

# Impuls dan Momentum

## Standar Kompetensi

Mendeskripsikan gejala alam dalam cakupan mekanika klasik sistem diskret (partikel)

## Kompetensi Dasar

Menunjukkan hubungan antara konsep impuls dan momentum untuk menyelesaikan masalah tumbukan .

### Momentum

Momentum dalam kehidupan sehari-hari berbeda dengan pengertian momentum dalam fisika, misalnya "Aakhir tahun merupakan **momentum** yang tepat untuk introspeksi diri". Kata momentum tersebut, berbeda dengan kalimat "Setiap benda yang bergerak memiliki **momentum**".

**Momentum** dalam fisika didefinisikan sebagai hasil kali massa benda dengan kecepatannya. Jika sebuah benda bermassa  $m$  bergerak dengan kecepatan  $v$ , maka momentum benda tersebut adalah :

$$p = m.v$$

$p$  = momentum benda (kg.m/s= Ns)

$m$  = massa benda (kg)

$v$  = kecepatan benda (m/s)

### Impuls

**Impuls** didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya dengan selang waktu gaya tersebut bekerja pada benda.

$$I = F.\Delta t$$

$I$  = impuls (N.s)

$F$  = gaya (N)

$\Delta t$  = selang waktu (s)

Perhatikan ilustrasi berikut ini !

Seorang pemain sepak bola, yang menendang bolanya dengan gaya  $F$  tertentu dengan waktu sentuh antara kaki pemain dan bola selama  $\Delta t$  akan menimbulkan impuls pada benda sebesar  $I = F.\Delta t$ . Dalam banyak hal kita hanya dapat menyentuh bola dalam waktu yang sangat pendek, oleh karenanya bila ingin mendapatkan Impuls yang besar, maka gaya ( $F$ ) harus diperbesar atau dimaksimalkan.



### Hubungan Impuls dan Momentum

**Impuls** juga didefinisikan sebagai besarnya **perubahan momentum**. Jika sebuah benda yang bermassa  $m$ , mula-mula bergerak dengan kecepatan  $v_1$ , karena suatu gaya  $F$ , kecepatannya berubah menjadi  $v_2$ . Benda tersebut mengalami perubahan momentum  $\Delta p$ .



Perhatikan gambar di atas :

- Besarnya momentum pada saat kecepatannya  $v_1$  (momentum mula-mula) adalah :

$$p_1 = m.v_1$$

- Besarnya momentum pada saat kecepatannya  $v_2$  (momentum akhir) adalah :

$$p_2 = m.v_2$$

Maka besarnya **impuls (perubahan momentum)** benda adalah :

$$I = \Delta p = p_2 - p_1$$

$$I = \Delta p = m.(v_2 - v_1)$$

$I$  = Impuls (kg.m/s)

$\Delta p$  = perubahan momentum (kg.m/s)

$p_1$  = momentum mula-mula (kg.m/s)

$p_2$  = momentum akhir (kg.m/s)

$v_1$  = kecepatan mula-mula (m/s)

$v_2$  = kecepatan akhir (m/s)

**Impuls** juga dapat ditentukan dengan cara **grafis**, yaitu :

**Impuls = luas daerah dibawah grafik hubungan antara  $F$  dengan  $t$**

### Diskusikan !

1. Mengapa satuan impuls sama dengan satuan momentum
2. Impuls dan momentum adalah besaran dalam fisika. Termasuk besaran apa impuls dan momentum tersebut ?

### Contoh Soal

1. Bola bermassa kg mula-mula dalam keadaan diam lalu ditendang oleh seorang pemain sehingga bola melaju dengan kecepatan 20 m/s. Jika kaki pemain menyentuh bola selama 0,01 detik, tentukan :
  - a. momentum bola mula-mula (sebelum ditendang)
  - b. momentum bola setelah ditendang
  - c. besarnya impuls
  - d. besarnya gaya tendangan kaki pemain

