



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

FISIKA



KELAS
X



IMPULS DAN MOMENTUM LINIER

FISIKA X

PENYUSUN
HERRY SETYAWAN, S.Pd, M.Si
SMA Negeri 2 Sarolangun

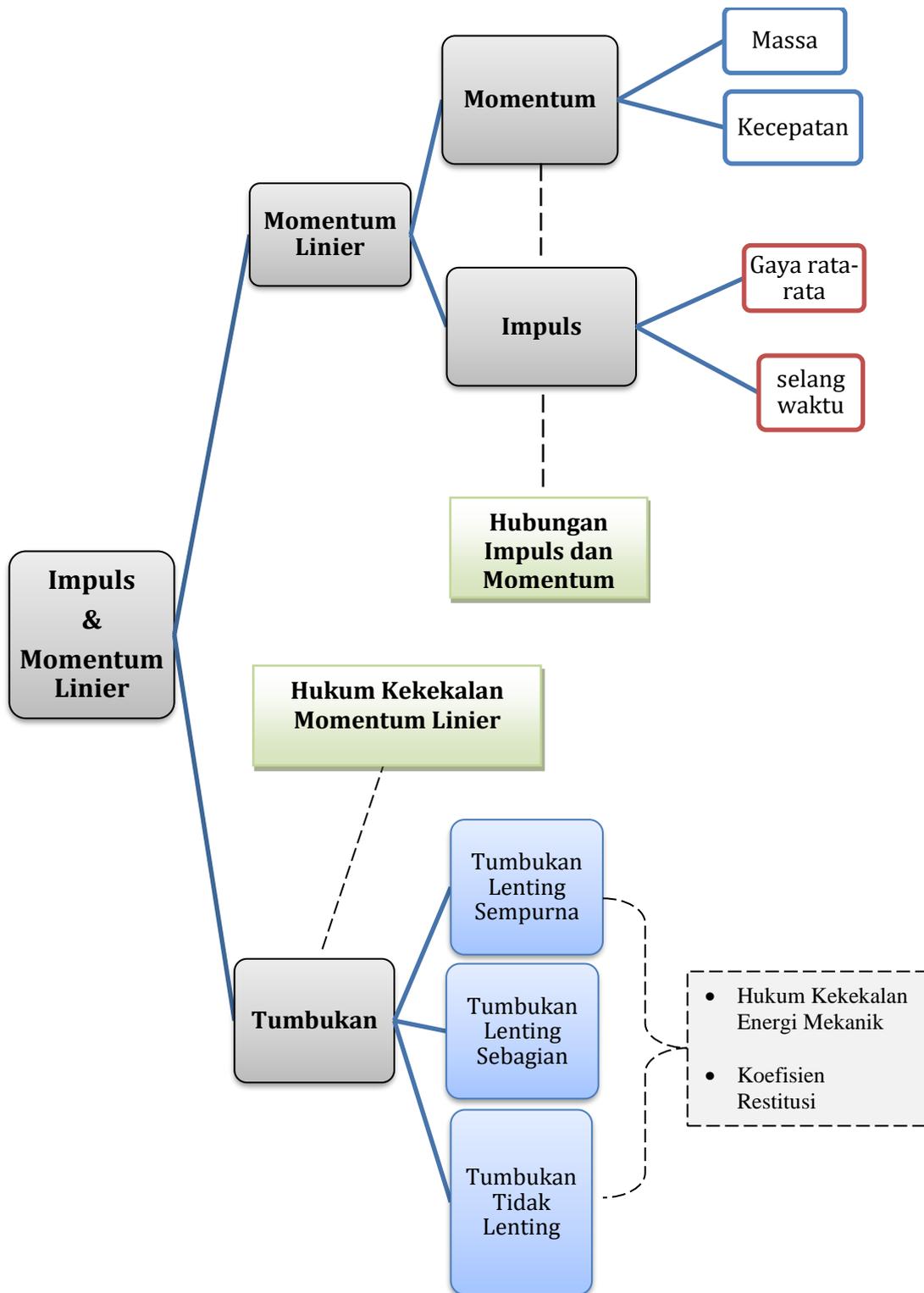
DAFTAR ISI

PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	4
PETA KONSEP	5
PENDAHULUAN	6
A. Identitas Modul	6
B. Kompetensi Dasar	6
C. Deskripsi Singkat Materi	6
D. Petunjuk Penggunaan Modul	6
E. Materi Pembelajaran	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	8
IMPULS, MOMENTUM DAN HUKUM KEKALKAN MOMENTUM	8
A. Tujuan Pembelajaran	8
B. Uraian Materi	8
C. Rangkuman	15
D. Latihan Soal	15
E. Penilaian Diri	17
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	18
JENIS-JENIS TUMBUKAN	18
A. Tujuan Pembelajaran	18
B. Uraian Materi	18
C. Rangkuman	24
D. Latihan Soal	25
E. Penilaian Diri	30
EVALUASI	31
KUNCI JAWABAN EVALUASI	33
DAFTAR PUSTAKA	34

GLOSARIUM

- Impuls** : Perubahan momentum atau selisih momentum
- Momentum** : Besaran vektor yang dinyatakan sebagai hasil kali massa dan kecepatan
- Tumbukan** : Dapat diartikan sebagai tabrakan. Suatu peristiwa terisolasi dimana dua atau lebih benda saling mendesak gaya-gaya satu sama lain dalam selang waktu yang singkat
- Tumbukan lenting** : Istilah untuk tumbukan elastis, dimana benda-benda yang saling bertumbukan tetap terpisah sesudah tumbukan. Terdiri atas tumbukan lenting sempurna dan tumbukan lenting sebagian
- Tumbukan Tidak Lenting** : Istilah untuk tumbukan tidak elastis, dimana benda-benda yang saling bertumbukan menjadi satu (menyatu) setelah tumbukan. Sering juga disebut tumbukan tidak lenting sama sekali.
- Koefisien restitusi** : Nilai perbandingan antara kecepatan relatif sesudah tumbukan dengan kecepatan relatif sebelum tumbukan.

