

MOMENTUM LINEAR DAN TUMBUKAN

1. MOMENTUM LINEAR

Momentum sebuah partikel adalah sebuah vektor \mathbf{P} yang didefinisikan sebagai perkalian antara massa partikel m dengan kecepatannya, \mathbf{v} , yaitu:

$$\vec{P} = m\vec{v} \quad (1)$$

Isac Newton dalam *Principia* menyebut hukum gerak yang kedua dalam bahasa momentum yang ia sebut sebagai "kuantitas gerak". Dalam istilah modern, hukum kedua Newton berbunyi: "*Perubahan momentum (kuantitas gerak) benda tiap satuan waktu sebanding dengan gaya resultan yang bekerja pada benda dan berarah sama dengan gaya tersebut.*" Secara matematis pernyataan ini dituliskan:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (2)$$

Jika komponen \mathbf{P} diuraikan, dengan menganggap m bernilai konstan, maka hukum II Newton dituliskan sebagai:

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (3)$$

Pada kenyataannya, Hukum II Newton lebih sering dituliskan dalam bentuk Persamaan (3) di atas.

Pada sebuah sistem partikel yang memiliki n buah partikel, masing-masing memiliki momentum $\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \dots, \mathbf{p}_n$. Jika dilihat secara keseluruhan, sistem partikel tersebut mempunyai momentum \mathbf{P} ,

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n \quad (4)$$

Selengkapnya dituliskan:

$$\vec{P} = m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2 + \dots + m_n\mathbf{v}_n \quad (5)$$

Jika massa total sistem adalah M dan kecepatan pusat massanya adalah \mathbf{v}_{pm} , maka:

$$\vec{P} = M\vec{v}_{pm} \quad (6)$$

“Momentum total sistem partikel sama dengan perkalian massa total sistem partikel dengan kecepatan pusat massanya”

Jika Persamaan (6) dibagi dengan dt , maka diperoleh:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(M\vec{v}_{pm})}{dt} = M \frac{d\vec{v}_{pm}}{dt}, \quad (7)$$

Dan akhirnya diperoleh:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = M\vec{a}_{pm} \quad (8)$$

$M\vec{a}_{pm}$ didefinisikan sebagai gaya eksternal (F_{eks});

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{eks} \quad (9)$$

F_{eks} didefinisikan sebagai gaya eksternal yang bekerja pada sistem partikel. Penyebutan ini bermaksud agar tidak rancu dengan keberadaan gaya internal antar partikel. Adapun jumlahan gaya internal antar partikel adalah nol, karena masing-masing saling meniadakan.

2. KEKALKAN MOMENTUM LINEAR

Seandainya jumlah semua gaya eksternal yang bekerja pada sistem sama dengan nol, maka:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \text{ atau } \vec{P} = \text{Konstan} \quad (10)$$

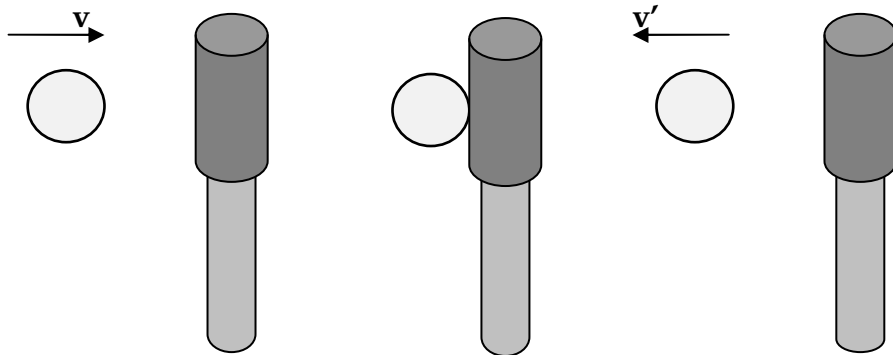
Bila momentum total sistem $\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$, maka:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \text{Konstan} = \vec{P}_0 \quad (11)$$

Momentum masing-masing partikel dapat berubah, tetapi momentum sistem tetap konstan.