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $m = 2$  kg

$v_1 = 0$  m/s

$v_2 = 20$  m/s

$\Delta t = 0,001$  sekon

Ditanya : a.  $p_1$

b.  $p_2$

c.  $I$

d.  $F$

Dijawab :

a.  $p_1 = m.v_1 = 2.0 = 0$  kg.m/s

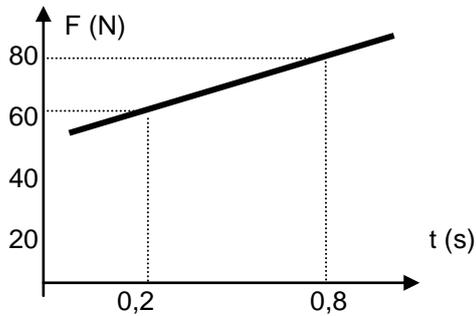
b.  $p_2 = m.v_2 = 2. 20 = 40$  kg.m/s

c.  $I = m (v_2 - v_1) = 2 (20 - 0) = 40$  kg.m/s

d.  $I = F. \Delta t$

$$F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{40}{0,01} = 4000 \text{ N.}$$

2. Perhatikan grafik hubungan gaya dengan waktu (F-t) berikut :



Dari grafik tersebut, tentukan besarnya impuls benda !

**Penyelesaian :**

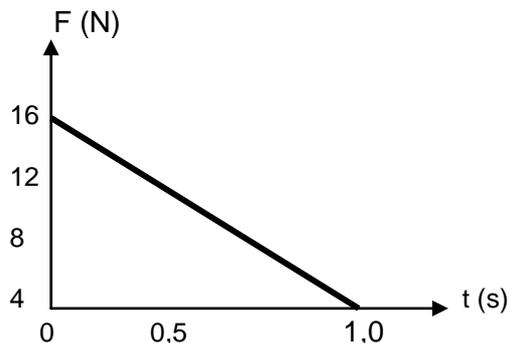
besarnya impuls benda adalah = luas daerah dibawah grafik F-t.

$$\text{Jadi } I = \frac{1}{2} (80 + 60) \cdot (0,8 - 0,2) = 42 \text{ kg.m/s}$$

### Uji Kompetensi 1

**Kerjakan soal-soal berikut dengan benar !**

1. Sebuah mobil truk bermassa 1 ton bergerak dengan kecepatan 72 km/jam, kemudian menabrak pohon dan berhenti setelah 0,1 s.. Berapa besar gaya rata-rata truk saat menabrak pohon ?
2. Seorang petinju memukul KO penantangnya dengan gaya pukulan 1500 N. Jika tangan petinju menempel kepala lawan dalam waktu 0,02 sekon, hitunglah besarnya impuls yang dihasilkan tangan petinju tersebut !
3. Sebuah bola baseball bermassa 0,1 kg dilempar ke selatan dengan kecepatan 20 m/s. Seorang pemain baseball memukul bola tersebut ke utara, sehingga bola melaju dengan kecepatan 60 m/s. Jika waktu kontak bola dengan kayu pemukul selama 0,01 detik, tentukan :
  - a. impuls kayu pemukul pada bola
  - b. gaya rata-rata kayu pemukul pada bola
  - c. percepatan rata-rata bola selama kontak dengan kayu pemukul.
4. Sebuah bola bermassa 0,5 kg dilempar dengan gaya F selama waktu t. Grafik hubungan gaya dan waktu tersebut ditunjukkan oleh grafik berikut:



Dari grafik tersebut, tentukan :

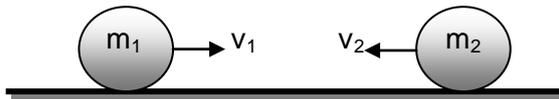
- a. impuls bola
  - b. kelajuan bola setelah dilempar
  - c. momentum bola setelah dilempar
5. Buah kelapa bermassa 2 kg jatuh bebas dari ketinggian 80 m di atas tanah. Hitung besarnya momentum ketika benda sampai dipermukaan tanah !

### Hukum Kekekalan Momentum

Hukum kekekalan momentum menyatakan bahwa : “Jika tidak ada gaya luar yang bekerja pada suatu sistem, maka jumlah momentum sistem tersebut adalah konstan (tetap)”, artinya “jumlah momentum awal sama dengan jumlah momentum akhir”.

