

Momentum dan Impuls



Pada benda bergerak, dideskripsikan dengan besaran-besaran yang telah dipelajari antara lain

- Posisi
- Jarak
- Kecepatan
- Percepatan
- Waktu tempuh
- Energi kinetik
- Perpindahan
- Laju
- Gaya total

Ada yang merupakan besaran vektor ada yang merupakan besaran skalar

Besaran yang merupakan ukuran mudah atau sukarnya suatu benda mengubah keadaan geraknya (mengubah kecepatannya, diperlambat atau dipercepat) → *momentum*

Definisi momentum :

Hasil kali massa dan kecepatan

$$p = m \cdot v$$

Momentum → besaran vektor , satuannya kg.m/s

Karena Momentum merupakan besaran vektor, maka dapat ditulis dalam bentuk komponen-komponen vektor :

$$\vec{P}_x = m \vec{V}_x$$

$$\vec{P}_y = m \vec{V}_y$$

$$\vec{P}_z = m \vec{V}_z$$

Hubungan momentum dengan gaya dikemukakan oleh Isaac Newton dalam karyanya, *Principia* :

“ *perubahan momentum benda tiap satuan waktu sebanding dengan gaya resultan yang bekerja pada benda dan berarah sama dengan gaya tersebut* “.

Secara matematis pernyataan tersebut dituliskan sebagai :

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Laju perubahan momentum sebuah benda sama dengan gaya total yang diberikan padanya

$$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

$$\Sigma \vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{m(\vec{v} - \vec{v}_0)}{\Delta t}$$

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

Hk. Newton II

Dapat dituliskan sebagai

$$d\vec{p} = \vec{F}dt$$

Bila diintegrasikan untuk selang waktu $\Delta t = t_2 - t_1$

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt$$

Integral gaya terhadap selang waktu bekerjanya gaya disebut *impuls gaya* (I). Dengan demikian, impuls adalah

$$\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \Delta \vec{p}$$

Dengan kata lain, impuls gaya sama dengan perubahan momentum benda. Dikenal sebagai Teorema Impuls- Momentum.

Hukum kekekalan Momentum Linear

“ Bila resultan gaya luar yang bekerja pada benda sama dengan nol, momentumnya tetap atau kekal”.

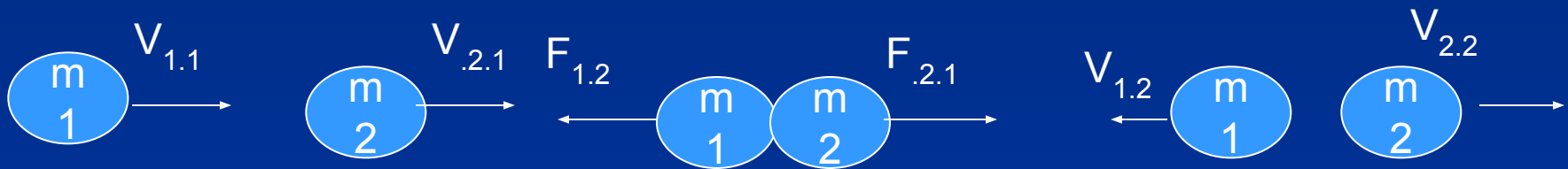
$$\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = 0 = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$$
$$m\vec{V}_2 = m\vec{V}_1$$

Dengan demikian :

$$\begin{aligned} \vec{p}_{1x} &= \vec{p}_{2x} \\ \vec{p}_{1y} &= \vec{p}_{2y} \\ \vec{p}_{1z} &= \vec{p}_{2z} \end{aligned}$$

Tumbukan Sentral

- Pada peristiwa tumbukan, bekerjalah impuls gaya, yaitu gaya yang bekerja hanya sesaat.
- Berlaku hukum Newton III aksi-reaksi



(a) sebelum tumbukan
tumbukan

(b) saat tumbukan

(c) sesudah

Akibat tumbukan, momentum sebelum dan sesudah tumbukan :

$$\Delta \vec{p}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}_{12} dt \quad \Delta \vec{p}_2 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}_{21} dt$$

Karena $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$, akibatnya :

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2 \quad \text{atau} \quad \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = 0$$

Dapat diambil kesimpulan bahwa perubahan momentum sistem karena peristiwa tumbukan sama dengan nol, atau momentum total sistem sebelum dan sesudah tumbukan konstan.