3. IMPULS dan MOMENTUM

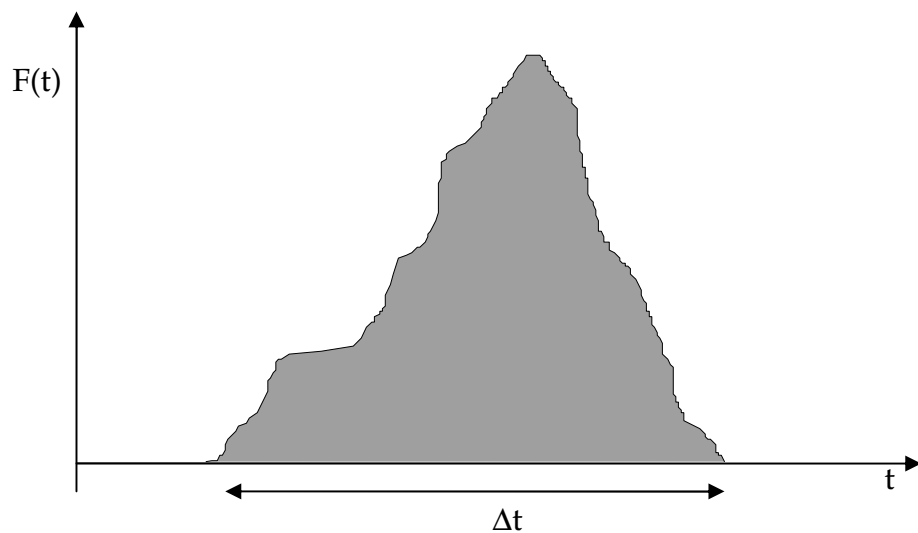
Dalam suatu tumbukan, misalnya bola yang dihantam tongkat pemukul, tongkat bersentuhan dengan bola hanya dalam waktu yang sangat singkat, sedangkan pada waktu tersebut tongkat memberikan gaya yang sangat besar pada bola. Gaya yang cukup besar dan terjadi dalam waktu yang relatif singkat ini disebut *gaya impulsif*.



Gambar 1. Proses Tumbukan Sebuah Bola dengan Pemukul

Pada peristiwa tumbukan semacam itu, tongkat memberikan gaya kepada bola dengan arah gaya yang tetap. Tumbukan dimulai pada saat t_1 dan berakhir pada saat t_2 . Sebelum dan sesudah tumbukan gayanya adalah nol, namun selama rentang t_1 dan t_2 gaya berubah dari nol menjadi sangat besar sebelum akhirnya kembali ke nol lagi.

Perubahan gaya impulsif terhadap waktu ketika terjadi tumbukan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Perubahan Besarnya Gaya Sebagai Fungsi Waktu

Tampak bahwa gaya impulsif tersebut tidak konstan. Dari Persamaan (2) tentang hukum II Newton diperoleh:

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

Persamaan tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk:

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \int_{P_1}^{P_2} d\vec{P} \quad (12)$$
$$\vec{F}(t_2 - t_1) = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$$

Ruas kiri Persamaan (12) tersebut dikenal sebagai impuls sedangkan ruas kanan merupakan perubahan momentum. Impuls menunjukkan besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda dalam rentang waktu yang sangat kecil. Berdasarkan Persamaan di atas, impuls juga didefinisikan sebagai perubahan momentum.