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: FISIKA
Kelas	: X
Alokasi Waktu	: 6 Jam Pembelajaran (2 Pertemuan)
Judul Modul	: Impuls dan Momentum Linier

B. Kompetensi Dasar

- 3.10 Menerapkan konsep momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari
- 4.10 Menyajikan hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuh bebas ke lantai dan roket sederhana

C. Deskripsi Singkat Materi

Peserta didik yang hebat, generasi masa depan “Indonesia Maju” semoga ananda semua selalu dalam keadaan sehat dalam lindungan Tuhan YME, jangan mudah mengeluh dalam berbagai keterbatasan. Buatlah keterbatasan yang ada menjadi peluang untuk dapat melakukan yang terbaik, sehingga Ananda semua menjadi generasi yang tangguh dalam kondisi apapun yang senantiasa selalu mengharap petunjuk dan ridho dari Tuhan YME.

Pada modul kali ini yang membahas tentang Impuls dan Momentum Linier, yang akan secara aplikasinya banyak membahas interaksi tumbukan pada suatu benda, yang melibatkan berbagai konsep yang telah dipelajari sebelumnya. Terdapat prasyarat utama sebelum membahas materi pada modul ini yaitu Ananda harus memahami konsep tentang besaran-besaran pada kinematika translasi berupa benda yang bergerak dengan kecepatan dan percepatan konstan (Modul KD 3.4), Hukum Newton tentang gerak benda (modul 3.7), dan Ananda juga harus memahami konsep hukum kekekalan energi mekanik (Modul 3.9). Dengan memahami isi secara utuh Ananda akan mendapatkan pengetahuan yang luas terkait dengan fenomena dalam kejadian sehari-hari berupa berbagai jenis tumbukan yang mampu mendeteksi sebab dan akibat suatu benda sebelum terjadi tumbukan dan sesudah terjadi tumbukan.