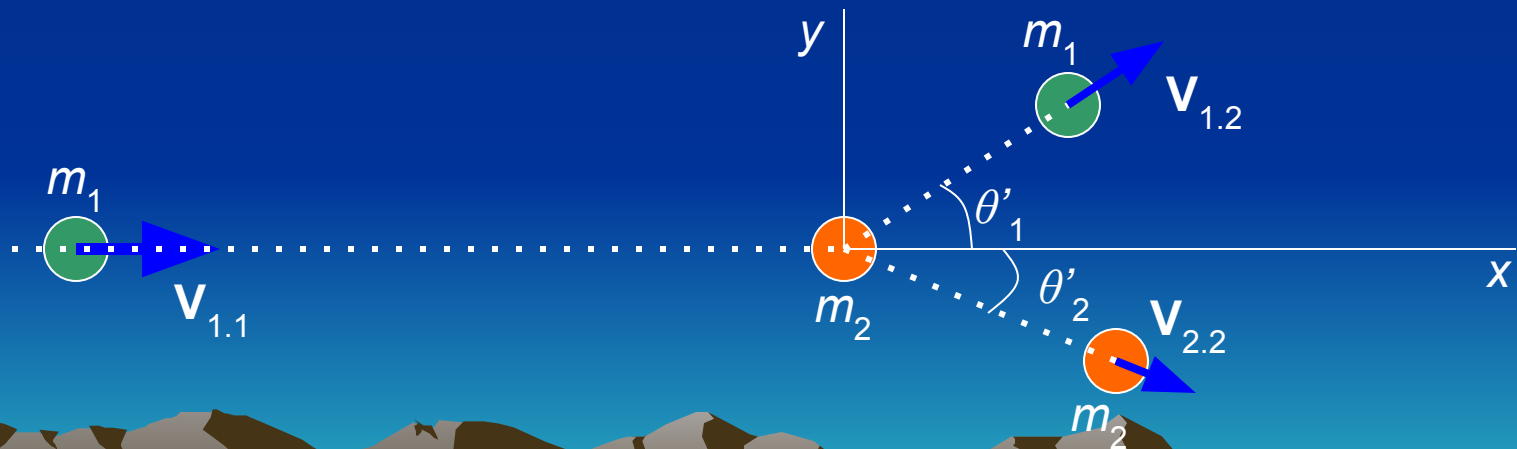
Tumbukan Sentral

Persamaan

$\Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = 0$ dapat dituliskan sebagai:

$$m_1 \vec{v}_{1,2} - m_1 \vec{v}_{1,1} + m_2 \vec{v}_{2,2} - m_2 \vec{v}_{2,1} = 0$$

atau $m_1 \vec{v}_{1,2} + m_2 \vec{v}_{2,2} = m_1 \vec{v}_{1,1} + m_2 \vec{v}_{2,1}$