Persamaan (12) juga dapat diturunkan dengan cara sebagai berikut:

Persamaan (2) tentang Hukum II Newton dapat dituliskan dengan cara:

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} \quad (13)$$

Persamaan tersebut dapat ditata-ulang menjadi:

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{P} \quad (14)$$

Besaran $F\Delta t$ adalah impuls \vec{J} , sehingga akhirnya diperoleh:

$$\vec{J} = \vec{F}\Delta t = \Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1 \quad (15)$$

Teorema Impuls-Momentum: *Impuls dari sebuah gaya sama dengan perubahan momentum partikel*

Contoh Soal:

Seseorang melempar bola bermassa 0,4 kg menumbuk dinding. Bola menumbuk dinding dengan kecepatan 30 m/s ke kiri dan memantul horizontal ke kanan pada 20 m/s. a) Carilah impuls dari gaya total pada bola selama tumbukan dengan dinding! b) Jika bola bersentuhan dengan dinding selama 0,01 s, carilah gaya horizontal rata-rata yang diberikan oleh dinding pada bola selama tumbukan!

Penyelesaian:

a) Dengan menggunakan Persamaan (15) dan menganggap gerakan ke kanan sebagai positif sedangkan ke kiri sebagai negatif, diperoleh:

$$J = P_2 - P_1 = mv_2 - mv_1$$

$$J = ((0,4 \text{ kg}) (20 \text{ m/s})) - ((0,4 \text{ kg})(-30\text{m/s}))$$

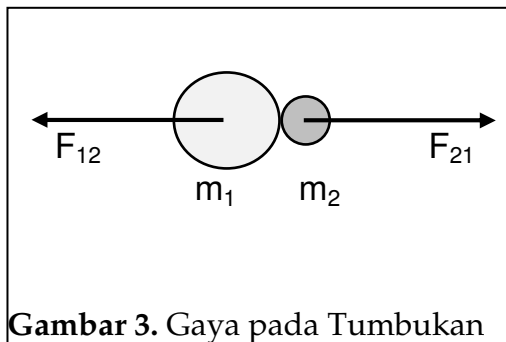
$$J = 8 \text{ kg.m/s} - (-12 \text{ kg.m/s})$$

$$J = 20 \text{ kg.m/s} = 20 \text{ N.s}$$

b) Jika waktu tumbukan adalah $\Delta t = 0,01 \text{ s}$, maka dari Persamaan (15) juga diperoleh:

$$\vec{J} = \vec{F}\Delta t, \text{ maka } \vec{F} = \frac{\vec{J}}{\Delta t} = \frac{20}{0,01} \text{ N} = 2000 \text{ N}$$

4. KEKALKAN MOMENTUM DALAM TUMBUKAN



Dua buah partikel saling bertumbukan. Pada saat bertumbukan kedua partikel saling memberikan gaya (aksi-reaksi). F_{12} merupakan gaya yang bekerja pada partikel 1 oleh partikel 2 dan F_{21} merupakan gaya yang bekerja pada partikel 2 oleh partikel 1.

Perubahan momentum pada partikel 1 :

$$\Delta \vec{P}_1 = \int_{t_1}^{t_2} F_{12} dt = F_{12} \Delta t \tag{16}$$

Perubahan momentum pada partikel 2:

$$\Delta \vec{P}_2 = \int_{t_1}^{t_2} F_{21} dt = F_{21} \Delta t \tag{17}$$

Karena $F_{21} = - F_{12}$ maka:

$$\Delta p_1 = - \Delta p_2 \tag{18}$$

Momentum total sistem: $\mathbf{P} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2$ dan perubahan momentum total sistem:

$$\Delta P = \Delta p_1 + \Delta p_2 = 0 \quad (19)$$

Kekekalan Momentum: *“Jika tidak ada gaya eksternal yang bekerja, maka tumbukan tidak mengubah momentum total sistem”.*

Secara matematis dituliskan:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2, \quad (20)$$

Catatan: selama tumbukan, gaya eksternal (gaya gravitasi, gaya gesek) sangat kecil dibandingkan dengan gaya impulsif, sehingga gaya eksternal tersebut dapat diabaikan.