Perhatikan gambar peristiwa tumbukan dua buah benda berikut :

\* Sebelum tumbukan ;



\* Setelah tumbukan ;



Sesuai dengan hukum kekekalan momentum

“Jumlah momentum sebelum tumbukan sama dengan jumlah momentum setelah tumbukan”

Jadi :

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

$p_1$  = momentum benda 1 sebelum tumbukan

$p_2$  = momentum benda 2 sebelum tumbukan

$p_1'$  = momentum benda 1 setelah tumbukan

$p_2'$  = momentum benda 2 setelah tumbukan

$v_1$  = kecepatan benda 1 sebelum tumbukan

$v_2$  = kecepatan benda 2 sebelum tumbukan

$v_1'$  = kecepatan benda 1 setelah tumbukan

$v_2'$  = kecepatan benda 2 setelah tumbukan

$m_1$  = massa benda 1

$m_2$  = massa benda 2

### Diskusikan !

Perhatikan reaksi badan atlet tembak. Saat peluru melesat ke depan, maka laras senapan akan bergetar. Kemana arah gerak senapan ?

### Tumbukan Sentral Lurus

Benda dikatakan bertumbukan sentral lurus jika dalam gerakanya benda mengalami persinggungan dengan benda lain sehingga saling memberikan gaya, dan arah gerak dan kecepatannya berimpit dengan garis penghubung titik berat kedua benda.

Ada tiga jenis tumbukan sentral lurus, yaitu :

#### 1. Tumbukan lenting sempurna

Pada tumbukan ini berlaku :

a. Hukum kekekalan momentum

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

b. Hukum kekekalan energi kinetik

$$\frac{1}{2}m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2}m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 \cdot v_2'^2$$

c. Nilai koefisien restitusi ( $e=1$ )

$$e = - \frac{(v_1' - v_2')}{v_1 - v_2}$$

## 2. Tumbukan lenting sebagian

Pada tumbukan ini berlaku:

- hukum kekekalan momentum
- kehilangan energi kinetik
- nilai koefisien restitusi ( $0 < e < 1$ )

## 3. Tumbukan tidak lenting sama sekali

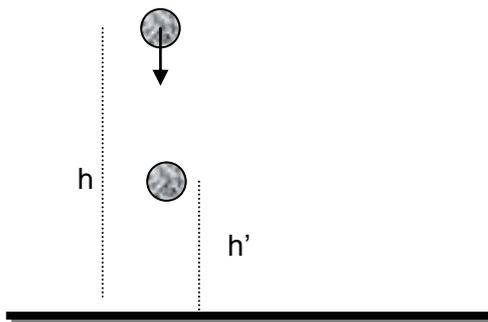
Pada tumbukan ini berlaku:

- hukum kekekalan momentum
- kehilangan energi kinetik
- nilai koefisien restitusi ( $e = 0$ )
- setelah bertumbukan kedua benda bergabung menjadi satu, sehingga  $v_1' = v_2'$

### Penerapan Momentum, Impuls dan Tumbukan

#### 1. Benda jatuh

Benda yang dijatuhkan dari ketinggian  $h$  akan menumbuk lantai, dan akan dipantulkan kembali setinggi  $h'$ . Jenis tumbukan antara bola dengan lantai (tanah) adalah tumbukan lenting sebagian. Pada tumbukan ini muncul koefisien restitusi ( $e$ ), yaitu nilai negatif dari perbandingan beda kecepatan antara dua benda sesudah dan sebelum tumbukan.