Tumbukan Sentral

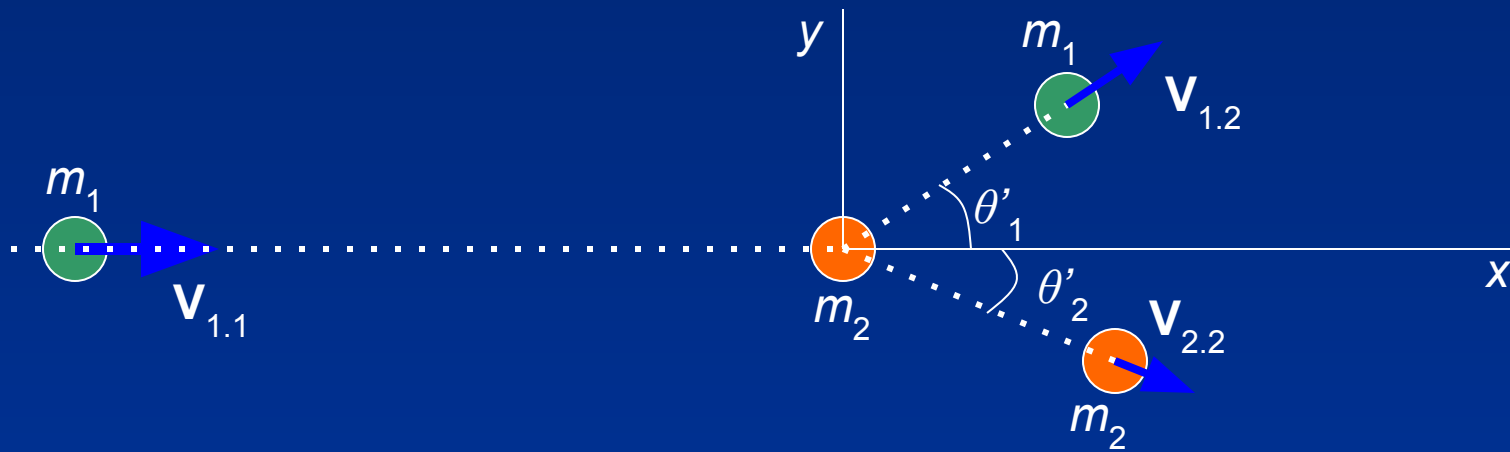
Persamaan

$$m_1 \vec{V}_{1,2} - m_1 \vec{V}_{1,1+} = m_2 \vec{V}_{2,2} - m_2 \vec{V}_{2,1}$$

atau

$$m_1 \vec{V}_{1,2} + m_2 \vec{V}_{2,2} = m_1 \vec{V}_{1,1+} + m_2 \vec{V}_{2,1}$$

Tumbukan Tidak Sentral



Tumbukan tidak sentral

Dapat ditulis sebagai :

$$m_1 \vec{V}_{1x,2} + m_2 \vec{V}_{2x,2} = m_1 \vec{V}_{1x,1} + m_2 \vec{V}_{2x,1}$$

$$m_1 \vec{V}_{1y,2} + m_2 \vec{V}_{2y,2} = m_1 \vec{V}_{1y,1} + m_2 \vec{V}_{2y,1}$$

$m_1 \vec{V}_{1x,2}$ = Komponen kecep. partikel 1 menurut sb x setelah tumbukan

$m_1 \vec{V}_{1y,2}$ = Komponen kecep. partikel 1 menurut sb y setelah tumbukan

Tumbukan Elastik Sempurna
adalah Tumbukan bercirikan momentum total
sistem dan energi kinetik total sistemnya tetap.

$$m_1 \vec{V}_{1,1} + m_2 \vec{V}_{2,1} = m_1 \vec{V}_{1,2} + m_2 \vec{V}_{2,2}$$

$$\frac{1}{2} m_1 V_{1,1}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2,1}^2 = \frac{1}{2} m_1 V_{1,2}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2,2}^2$$

Tumbukan tidak elastik sempurna

- Didefinisikan : Tumbukan yang momentum totalnya tetap, sedangkan energi kinetik total tidak tetap.