Contoh soal:

Dua buah balok A dan B berturut-turut memiliki massa 0,5 kg dan 0,3 kg bergerak berhadapan satu dengan yang lain pada lintasan linier licin sempurna dengan v_a : 2 m/s dan v_b : - 2 m/s. Sesudah tumbukan, balok B berjalan dengan kecepatan akhir +2 m/s. Berapakah kecepatan akhir balok A? Bagaimana perbandingan perubahan momentum dari kedua balok?

Penyelesaian:

Dari kekekalan momentum:

$$m_a v_a + m_b v_b = m_a v'_a + m_b v'_b$$

$$v'_a = \frac{m_a v_a + m_b v_b - m_b v'_b}{m_a} = \frac{(0,5 \text{ kg})(2 \text{ m/s}) + (0,3 \text{ kg})(-2 \text{ m/s}) - (0,3 \text{ kg})(2 \text{ m/s})}{0,5 \text{ kg}}$$

Diperoleh $v'_a = - 0,4 \text{ m/s}$.

Perubahan momentum balok A adalah:

$$m_a v'_a - m_a v_a = (0,5 \text{ kg})(-0,4) - (0,5 \text{ kg})(2 \text{ m/s}) = - 1,2 \text{ kg.m/s}$$

Perubahan momentum balok B adalah:

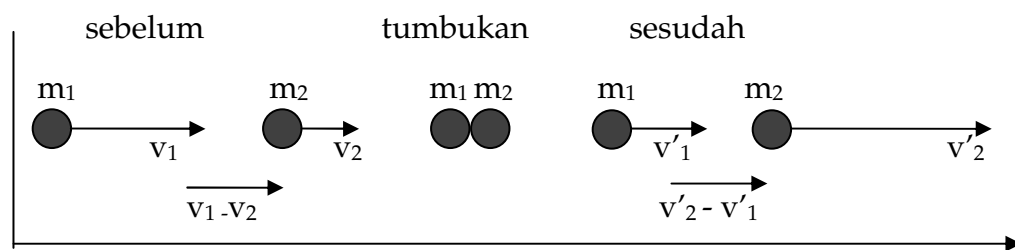
$$m_b v'_b - m_b v_b = (0,3 \text{ kg})(2 \text{ m/s}) - (0,3 \text{ kg})(-2 \text{ m/s}) = + 1,2 \text{ kg.m/s}$$

5. TUMBUKAN SATU DIMENSI

Tumbukan biasanya dibedakan dari kekal-tidaknya energi kinetik selama proses. Bila energi kinetik sistem kekal, tumbukan bersifat *elastik* (lenting). Sedangkan bila sebelum dan sesudah tumbukan energi kinetik berubah (tidak kekal), tumbukan dikatakan *tidak elastik*. Dalam kondisi setelah tumbukan kedua benda menempel dan bergerak bersama-sama, tumbukan dikatakan *tidak elastik sempurna*.

5.1. Tumbukan Elastik

Berikut ditunjukkan dua buah benda bermassa m_1 dan m_2 bergerak dengan kecepatan v_1 dan v_2 dengan $v_1 > v_2$. Pada saat awal, benda pertama berada di belakang benda kedua. Suatu ketika benda pertama menumbuk benda kedua, setelah itu kedua benda bergerak dengan kecepatan v'_1 dan v'_2 , kini $v'_1 < v'_2$.



Gambar 4. Proses dua buah benda bertumbukan

Pada tumbukan *elastik*, Energi Kinetik (dan juga momentum) sebelum dan sesudah tumbukan adalah konstan/tetap. Artinya, setelah tumbukan tidak terjadi pengurangan/penambahan jumlah energi kinetik. Dengan demikian pada tumbukan *elastik* berlaku dua hukum kekekalan, yakni hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi kinetik sekaligus.