Pada modul ini penulis berusaha akan membawa ranah berfikir untuk menganalisa suatu kejadian tumbukan dan peristiwa-peristiwa sistemik. Hal ini penting karena dengan kemampuan ini, kelak Ananda ketika menjadi polisi, penyidik, jaksa maupun pengacara ataupun profesi lainnya Ananda mampu menganalisa suatu kejadian secara teliti, utuh dan sistematis berdasarkan fakta dan argumen yang diperoleh yang ada di lapangan.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema peta konsep dengan cermat dan teliti.
2. Pahami setiap materi dengan membaca secara teliti dan perhatikan seksama. Apabila terdapat contoh soal, maka cobalah kerjakan kembali contoh tersebut tanpa melihat modul sebagai sarana berlatih.
3. Perhatikan perintah dan langkah-langkah dalam melakukan percobaan dengan cermat untuk mempermudah dalam memahami konsep, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.
4. Bila terdapat penugasan dan latihan soal, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru.
5. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lain yang berhubungan dengan materi modul agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.
6. Diakhir materi terdapat evaluasi, maka kerjakan evaluasi tersebut sebagaimana yang diperintahkan sebagai tolak ukur ketercapaian kompetensi dalam mempelajari materi pada modul ini.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi **2** kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Impuls, Momentum dan Hukum Kekekalan Momentum

Kedua : Jenis-jenis Tumbukan

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

IMPULS, MOMENTUM DAN HUKUM KEKEKALAN MOMENTUM

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta didik dapat:

1. memahami konsep momentum dan konsep impuls;
2. mengetahui hubungan antara momentum dan impuls; dan
3. memformulasikan dan memahami hukum kekekalan momentum.

B. Uraian Materi

Momentum dan Impuls merupakan besaran-besaran dalam fisika yang muncul akibat benda bergerak dan berinteraksi (bertumbukan) dengan benda lain. Besaran-besaran tersebut akan mempengaruhi sifat dan karakteristik suatu benda, dan dengan pengetahuan ini akan mampu menjawab permasalahan-permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dan mampu dimanfaatkan untuk kemaslahatan umat manusia.

1. Momentum (p)

Momentum merupakan salah satu sifat yang pasti dimiliki oleh benda yang bergerak. Momentum dapat *didefinisikan* sebagai tingkat kesukaran untuk menghentikan gerak suatu benda.

Perhatikan gambar kejadian berikut !



Jika mobil dan sepeda memiliki kecepatan yang sama ($v_m = v_s$), terlihat dari gambar di atas bahwa dampak dari kerusakannya ternyata mobil memiliki dampak yang lebih besar dibanding sepeda ketika menabrak pohon. Hal ini membuktikan bahwa mobil yang massanya lebih besar dari pada sepeda ($m_p > m_s$) akan menyebabkan gerak benda tersebut sulit dihentikan sehingga dapat disimpulkan bahwa :

$$p \sim m$$



Jika seseorang pada gambar di atas memiliki peluru yang identik dimana massa peluru 1 sama dengan massa peluru 2 ($m_{p1} = m_{p2}$), tetapi kedua peluru tersebut diberi kecepatan yang berbeda ($v_{p1} > v_{p2}$) aka akan mengakibatkan titik sasaran yang dikenai oleh peluru dengan kecepatan yang besar akan menimbulkan kerusakan yang lebih parah dibanding dengan peluru yang memiliki kecepatan kecil. Hal ini menandakan bahwa semakin besar kecepatan suatu benda, maka semakin sulit benda tersebut dihentikan. Sehingga dapat disimpulkan :

$$p \sim v$$

Berdasarkan analisa di atas, karena momentum (p) merupakan tingkat kesukaran untuk menghentikan gerak suatu benda maka persamaan momentum linier dapat ditulis :

$$p = m \cdot v$$

Keterangan :

p = momentum (kg.m.s)

m = massa benda (kg)

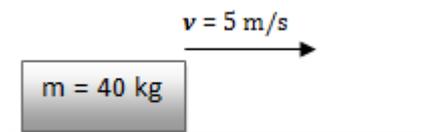
v = Kecepatan benda (m/s)

Momentum merupakan besaran vektor, yang arahnya sarah dengan kecepatan benda tersebut.