- kecepatan lantai sebelum dan sesudah tumbukan = nol (lantai diam), sehingga:

$$v_l = v_l' = 0$$

- kecepatan bola saat mengenai lantai (sebelum tumbukan dengan lantai) :

$$v_b = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{ke bawah}$$

- kecepatan bola setelah bertumbukan dengan lantai :

$$v_b' = -\sqrt{2 \cdot g \cdot h'} \quad \text{ke atas}$$

- besarnya koefisien restitusi bola jatuh dan memantul lagi adalah :

$$e = -\frac{(v_b' - v_l')}{v_b - v_l}$$

$$e = -\frac{v_b'}{v_b} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h'}{2 \cdot g \cdot h}}$$

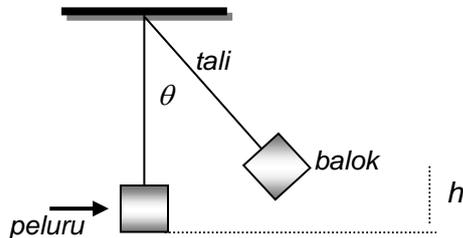
$$e = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

Keterangan :

- $h$  = tinggi bola dijatuhkan
- $h'$  = tinggi pantulan bola
- $v_1$  = kecepatan lantai sebelum tumbukan
- $v_1'$  = kecepatan lantai setelah tumbukan
- $v_b$  = kecepatan bola sebelum tumbukan
- $v_b'$  = kecepatan bola setelah tumbukan
- $e$  = koefisien restitusi.

## 2. Ayunan Balistik

Ayunan balistik merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kelajuan peluru.



Sebuah balok diam, tertembak peluru dan bersarang didalamnya. Akibatnya balok dan peluru bergerak (berayun) setinggi  $h$  dengan sudut  $\theta$ . Hal ini disebabkan karena energi kinetik peluru berubah menjadi energi potensial balok balistik. Dari gambar diperoleh :

- balok mula-mula diam, sehingga kecepatan balok sebelum tumbukan dengan peluru  $v_b = 0$
- peluru bersarang di dalam balok, sehingga kecepatan peluru dan balok setelah tumbukan adalah sama ( $v_b' = v_p' = v'$ )
- Menurut hukum kekekalan momentum :  
$$m_p \cdot v_p = (m_p + m_b) \cdot v'$$
- menurut hukum kekekalan energi mekanik :  
$$\frac{1}{2} m \cdot (v')^2 = m \cdot g \cdot h$$
- dari kedua hukum di atas diperoleh kecepatan peluru saat mengenai balok adalah :

$$v_p = \left( \frac{m_p + m_b}{m_p} \right) \times \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

- $v_p$  = kecepatan peluru saat menumbuk balok
- $m_p$  = massa peluru
- $m_b$  = massa balok
- $h$  = ketinggian balok berayun
- $g$  = percepatan gravitasi

## 3. Prinsip Kerja Roket

Prinsip kerja roket mirip dengan prinsip naiknya balon tak tertutup yang berisi udara. Prinsip kerja roket berdasar pada hukum kekekalan momentum. Momentum roket di tanah = nol. Ketika bahan bakar, menyembur keluar, maka roket naik ke atas untuk menyeimbangkan momentum totalnya.

Roket yang massanya  $M$  dan bahan bakarnya bermassa  $m$ , melaju dengan kecepatan  $v$ . yang artinya bila kecepatan roket  $+v$  maka kecepatan semburan gas buangnya adalah  $-v$ . Menurut hukum kekekalan momentum :

- Jumlah momentum awal roket dan gas = nol
- Jumlah momentum akhirnya adalah :  $M \cdot v_1 + m \cdot (-v_2)$   
Sehingga  $0 = M \cdot v_1 + m \cdot (-v_2)$

atau

$$M \cdot v_1 = m \cdot v_2$$

- M = massa roket
- M = massa bahan bakar gas
- $v_1$  = kecepatan roket naik
- $v_2$  = kecepatan semburan gas keluar tabung

**Contoh Soal**

1. Kecepatan peluru saat lepas dari larasnya 200 m/s. Jika massa peluru dan senapan masing-masing 10 gram dan 5 kg, hitunglah kecepatan dorong senapan terhadap bahu penembak saat peluru lepas dari larasnya ?

