Momentum

Momentum Linier

- Konsep momentum: berguna untuk menerangkan benda (obyek) yang sedang bergerak
- Momentum linier suatu partikel bermassa m yang bergerak dengan kecepatan v didefinisikan sebagai hasil kali massa dan kecepatan

$$p = mv$$

- Momentum partikel tergantung pada massa dan kecepatannya
- Momentum linier merupakan vektor
- Arahnya sama dengan arah kecepatan v
- Satuan (SI) : kg.m/s

Hk. Newton dan Momentum

- Dengan menggunakan Hk. Newton 2 didapatkan hubungan antara momentum linear suatu partikel dengan gaya resultan yang bekerja pada partikel tersebut.

$$\sum F = ma = m\frac{dv}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = \frac{dp}{dt}$$

Laju perubahan momentum suatu partikel sama dengan gaya total yang bekerja pada partikel

Kekekalan Momentum

- Jika sistem terisolasi dan gaya total ∑F = 0 :

$$\sum F = 0 \qquad \frac{dp}{dt} = 0$$

$$dp = 0 \,(\text{konstan})$$

$$p_{awal} = p_{akhir} \rightarrow \text{hukum kekekalan momentum}$$

Impuls

$$F = \frac{dp}{dt} \qquad dp = Fdt$$

jika momentum berubah dari p_i pada t_i

menjadi p_2 pada t_2

Integrasi menghasilkan :

$$\Delta p = p_f - p_i = \int_{t_i}^{t_f} F dt$$

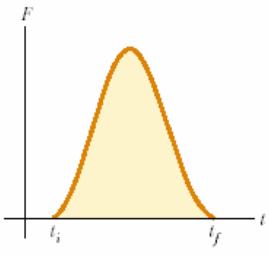
Impuls dari gaya F yang bekerja pada partikel pada interval waktu $\triangle t = t_f - t_i$

$$I = \int_{t_i}^{t_f} F dt = \Delta p$$

Teorema Impuls - Momentum
Impuls dari gaya yang bekerja pada partikel sama dengan perubahan momentum dari partikel tersebut

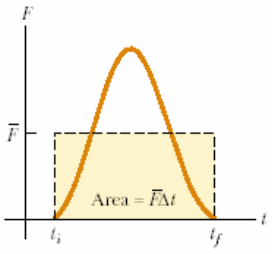
Impuls

- Impuls merupakan vektor, arahnya sesuai dengan perubahan momentum



Gaya bervariasi dengan waktu

Impuls: luas di bawah kurva gaya F vs interval waktu $\triangle t$



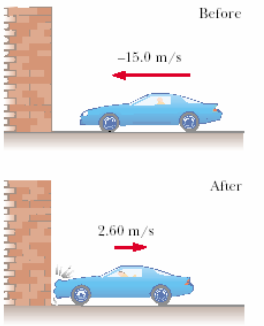
Jika F konstan :

$$I = F\Delta t$$

Contoh Soal Impuls

- Pada *Crash Test* mobil yang bermassa 1500 kg ditubrukkan pada dinding sehingga memantul. Kecepatan awal dan akhir mobil adalah v_i= -15 m/s dan v_f= 2.6 m/s. Jika tubrukan terjadi selama 0.15 s, tentukan:

  Impuls yang disebabkan tubrukan dan gaya rata-rata yang terjadi pada mobil





$$p_i = mv_i = (1500kg)(-15m/s) = -2.25\times10^4 kg.m/s$$

$$p_f = mv_f = (1500kg)(2.6m/s) = 0.39\times10^4 kg.m/s$$

$$I = \Delta p = p_f - p_i = 2.64\times10^4 kg.m/s$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2.64\times10^4}{0.15} = 1.76\times10^5 N$$

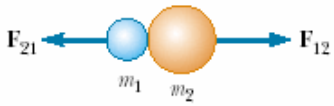
Tumbukan

2 buah partikel bermassa m_1 dan m_2 bertumbukan dan tidak ada gaya luar bekerja pada partikel:

F_{21} = gaya yang diberikan partikel 2 pada 1

Perubahan momentum partikel 1 akibat tumbukan :

$$\Delta p_1 = \int_{t_i}^{t_f} F_{21} dt$$



F_{12} = gaya yang diberikan partikel 1 pada 2

Perubahan momentum partikel 2 akibat tumbukan :

$$\Delta p_2 = \int_{t_i}^{t_f} F_{12} dt$$

Momentum total dari sebuah sistem yang terisolasi sebelum tumbukan sama dengan momentum total setelah tumbukan

Dari Hk. Newton 3 : $\Delta p_1 = \Delta p_2$

sehingga $\Delta p_1 + \Delta p_2 = 0$

Karena momemtum total sistem $p_{sistem} = p_1 + p_2$

perubahan momentum sistem akibat tumbukan = 0

$$p_{sistem} = p_1 + p_2 = \text{konstan}$$

Jenis Tumbukan

- 1. Tumbukan Lenting Sempurna (*Elastic*)
  Energi kinetik total sebelum dan sesudah tumbukan sama.
- 2. Tumbukan Lenting Sebagian (*Inelastic*)
  Energi total sebelum dan setelah tumbukan tidak sama. Sebagian energi ada yang hilang.
- 3. Tumbukan Tidak Lenting (*Perfectly Inelastic*)
  Energi total sebelum dan setelah tumbukan tidak sama. Setelah tumbukan partikel-partikel yang bertumbukan melekat menjadi satu
- Pada semua jenis tumbukan, momentum total sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama.

Tumbukan Lenting Sempurna

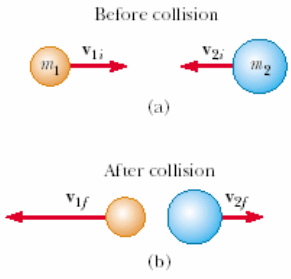
- Energi kinetik dan momentum sebelum dan sesudah tumbukan sama

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^{\ 2} + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^{\ 2} = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^{\ 2} + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^{\ 2}$$

$$m_1 (v_{1i} - v_{1f}) = m_2 (v_{2f} - v_{2i})$$

$$v_{1i} + v_{1f} = v_{2f} + v_{2i}$$

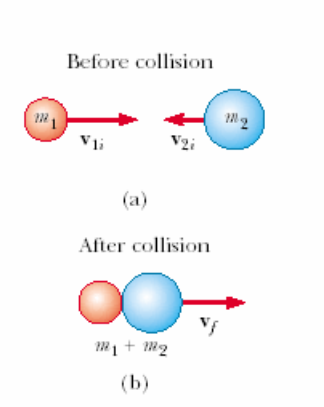


Tumbukan Tidak Lenting

- Energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan tidak sama tetapi momentum sama.

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$$

$$v_f = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2}$$



Contoh Soal Tumbukan

Pendulum balistik

Jika peluru adalah partikel 1 dan balok kayu partikel 2 :

Energi kinetik total setelah tumbukan :

$$K_f = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_f^2$$

dari pers : $v_f = \dfrac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2}$

dengan $v_{2i} = 0$, didapatkan $v_f = \dfrac{m_1 v_{1i}}{m_1 + m_2}$

sehingga $K_f = \dfrac{m_1^2 v_{1i}^2}{2(m_1 + m_2)}$

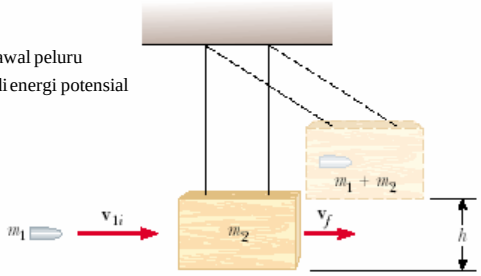


Energi kinetik total setelah tumbukan < energi kinetik awal peluru

Energi mekanik konstan : energi kinetik diubah menjadi energi potensial

$$\frac{m_1^2 v_{1i}^2}{2(m_1 + m_2)} = (m_1 + m_2) gh$$

sehingga : $v_{1i} = \left(\dfrac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$