Contoh Soal

Suatu benda bermassa 40 kg dan bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Tentukan momentum yang dimiliki oleh benda tersebut !

Pembahasan



Benda yang bergerak pasti memiliki momentum, dan berdasarkan konsep dapat ditentukan sebagai berikut

$$p = m \cdot v$$

$$p = 40 \times 5$$

$$p = 200 \text{ kg.m/s}$$

Jadi, besar momentum benda tersebut ketika bergerak adalah **200 kg.m/s** searah dengan arah kecepatannya

2. Impuls (I)

Impuls (I) merupakan gaya kontak rata-rata F yang bekerja pada suatu benda yang terjadi dalam selang waktu yang sangat singkat ($\Delta t \sim 0$)

Untuk memahami konsep impuls perhatikan gambar berikut !



Berdasarkan gambar di atas, pada bola diberikan gaya sentuh (F) dengan selang waktu (Δt) yang sangat singkat, sehingga menghasilkan efek pada bola tersebut semakin besar. Jika diberikan gaya F yang sama tetapi selang waktu sentuh Δt yang lebih lama maka akan menimbulkan efek pada bola tersebut kurang maksimal dibandingkan pada keadaan pertama. Efek dari pemberian gaya rata-rata F pada suatu benda dalam selang waktu Δt tertentu inilah yang disebut sebagai Impuls (I). Dan berdasarkan analisa gambar di atas dapat disimpulkan bahwa :

$$F \sim I$$

dan

$$F \sim \frac{1}{\Delta t}$$

Sehingga diperoleh :

$$F = \frac{I}{\Delta t}$$

atau

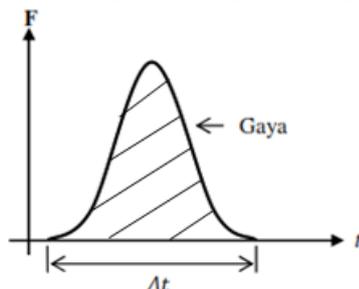
$$I = F \cdot \Delta t$$

$$I = F \cdot (t_2 - t_1)$$

Jika gaya F yang diberikan pada benda berubah terhadap waktu $F(t)$, maka konsep impuls (I) dapat ditulis dalam bentuk pengintegralan yaitu :

$$I = \int F(t) \cdot dt$$

Persamaan di atas dapat dianalisa bahwa gaya impulsif F yang berubah terhadap waktu t , dapat ditampilkan seperti gambar di bawah ini :



Nilai impuls (I) berdasarkan konsep dan grafik $F-t$ di atas dapat disimpulkan bahwa:

$$\text{Impuls (I) = luas daerah di bawah grafik F-t}$$

Keterangan

I = Impuls (N.s atau kg.m.s)

F = Gaya Impulsif (Newton)

Δt = Waktu sentuhan antara gaya dan benda (sekon)

Impuls (I) termasuk besaran vektor yang arahnya selalu searah dengan gaya impulsif (F).

Contoh Soal

Seorang pemain sepakbola melakukan tendangan terhadap bola dengan gaya F sebesar 20 Newton. Apabila waktu sentuh antara kaki dan bola adalah 0,01 sekon, Tentukan besar impuls yang terjadi pada bola tersebut.

Pembahasan

Diketahui

$F = 20$ Newton

$\Delta t = 0,01$ sekon

Ditanya $I = \dots?$

Berdasarkan konsep Impuls diperoleh

$$I = F \cdot \Delta t$$

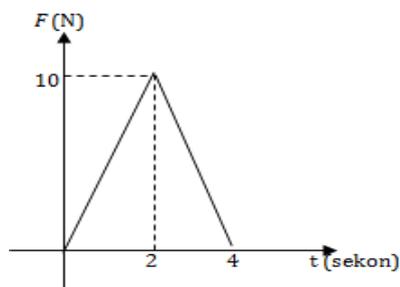
$$I = 20 \times 0,01$$

$$I = 0,2 \text{ N.s}$$

Jadi, besar impuls yang bekerja pada bola tersebut adalah **0,2 N.s**, searah dengan arah gaya rata-rata (F) yang diberikan pada bola tersebut.