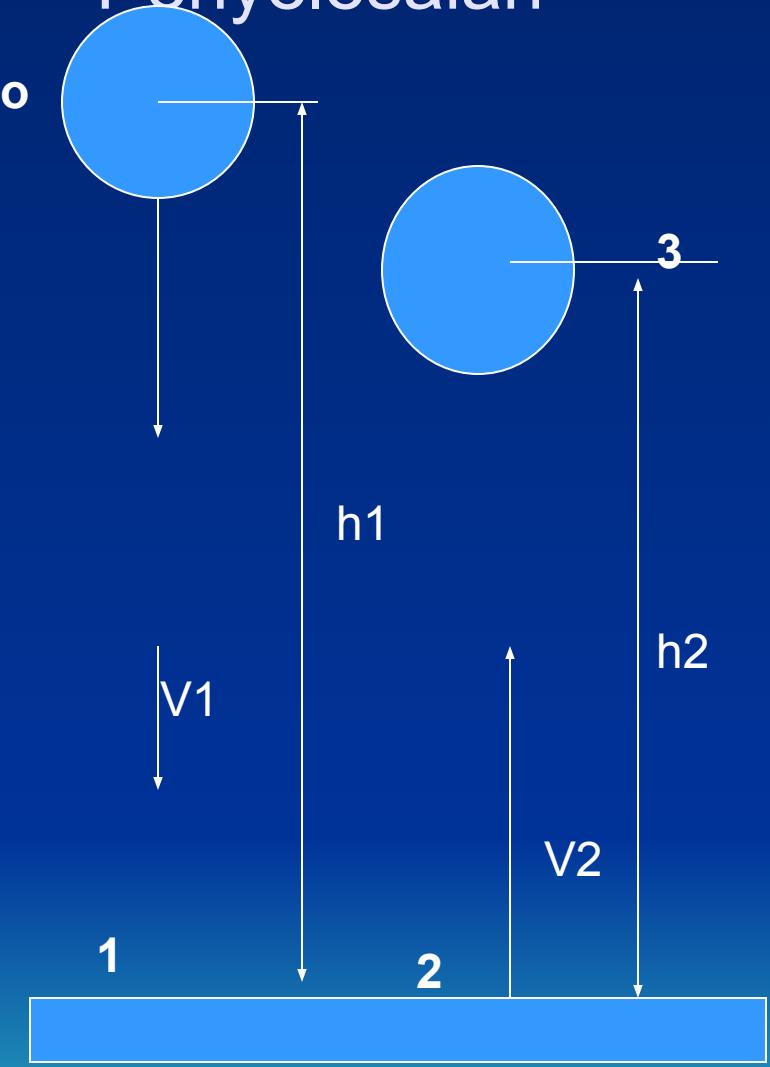
Setelah tumbukan kedua benda bergerak bersama-sama dengan kecepatan yang sama V_2

$$m_1 \vec{V}_{1,1} + m_2 \vec{V}_{2,1} = (m_1 + m_2) \vec{V}_2$$

Soal :

- Sebuah bola yang massanya 200 gram dijatuhkan bebas dari ketinggian 3 m di atas lantai. Setelah sampai di lantai bola dipantulkan kembali dan mencapai ketinggian 2 m. Tentukan :
 - a. Momentum bola sebelum dan sesudah mengenai lantai.
 - b. Gaya rata-rata yang diserahkan oleh lantai kepada bola, jika waktu tumbukan 0,01 detik.

Penyelesaian



a) $E_{k0} + E_{p0} = E_{k1} + E_{p1}$

$$\frac{1}{2} m_1 V_0^2 + mgh_0 = \frac{1}{2} m V_1^2 + mgh_1$$

$$0 + gh_1 = \frac{1}{2} V^2 + 0$$

$$V_1 = \dots?$$

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k3} + E_{p3} \quad V_2 = \dots?$$

Sebelum mengenai lantai $= P_1 = m V = (-)$

Sesudah mengenai lantai $: P_2 = mV = \dots$

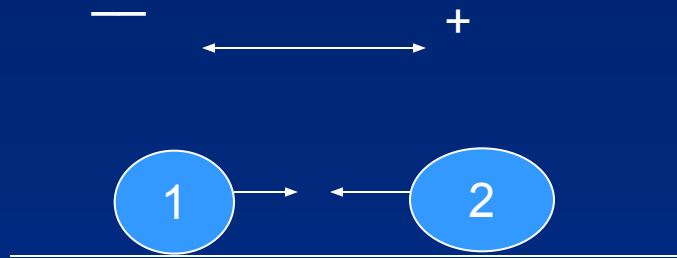
b) Gaya rata-rata $F\Delta t = P_2 - P_1$

Soal 2

Dua buah bola massanya $m_1 = 1 \text{ Kg}$ dan $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ bertumbukan. Kecepatan bola 1 = 6 m/det arah ke kanan dan kecepatan bola 2 = $4,5 \text{ m/det}$ ke kiri. Jika tumbukan tidak lenting sempurna, tentukan :

- a). Kecepatan partikel setelah tumbukan
- b). Energi kinetik yang hilang pada saat tumbukan.