Berdasarkan kekekalan momentum:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2,$$

dan dari kekekalan energi kinetik:

$$1/2 m_1 v_1^2 + 1/2 m_2 v_2^2 = 1/2 m_1 v'^2_1 + 1/2 m_2 v'^2_2$$

Maka jika kedua persamaan tersebut diselesaikan secara serentak, diperoleh:

$$v_1 - v_2 = v'_2 - v'_1 \quad (21)$$

5.2. Tumbukan tidak Elastik

Pada tumbukan tidak *elastik*, momentum sistem sebelum dan sesudah tumbukan tidak berubah:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2,$$

namun kekekalan energi kinetik tidak berlaku. Hal ini karena sebagian energi kinetiknya berkurang dan berubah menjadi energi potensial yang ditunjukkan adanya deformasi (perubahan bentuk).

Kini Persamaan (21) pada tumbukan elastis dimodifikasi menjadi:

$$\frac{v'_2 - v'_1}{v_1 - v_2} = e \quad (22)$$

e merupakan nilai koefisien resistusi. Beberapa nilai e dan hubungannya dengan elastisitas tumbukan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- $e = 1$ untuk tumbukan elastis
- $0 < e < 1$ untuk tumbukan tidak elastis
- $e = 0$ untuk tumbukan tidak elastis sempurna

5.3. Tumbukan tidak Elastis Sempurna

Pada tumbukan ini, setelah tumbukan kedua benda bersatu dan bergerak bersama-sama. Persamaan (20) tentang kekekalan momentum kini dituliskan sebagai berikut:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v' \quad (23)$$

Contoh soal:

Dua buah balok A dan B berturut-turut memiliki massa 0,5 kg dan 0,3 kg bergerak berhadapan satu dengan yang lain pada lintasan linier licin sempurna dengan $v_a = 2$ m/s dan $v_b = -2$ m/s. Jika sesudah tumbukan kedua balok menyatu dan bergerak bersama-sama, tentukan kecepatan akhir dan bandingkan energi kinetik awal dan akhir!

Penyelesaian:

Dari kekekalan momentum:

$$m_a v_a + m_b v_b = (m_a + m_b) v'$$

$$v' = \frac{m_a v_a + m_b v_b}{m_a + m_b} = \frac{(0,5 \text{ kg})(2 \text{ m/s}) + (0,3 \text{ kg})(-2 \text{ m/s})}{(0,5 \text{ kg} + 0,3 \text{ kg})} = 0,5 \text{ m/s}$$

Karena hasilnya positif, maka kedua balok menyatu dan sama-sama bergerak ke kanan.

Energi kinetik sebelum tumbukan,

$$K = \frac{1}{2} m_a v_a^2 + \frac{1}{2} m_b v_b^2 = \frac{1}{2} (0,5 \text{ kg})(2 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} (0,3 \text{ kg})(-2 \text{ m/s})^2 = 1,6 \text{ J}$$