Contoh Soal

Perhatikan grafik $F-t$ berikut !



Grafik di samping menyatakan gaya yang bekerja pada suatu benda bermassa 2 kg dalam selang waktu 4 sekon. Jika benda tersebut mula-mula diam, Tentukan besarnya impuls selama 4 sekon tersebut

Pembahasan

Berdasarkan konsep impuls dalam grafik $F-t$ diperoleh

$$\text{Impuls (I) = luas daerah di bawah grafik } F-t$$

Jadi besar nilai impuls dalam kasus ini adalah

$$I = \text{Luas Segitiga}$$

$$I = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$I = \frac{1}{2} \times 4 \times 10$$

$$I = 20 \text{ N.s}$$

Jadi, besar impuls yang bekerja pada benda tersebut adalah **20 N.s**

3. Hubungan Impuls (I) dan Momentum (p)

Perhatikan kejadian pada gambar berikut !



Suatu bola yang mula-mula bergerak dengan kecepatan v_1 diberi gaya sebesar F . gaya tersebut bekerja pada bola sehingga mengakibatkan bola tersebut bergerak dipercepat dan kecepatannya berubah menjadi v_2 . Dalam kejadian ini bola akan bergerak dengan percepatan konstan (GLBB) dalam rentang waktu tertentu (Δt), sehingga berlaku hukum II Newton, dan dapat di tulis :

$$\sum F = m \cdot a$$

$$F = m \cdot \left(\frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \right)$$

$$F \cdot \Delta t = m \cdot (v_2 - v_1)$$

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

$$I = p_2 - p_1$$

atau

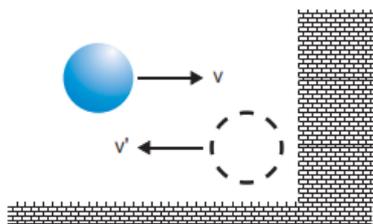
$$I = \Delta p$$

Jadi berdasarkan penurunan persamaan hubungan antara Impuls (I) dan Momentum (p) di atas dapat disimpulkan bahwa :

Impuls yang dikerjakan pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda tersebut, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awal

Contoh Soal

Perhatikan gambar berikut !



Bola kasti bermassa 150 gram bergerak dengan kecepatan 10 m/s ke dinding dengan arah tegak lurus. Bola kasti menumbuk dinding selama 0,05 sekon dan dipantulkan kembali dengan kecepatan 8 m/s. Tentukan besarnya gaya kontak antara bola dan dinding

Pembahasan

Diketahui :

$$m = 150 \text{ gram} = 0,15 \text{ kg}$$

$$v = 10 \text{ m/s (bergerak kekanan)}$$

$$v' = -8 \text{ m/s (bergerak kekiri)}$$

$$\Delta t = 0,05 \text{ sekon}$$

Ditanya :

Gaya kontak antara bola dan dinding (F)

Berdasarkan konsep hubungan antara Impuls dan Momentum diperoleh

$$I = p_2 - p_1$$

$$I = m v_2 - m v_1$$

$$I = (m(-v')) - (mv)$$

$$F \cdot \Delta t = (0,15(-8)) - (0,15 \cdot 10)$$

$$F \cdot (0,05) = (-1,2) - (1,5)$$

$$F \cdot (0,05) = -2,7$$

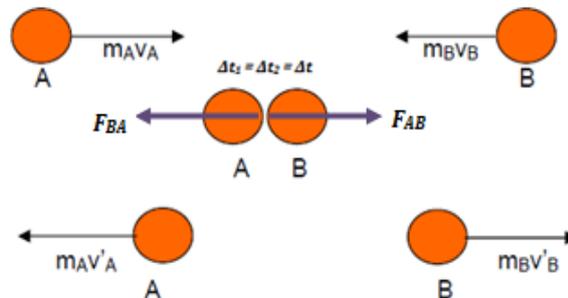
$$F = \frac{-2,7}{0,05}$$

$$F = -54 \text{ Newton}$$

Jadi, besar gaya kontak antara bola dan dinding adalah **54 Newton** dengan **arah ke kiri**.