**Penyelesaian :**

- Diketahui :  $v_1 = 0$  m/s
- $v_2 = 0$  m/s
- $v_2 = 200$  m/s
- $m_1 = 5$  kg
- $m_2 = 10$  gr =  $10^{-2}$  kg
- Ditanya :  $v_1' \dots ?$

Jawab :

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

$$5 \cdot 0 + 10^{-2} \cdot 0 = 5 \cdot v_1' + 10^{-2} \cdot 200$$

$$0 = 5 \cdot v_1' + 2$$

$$v_1' = -\frac{2}{5} = -0,4 \text{ m/s}$$

(tanda negatif menunjukkan bahwa arah gerak senapan berlawanan dengan arah gerak peluru)

2. Dua buah mainan mobil A dan B massanya masing-masing 2 kg dan 3 kg bergerak searah dengan kecepatan masing-masing 8 m/s dan 5 m/s. Kedua mobil bertumbukan lenting sempurna. Hitunglah kecepatan kedua mobil setelah bertumbukan !

**Penyelesaian :**

- Diketahui :  $m_1 = 2$  kg
- $m_2 = 3$  kg
- $v_1 = 8$  m/s
- $v_2 = 5$  m/s
- $e = 1$

Ditanya :  $v_1'$  dan  $v_2' \dots\dots\dots?$

Jawab :

- \* hukum kekekalan momentum
- $m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$
- $2 \cdot 8 + 3 \cdot 5 = 2 \cdot v_1' + 3 \cdot v_2'$
- $2 \cdot v_1' + 3 \cdot v_2' = 31 \dots\dots\dots 1)$

\* nilai  $e = 1$

$$e = -\frac{(v_1' - v_2')}{v_1 - v_2}$$

$$1 = -\frac{(v_1' - v_2')}{8 - 5}$$

$$v_1' + v_2' = -3$$

$$v_1' = v_2' - 3 \dots\dots\dots 2)$$

Persamaan 1) dan 2) :

$$2 \cdot (v_2' - 3) + 3 \cdot v_2' = 31$$

$$5 \cdot v_2' = 25$$

$$v_2' = 5 \text{ m/s}$$

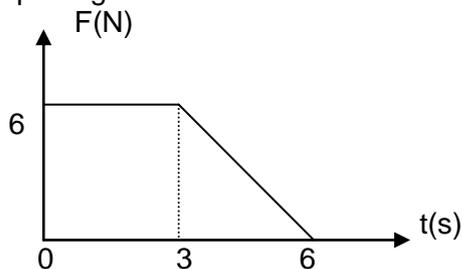
$$\text{Jadi } v_1' = 2 \text{ m/s}$$

## Uji Kompetensi 2

1. Sebuah granat yang diam tiba-tiba meledak dan pecah menjadi dua bagian dan bergerak berlawanan. Perbandingan massa kedua benda adalah  $m_1:m_2 = 1:2$ . Jika bagian benda yang bermassa  $m_1$  melesat dengan kecepatan 5 m/s, hitunglah kecepatan bagian benda yang bermassa  $m_2$  dan kemana arahnya ?
2. Dua buah benda bermassa 1 kg dan 3 kg bergerak berlawanan arah dengan kecepatan sama 2 m/s. Kedua benda bertumbukan, sehingga setelah tumbukan kedua benda menjadi satu. Hitunglah kecepatan kedua benda tersebut dan kemana arahnya ?
3. Sebuah bola tennis dilepas dari ketinggian 2 m di atas permukaan tanah. Pada pantulan pertama dicapai ketinggian 50 cm. Hitung :
  - a. tinggia pantulan kedua
  - b. koefisien restitusi benda dengan tanah
4. Dua buah mainan mobil A dan B massanya masing-masing 1 kg dan 2 kg bergerak berlawanan arah dengan kecepatan masing-masing 4 m/s dan 3 m/s. Kedua mobil bertumbukan lenting sempurna. Hitunglah kecepatan kedua mobil setelah bertumbukan !
5. Sebuah balok bermassa 1,98 kg digantungkan pada langit-langit dengan seutas tali yang panjangnya 1 m. Balok diam tersebut ditembak dengan peluru bermassa 20 gram dengan kecepatan 200 m/s dan peluru bersarang dalam balok. Hitunglah :
  - a. kecepatan balok dan peluru berayun
  - b. ketinggian balok berayun
  - c. sudut penyimpangan tali