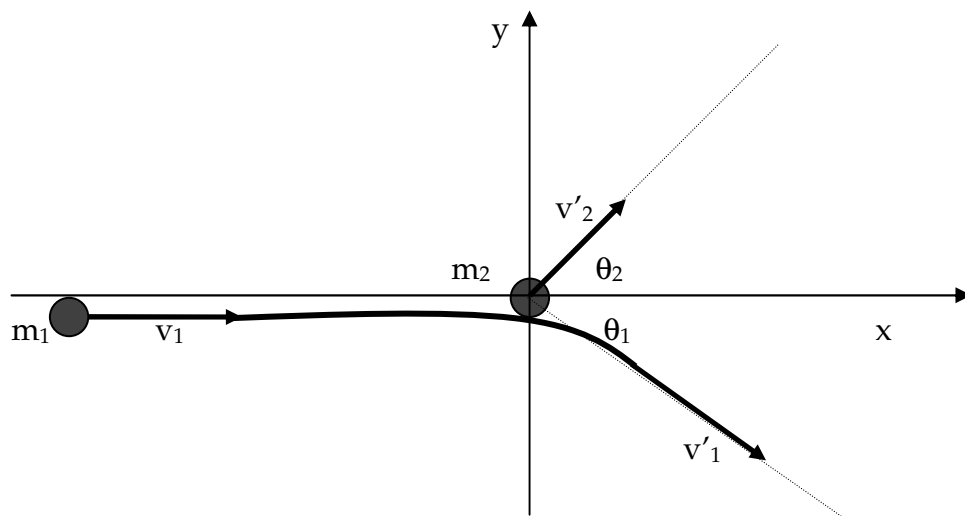
Energi kinetik sesudah tumbukan,

$$K' = \frac{1}{2} (m_a + m_b) v'^2 = \frac{1}{2} (0,5 \text{ kg} + 0,3 \text{ kg})(0,5 \text{ m/s})^2 = 0,1 \text{ J}$$

Tampak nilai $K > K'$, artinya setelah tumbukan tidak semua energi kinetik diubah menjadi energi kinetik, melainkan sebagian berubah menjadi energi lain.

6. TUMBUKAN DUA DIMENSI

Sebuah benda bermassa m_1 bergerak dengan kecepatan v_1 lalu menumbuk benda yang sedang diam dan bermassa m_2 . Tumbukan tidak persis terjadi pada bagian tengah dari kedua benda, sehingga benda pertama akan berbelok arah sumbu y negatif, sedangkan benda kedua terpental ke arah sumbu y positif, seperti ditunjukkan oleh gambar.



Gambar 5. Tumbukan Dua Dimensi

Setelah terjadi tumbukan, masing-masing benda bergerak dengan membentuk sudut θ_1 dan θ_2 terhadap sumbu x. Akibatnya gerakan setelah tumbukan harus dianalisis sebagai gerakan dua dimensi (x dan y). Oleh karena itu diperoleh kekekalan momentum, untuk komponen gerak dalam arah x :

$$m_1 v_1 = m_1 v'_1 \cos \theta_1 + m_2 v'_2 \cos \theta_2 \quad (24)$$

sedangkan untuk komponen gerak dalam komponen y kekekalan momentum menjadi:

$$0 = m_1 v'_1 \sin \theta_1 - m_2 v'_2 \sin \theta_2 \quad (25)$$

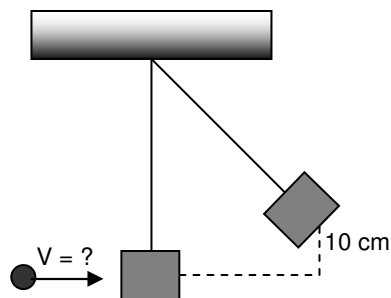
Bila dianggap tumbukannya *elastis*, berlaku kekekalan energi kinetik:

$$1/2 m_1 v_1^2 = 1/2 m_1 v'^2_1 + 1/2 m_2 v'^2_2 \quad (26)$$

Bila keadaan awal diketahui, masih ada 4 besaran yang tidak diketahui, tetapi persamaannya hanya 3, oleh karena itu salah satu besaran keadaan akhir harus diberikan.

Soal Latihan:

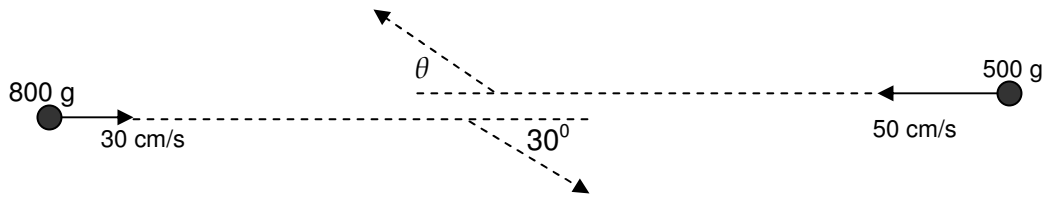
1. Seorang penembak memegang sebuah senapan dengan massa 3 kg secara tidak erat agar sentakanbaliknya tidak menyakitkan ketika ditembakkan. Jika peluru yang ditembakkan bermassa 5 g dan bergerak secara horizontal dengan kecepatan 300 m/s, a) berapa kecepatan pegas pada senapan? b) berapakah momentum dan energi kinetik akhir dari peluru, c) juga momentum dan energi kinetik akhir senapan?
2. Sebuah peluru 15 g bergerak dengan kecepatan 300 m/s melewati sebuah lapisan *foam plastik* (plastik busa) setebal 2 cm dan muncul dengan kecepatan 90 m/s. Berapakah gaya rata-rata yang menghalangi gerakan pada saat peluru melalui plastik busa tersebut?
3. Perhatikan Gambar 6. Peluru 15 g ditembakkan dalam arah mendatar ke dalam balok kayu 3 kg yang digantungkan pada tali yang panjang. Peluru menancap pada kayu itu. Tentukan kecepatan peluru jika tumbukan tersebut menyebabkan balok itu bergerak sampai 10 cm di atas kedudukan semula.



Gambar 6

4. Sebuah bola 1 kg bergerak dengan kecepatan 12 m/s bertumbukan dengan bola 2 kg yang bergerak tepat berlawanan dengan kecepatan 24 m/s. Tentukan kecepatan masing-masing bola sesudah tumbukan jika a) koefisien resistusinya $2/3$, b) kedua bola menjadi satu, c) tumbukan bersifat lenting sempurna.

5. Kedua bola pada Gambar 7 bertumbukan menurut gambar. Berapakah kecepatan akhir bola 500 g jika sesudah tumbukan bola 800 g diketahui kecepatannya 15 cm/s.



Gambar 7

Kunci Soal Latihan:

1. Diketahui:

- $m_s: 3 \text{ kg}, m_p: 5 \text{ g} = 5 \times 10^{-3} \text{ kg}, v_p'=300 \text{ m/s}$

Ditanya v_s', P dan K akhir: ?

Jawab:

- a) Kedua benda; senapan dan peluru awalnya pada kondisi diam, sehingga v_p dan $v_s = 0$, maka:

$$m_p v_p + m_s v_s = m_p v_p' + m_s v_s'$$

$$0 = m_p v_p' + m_s v_s'$$

$$v_s' = - (m_p / m_s) v_p' = - (0,005 \text{ kg} / 3 \text{ kg}) (300 \text{ m/s}) = - 0,5 \text{ m/s}$$

- b) Momentum dan Energi kinetik akhir peluru

- Momentum, $P_p' = m_p v_p' = (0,005 \text{ kg}) (300 \text{ m/s}) = 1,5 \text{ kg.m/s}$
- Energi kinetik, $K_p' = \frac{1}{2} m_p v_p'^2 = \frac{1}{2} (0,005 \text{ kg}) (300 \text{ m/s})^2 = 225 \text{ J}$

- c) Momentum dan Energi kinetik akhir senapan

- Momentum, $P_s' = m_s v_s' = (3 \text{ kg}) (-0,5 \text{ m/s}) = - 1,5 \text{ kg.m/s}$
- Energi kinetik, $K_s' = \frac{1}{2} m_s v_s'^2 = \frac{1}{2} (3 \text{ kg}) (-0,5 \text{ m/s})^2 = 0,375 \text{ J}$

2. Diketahui: $m = 15 \times 10^{-3} \text{ kg}, v_1: 300 \text{ m/s}, v_2 = 90 \text{ m/s}$

Ditanya $F = ?$

Jawab: gunakan persamaan Impuls:

$$F \Delta t = m v_2 - m v_1$$

Untuk mencari F, dibutuhkan nilai Δt . Ini bisa diperoleh dengan memisalkan perlambatan berjalan seragam dan menggunakan $x = v_{\text{rerata}} t$, dimana $x = 0,02$ m dan $v_{\text{rerata}} = \frac{1}{2} (v_1 + v_2) = 195$ m/s. Ini memberikan $t = 1,026 \times 10^{-4}$ s. Maka:

$$F(1,026 \times 10^{-4} \text{ s}) = (0,015 \text{ kg}) (90 \text{ m/s}) - (0,015 \text{ kg}) (300 \text{ m/s})$$

$$F = -3,07 \times 10^4 \text{ N}$$

3. Diketahui: $m_p = 0,015$ kg, $m_b = 3$ kg, $h = 0,1$ m

Ditanya: $v_p = ?$

Jawab:

- Dari kekekalan momentum: $(0,015 \text{ kg}) v_p + 0 = (3,015 \text{ kg}) v_{\text{gab}}$
- Dari kekekalan energi:
 K tepat sesudah tumbukan = U pada saat balok setinggi 0,1 m
 $\frac{1}{2} (3,015 \text{ kg}) (v_{\text{gab}})^2 = (3,015 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) (0,1 \text{ m})$
 $v_{\text{gab}} = 1,40 \text{ m/s}$
- Kini nilai v_{gab} dimasukan ke persamaan kekekalan momentum, maka diperoleh nilai $v_p = 281 \text{ m/s}$.

4. Diketahui: $m_1 = 1$ kg, $v_1 = 12$ m/s, $m_2 = 2$ kg, $v_2 = -24$ m/s

Ditanya: kecepatan akhir masing-masing bola untuk berbagai situasi.

Dari kekekalan momentum:

$$(1 \text{ kg}) (12 \text{ m/s}) + (2 \text{ kg}) (-24 \text{ m/s}) = (1 \text{ kg}) v_1' + (2 \text{ kg}) v_2'$$

$$-36 \text{ m/s} = v_1' + 2 v_2'$$

- a) Untuk nilai $e = 2/3$,

$$\frac{2}{3} = \frac{v_2' - v_1'}{12 - (-24)} \text{ atau } v_2' = 24 \text{ m/s} + v_1'$$

hasil tersebut disubstitusikan ke persamaan momentum di atas, maka diperoleh $v_2' = -4$ m/s dan $v_1' = -28$ m/s

- b) Jika kedua bola menyatu, hal ini berarti; $v_2' = v_1' = v'$

Maka persamaan momentum menjadi:

$$-36 \text{ m/s} = 3 v' \text{ atau } v' = -12 \text{ m/s}$$

c) Jika $e = 1$, maka

$$1 = \frac{v'_2 - v'_1}{12 - (-24)}, \text{ yakni } v'_2 = 36 \text{ m/s} + v'_1$$

hasil tersebut disubstitusikan ke persamaan momentum di atas, maka diperoleh $v'_2 = 0 \text{ m/s}$ dan $v'_1 = -36 \text{ m/s}$

5. Diketahui: $m_1 = 800 \text{ g}$, $v_1 = 30 \text{ cm/s}$, $m_2 = 500 \text{ g}$, $v_2 = -50 \text{ cm/s}$, $v'_1 = 15 \text{ cm/s}$.

Ditanya $v'_2 = ?$

Jawab:

- Hukum kekekalan momentum pada arah sumbu x

$$(0,8 \text{ kg}) (0,3 \text{ m/s}) + (0,5 \text{ kg}) (-0,5 \text{ m/s}) = (0,8 \text{ kg}) [(0,15 \text{ m/s}) \cos 30^\circ] + (0,5 \text{ kg}) v_{x2}'$$

Maka $v_{x2}' = -0,228 \text{ m/s}$.

- Hukum kekekalan momentum pada arah sumbu y

$$0 = (0,8 \text{ kg}) [(0,15 \text{ m/s}) \sin 30^\circ] + (0,5 \text{ kg}) v_{y2}'$$

Maka $v_{y2}' = 0,12 \text{ m/s}$ dan $v = \sqrt{0,228^2 + 0,12^2} = 0,26 \text{ m/s}$