Penyelesaian :



a). $m_1V_{1.1} + m_2V_{2.1} = (m_1+m_2)V$

$$V = \dots$$

b). Sebelum tumbukan

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 V_{1.1}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2.1}^2$$

Sesudah tumbukan

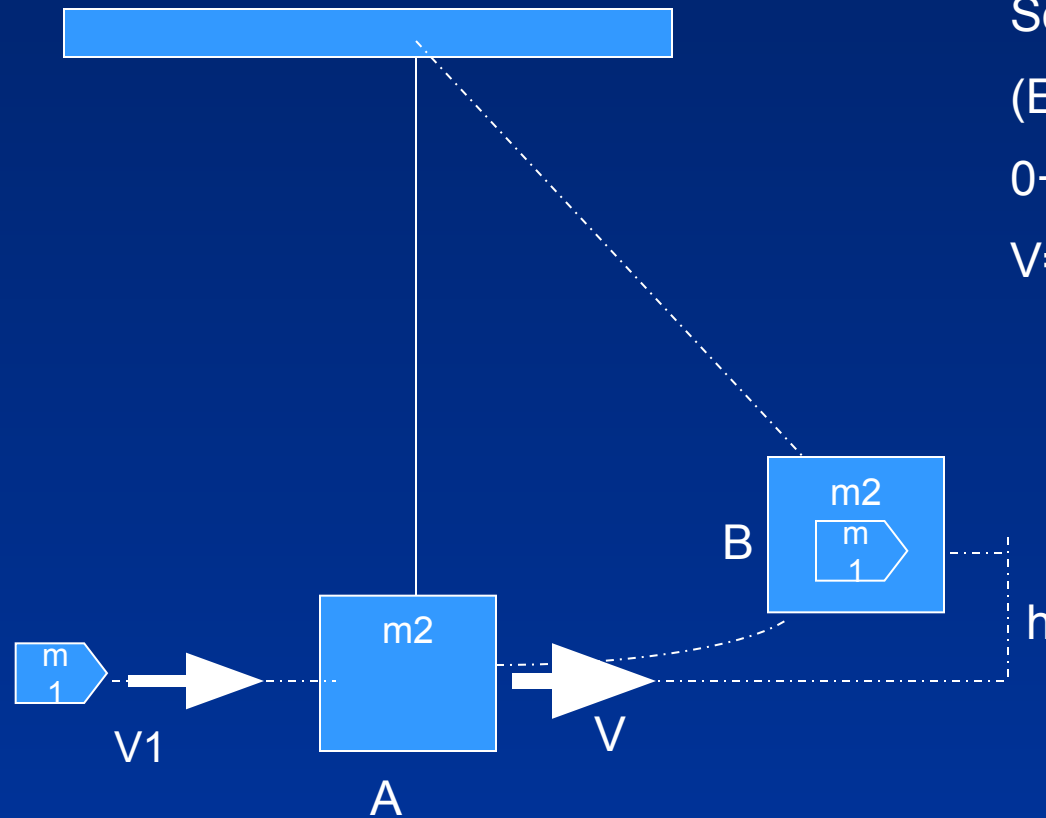
$$E_{k'} = \frac{1}{2} (m_1+m_2) V^2$$

$$\text{Energi yang hilang} = E_k - E_{k'}$$

Soal 3

- Sebuah balok kayu yang massanya 4 kg digantungkan pada seutas tali. Sebuah peluru ditembakkan ke arah balok hingga bersarang di dalamnya, akibatnya balok menyimpang setinggi 50 cm dari posisi semula. Bila massa peluru 0,02 kg, hitunglah kecepatan peluru sebelum mengenai balok.

Penyelesaian



Setelah peluru masuk ke dalam balok :

$$(E_p + E_k)_A = (E_p + E_k)_B$$

$$0 + \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = (m_1 + m_2)gh + 0$$

$$v = \sqrt{2gh} \longrightarrow v = 3,131 \text{ m/det.}$$

Ketika peluru tepat akan masuk ke dalam balok

$$m_1 v_{1.1} + m_2 v_{2.1} = (m_1 + m_2) v$$

$$m_1 v_{1.1} + 0 = (m_1 + m_2) v$$

$$v_{1.1} = \dots (629,3 \text{ m/det})$$