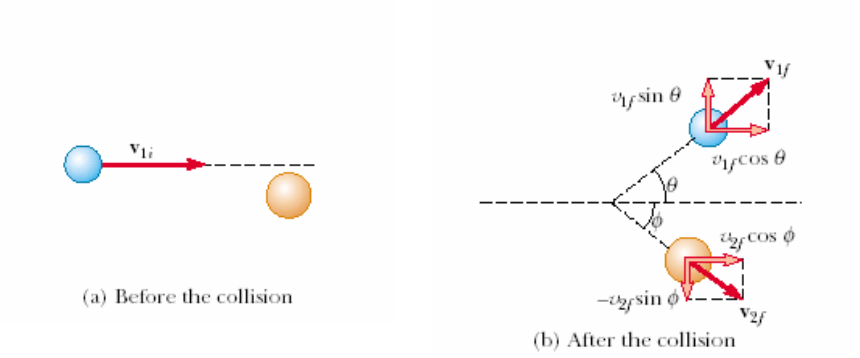


Tumbukan 2 Dimensi

- Momentum total pada arah setiap arah x dan y adalah konstan

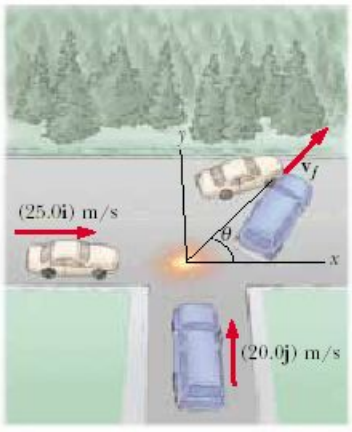
$$m_1 v_{1ix} + m_{2ix} = m_1 v_{1fx} + m_2 v_{2fx}$$

$$m_1 v_{1iy} + m_{2iy} = m_1 v_{1fy} + m_2 v_{2fy}$$



Contoh Soal Tumbukan 2 Dimensi

- Sebuah mobil sedan yang massanya 1500 kg dan bergerak ke arah timur dengan laju 25 m/s bertabrakan dengan sebuah mobil van yang massanya 2500 kg dan lajunya 20 m/s pada suatu simpang jalan.Tentukan arah dan besar kecepatan dari kedua mobil setelah tabrakan. Asumsikan tumbukan tidak lenting (setelah tumbukan kedua mobil bersatu).



Arah timur sepanjang sumbu x positif dan arah utara sepajang sumbu y positif

Sebelum tabrakan hanya mobil sedan yang mempunyai momentum pada arah x, sehingga

Momentum total awal sistem (sedan + van) pada arah x :

$\Sigma p_{xi} = (1500\text{kg})(25\text{m/s}) = 3.75\times10^{4}\,\text{kg.m/s}$

Jika setelah tumbukan laju sedan + van v_f dan arahnya θ momentum total setelah tabrakan pada arah x

$\Sigma p_{xf} = (4000\text{kg})v_f\cos\theta$

Karena momentum total arah x konstan :

$\Sigma p_{xi} = \Sigma p_{xf}$

$3.75\times10^{4}\,\text{kg.m/s} = (4000\text{kg})v_f\cos\theta$

momentum total awal pada arah y dari van :

$\Sigma p_{yi} = (2500\text{kg})(20\text{m/s})$

momentum setelah tabrakan pada arah y :

$\Sigma p_{yf} = (4000\text{kg})v_f\sin\theta$

kekekalan momentum arah y :

$\Sigma p_{yi} = \Sigma p_{yf}$

$(2500\text{kg})(20\text{m/s}) = (4000\text{kg})v_f\sin\theta$

dari pers (2) dan (1) : $\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = 1.33$ sehingga $\theta = 53.1^{\circ}$

dan $v_f = 15.6 m/s$

