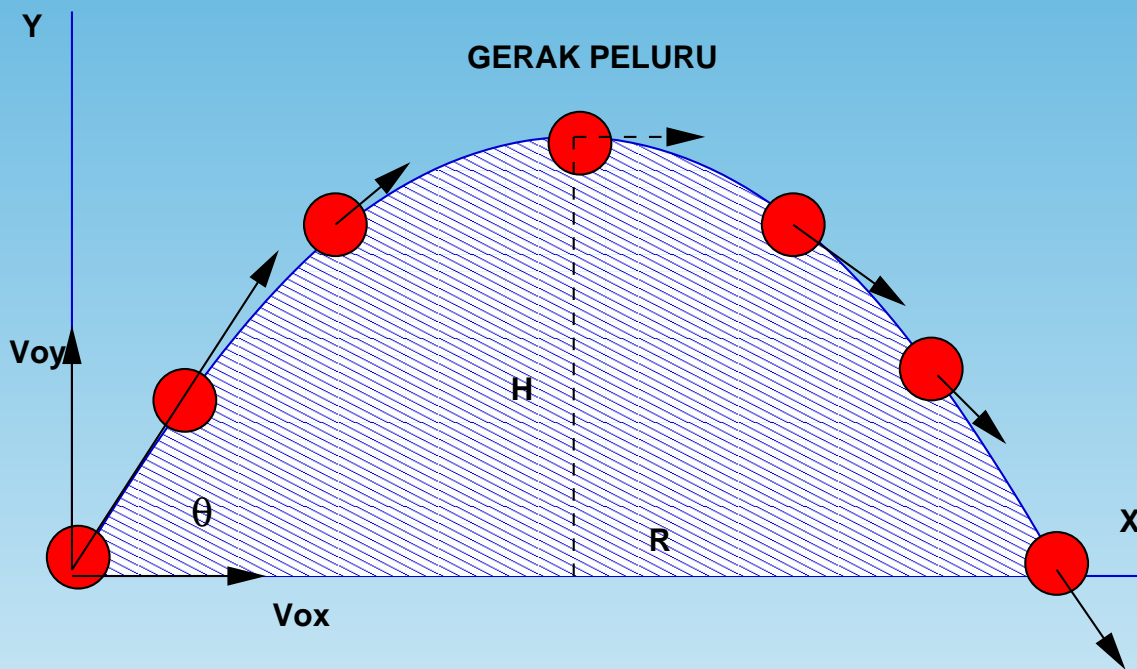
$$\vec{a}_T = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} R = R\alpha \quad (13)$$

α adalah percepatan angular/sudut (rad/s^2). Sehingga gerak melingkar tidak beraturan mempunyai 2 percepatan yaitu

$$\vec{a}_{\text{total}} = \vec{a}_{sp} + \vec{a}_T \rightarrow |\vec{a}_{\text{total}}| = \sqrt{\vec{a}_{sp}^2 + \vec{a}_T^2} \quad (14)$$

👉 Gerak Peluru

- Gerak peluru adalah gerak benda titik yang ditembakkan dengan arah yang tidak vertikal sehingga gerakanya hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi dan membentuk lintasan parabola.



Gbr. 5: Gerak peluru dengan H titik tertinggi dan R titik terjauh

- Persamaan gerak peluru

$$x = v_{ox}t; \quad v_{ox} = v_0 \cos \theta \quad (15)$$

$$y = v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2; \quad v_{oy} = v_0 \sin \theta \quad (16)$$

substitusikan Pers(15) ke Pers(16) menjadi persamaan pa-

rabola

$$\begin{aligned}
 y &= (v_0 \sin \theta) \frac{x}{v_0 \cos \theta} - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0 \cos \theta} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{\sin \theta}{\cos \theta} \right) x - \left(\frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2 \quad (17)
 \end{aligned}$$

- Tinggi tertinggi didapatkan pada kondisi $v_y = 0 \rightarrow t = \frac{v_{oy}}{g}$

$$H = \frac{1}{2} \frac{v_{oy}^2}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} \quad (18)$$