## Evaluasi

1. Impuls termasuk besaran ...
  - a. vektor
  - b. skalar
  - c. turunan dan skalar
  - d. pokok
  - e. vektor dan turunan
2. Impuls mempunyai rumus dimensi ...
  - a. MLT
  - b.  $MLT^{-1}$
  - c.  $MLT^{-2}$
  - d.  $ML^2T$
  - e.  $ML^2T^{-2}$
3. Sebuah benda bermassa 2 kg dipukul dengan gaya 60 N. Jika lama gaya bekerja pada benda selama 0,2 s, maka besarnya impuls benda adalah ... N.s
  - a. 9
  - b. 10
  - c. 11
  - d. 12
  - e. 13
4. Grafik hubungan antara gaya F yang bekerja pada benda selama t, ditunjukkan seperti pada garik berikut :



Besarnya impuls pada benda adalah ...Ns.

- a. 27
  - b. 28
  - c. 29
  - d. 30
  - e. 32
6. Sebuah bola bekel bermassa 200 gram melaju pada lantai licin dengan kecepatan 20 m/s. Besarnya momentum bola adalah ...kg.m/s
- a. 2
  - b. 3
  - c. 4
  - d. 5
  - e. 6
7. Buah mangga bermassa 1 kg jatuh dari pohon setinggi 5 m. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , maka besarnya momentum buah mangga saat mengenai tanah adalah ... kg.m/s
- a. 50
  - b. 40
  - c. 30
  - d. 20
  - e. 10
8. Seseorang memukul bola bermassa 0,2 kg dengan gaya 200 N. Selang waktu persinggungan antara kayu pemukul dengan bola 0,1 s. Kelajuan bola setelah dipukul adalah ... m/s
- a. 200
  - b. 100
  - c. 20
  - d. 10
  - e. 2
9. Sebuah benda bermassa 3 kg bergerak dengan kecepatan 4 m/s. Untuk menghentikan benda diperlukan impuls sebesar ... Ns.
- a. 1,5
  - b. 3
  - c. 6
  - d. 12
  - e. 15
10. Sebuah bola kasti mula-mula bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Setelah dipukul kecepatan bola menjadi 15 m/s dengan arah sebaliknya. Jika massa bola kasti 0,5 kg dan bola menempel pada kayu pemukul 0,1 s, maka besarnya gaya pukulan adalah ... N
- a. 25
  - b. 50
  - c. 75
  - d. 100
  - e. 200
11. Sebuah bola bermassa 0,2 kg dipukul sehingga bergerak dengan kecepatan 60 m/s dan mengenai secara tegak lurus pada tembok. Setelah menumbuk tembok, bola terpental dengan kelajuan 40 m/s. Besarnya impuls yang disebabkan tumbukan tersebut adalah ... Ns.
- a. 2
  - b. 3
  - c. 4
  - d. 5
  - e. 6

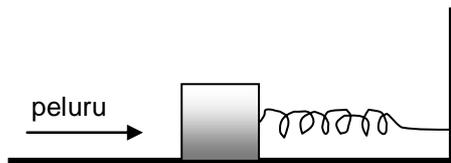
12. Sebuah mobil truk bermassa 2 ton bergerak dengan kecepatan 36 km/jam, kemudian menabrak truk lain yang sedang diam dan berhenti setelah 0,1 s. Besar gaya rata-rata truk saat menabrak pohon adalah ... N
- 200
  - 2000
  - 20.000
  - 200.000
  - 2.000.000
13. Mobil A dan B bergerak searah dengan kecepatan 40 m/s dan 10 m/s. Kedua mobil bertumbukan. Setelah bertumbukan kedua mobil bergerak bersama dengan kelajuan 17,5 m/s. Jika massa mobil A adalah 500 kg, maka massa mobil B adalah ...kg
- 500
  - 1000
  - 1500
  - 2000
  - 2500
14. Sebuah balok bermassa 4,9 kg terletak diatas lantai licin, terkena peluru bermassa 0,1 kg dengan kecepatan 30 m/s. Jika peluru bersarang di dalamnya, maka kecepatan balok setelah terkena peluru adalah ... m/s
- 2,5
  - 2,0
  - 0,8
  - 0,6
  - 0,4
15. Dua buah bola A dan B bermassa sama, bergerak berlawanan arah dengan kecepatan 50 m/s dan 45 m/s, sehingga bertumbukan lenting sempurna. Kecepatan bola A setelah bertumbukan dengan bola B adalah ... m/s
- 5
  - 45
  - 50
  - 90
  - 95
16. Sebuah bola pingpong dilepaskan dari ketinggian h. Pada pemantulan pertama tinggi yang dicapai bola adalah 1,5 m. Jika koefisien restitusi antara bola dengan lantai sebesar  $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ , maka bola pingpong tersebut dijatuhkan dari ketinggian h = ... m
- 6,0
  - 3,0
  - 2,5
  - 2,0
  - 1,5
17. Sebuah benda dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 10 m/s. Setelah bola mencapai titik tertinggi, benda pecah menjadi dua bagian dengan perbandingan massa  $m_1:m_2 = 1:4$ . Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , maka perbandingan kecepatan kedua pecahan benda adalah ...
- 1:2
  - 2:1
  - 4:1
  - 1:4
  - 3:2