- Titik terjauh $y = 0 \rightarrow t = 2 \frac{v_{oy}}{g}$

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} \quad (19)$$

untuk mencapai nilai R maksimum syarat $\sin(2\theta) = 1 \rightarrow \theta = 45^\circ$

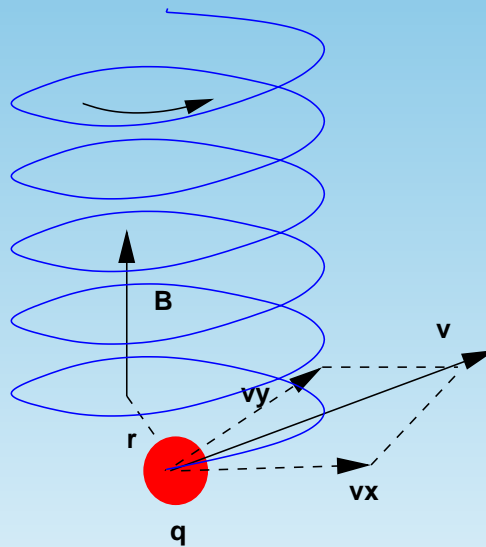
- Syarat-syarat gerak peluru
 - ▷ Jarak cukup kecil sehingga kelengkungan bumi dapat diabaikan.
 - ▷ Ketinggian cukup kecil sehingga perubahan kecepatan gravitasi terhadap ketinggian dapat diabaikan.

Gerak Tiga Dimensi

Gerak tiga dimensi dapat diilustrasikan pada sebuah muatan yang bergerak dalam medan magnet.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (20)$$

\vec{F} disebut juga **gaya Lorentz** pada kasus khusus tertentu biasanya sudut antara v dan B saling tegak lurus sehingga lintasan muatan tersebut berbentuk lingkaran.



Gbr. 6: Gerak muatan dalam medan magnet

Gerak Relatif

Gerak relatif adalah gerak sebuah benda yang berpusat pada kerangka acuan yang bergerak, sedangkan benda ini dan kerangka acuan ini bergerak terhadap kerangka acuan yang dianggap diam.

Hubungan vektornya

$$\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA} \quad (21)$$

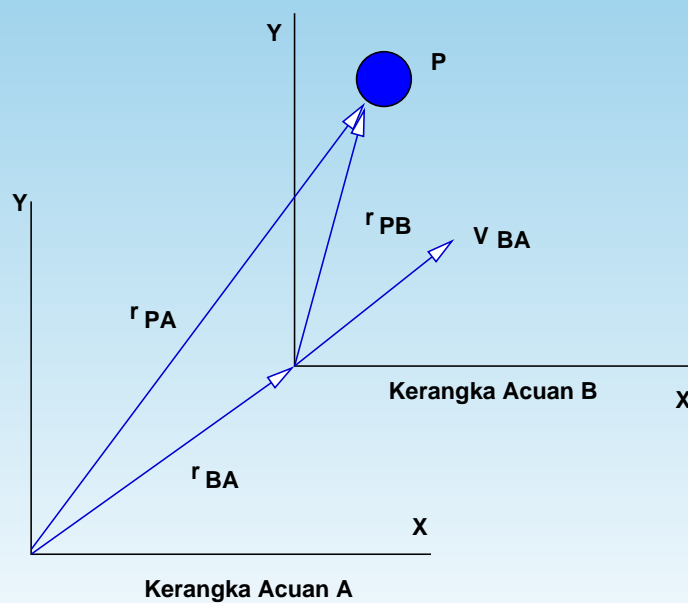
Hubungan vektor kecepatannya

$$\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA} \quad (22)$$

Hubungan percepatannya

$$\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB} + \vec{a}_{BA} \quad (23)$$

$$\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}; \quad \vec{a}_{BA} = 0$$



Gbr. 7: Gerak relatif benda P dalam dua kerangka acuan A dan B