18. Dua benda A dan B bermassa sama bergerak berlawanan arah dengan kecepatan 1 m/s dan 2 m/s. Jika kedua benda bertumbukan lenting sempurna, maka perbandingan jumlah energi kinetik kedua benda sebelum dan sesudah tumbukan adalah ...
- 1:1
  - 1:2
  - 2:1
  - 2:3
  - 3:2
19. Sebutir peluru bermassa 20 gram ditembakkan dari sepucuk senapan yang bermassa 3 kg. Jika senapan tersentak ke belakang dengan kelajuan 0,2 m/s, maka kelajuan peluru saat keluar dari moncong senapan adalah ... m/s
- 5
  - 10
  - 20
  - 30
  - 60
20. Seorang nelayan meloncat ke utara dengan kecepatan 5 m/s dari perahu yang diam. Jika massa perahu dan nelayan masing-masing 200 kg dan 50 kg, maka kecepatan perahu pada saat nelayan meloncat tersebut adalah ...
- 1,25 m/s ke utara
  - 1,25 m/s ke selatan
  - 1,00 m/s ke utara
  - 1,00 m/s ke selatan
  - 2 m/s ke utara

### Soal Uraian

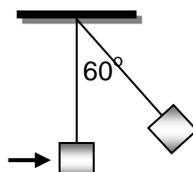
- Sebuah balok bermassa 1,5 kg terletak pada lantai kasar yang koefisien gesekannya 0,2. Sebuah peluru bermassa 10 gram mengenai balok tersebut dan bersarang di dalamnya, sehingga balok bergeser sejauh 1 m. Hitunglah besarnya kecepatan peluru saat menumbuk balok !
- Dua buah benda A dan B massanya sama bergerak berlawanan arah dengan kecepatan masing-masing 10 m/s dan 20 m/s. Kedua mobil bertumbukan lenting sempurna. Hitunglah kecepatan kedua mobil setelah bertumbukan !
- Sebuah roket dengan massa gas 15 kg dimampatkan pada sebuah tabung berpipa. Ketika katup tabung dibuka, gas menyembur keluar dan habis dalam waktu 1,5 menit. Jika kecepatan rata-rata semburan gas 30 m/s, hitunglah gaya dorong roket !

4.



Sebuah balok diam di atas bidang datar licin. Balok bermassa 1,99 kg dihubungkan pegas yang konstantanya 2000 N/m. Balok tertumbuk peluru bermassa 10 gram dan bersarang di dalamnya. Jika pegas tertekan sejauh 10 cm, tentukan kecepatan peluru saat menumbuk balok !

5.



Sebuah peluru bermassa 10 gram ditembakkan ke dalam suatu balok ayunan balistik bermassa 1,49 kg. Pada saat ayunan mencapai ketinggian maksimum, tali membentuk sudut  $60^\circ$ . Jika panjang tali ayunan 0,2 m dan  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , hitunglah kelajuan peluru saat mengenai balok !