4. Hukum Kekekalan Momentum Linier

Jika terdapat dua buah benda yang bertumbukan maka akan mempengaruhi pergerakan kedua benda tersebut setelah bertumbukan. Perhatikan gambar berikut !



Benda A bermassa m_A dan benda B bermassa m_B bergerak berlawanan arah dengan kecepatan v_A dan v_B . Ketika kedua bola tersebut bertumbukan dengan selang waktu (Δt) yang sama. Dari kejadian tersebut dapat dianalisa bola A memberikan gaya pada benda B (F_{AB}) dan benda B mengerjakan gaya kepada benda A (F_{BA}) yang sama besar tetapi arahnya berlawanan arah dan berlaku hukum III Newton, sehingga dapat ditulis :

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

$$\frac{I_A}{\Delta t} = -\frac{I_B}{\Delta t}$$

$$I_A = -I_B$$

$$\Delta p_A = -\Delta p_B$$

$$p'_A - p_A = -(p'_B - p_B)$$

$$m_A v'_A - m_A v_A = -(m_B v'_B - m_B v_B)$$

$$m_A v'_A - m_A v_A = m_B v_B - m_B v'_B$$

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B$$

$$p_A + p_B = p'_A + p'_B$$

$$\boxed{\sum p = \sum p'}$$

Berdasarkan analisa kejadian tumbukan dua buah benda tersebut dan penurunan persamaan di atas, maka konsep ***hukum kekekalan momentum linier*** dapat dinyatakan :

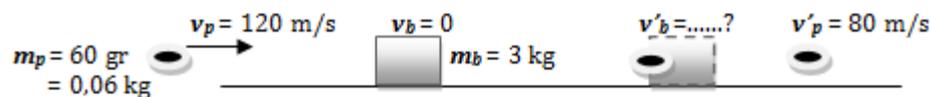
Dalam peristiwa tumbukan sentral, momentum total sistem sesaat sebelum tumbukan sama dengan momentum total sistem sesaat setelah tumbukan, asalkan tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem tersebut

Contoh Soal 5

Sebuah balok kayu bermassa 3 kg yang diam di atas lantai ditembak sebitir peluru bermassa 60 gram dengan kecepatan 120 m/s. Jika peluru menembus balok dan kecepatannya berubah menjadi 80 m/s. Tentukan kecepatan balok tersebut setelah tembakan

Pembahasan

Perhatikan ilustrasi gambar kejadian kasus berikut



Peluru dan benda mengalami tumbukan, dan berlaku hukum kekekalan momentum

$$\sum p = \sum p'$$

$$p_p + p_b = p'_p + p'_b$$

$$m_p \cdot v_p + m_b \cdot v_b = m_p \cdot v'_p + m_b \cdot v'_b$$

$$(0,06 \times 120) + (3 \times 0) = (0,06 \times 80) + (3 \times v'_b)$$

$$7,2 + 0 = 4,8 + (3 \times v'_b)$$

$$7,2 - 4,8 = (3 \times v'_b)$$

$$2,4 = (3 \times v'_b)$$

$$2,4 = (3 \times v'_b)$$

$$v'_b = \frac{2,4}{3}$$

$$v'_b = 0,8 \text{ m/s}$$

Jadi, sesaat setelah peluru menumbuk benda, maka benda tersebut bergerak dengan kecepatan **0,8 m/s**

C. Rangkuman

1. Momentum \mathbf{p} dapat *didefinisikan* sebagai tingkat kesukaran untuk menghentikan gerak suatu benda. Semakin besar massa (m) dan kecepatan (\mathbf{v}) suatu benda maka benda tersebut semakin sulit dihentikan, sehingga momentum dapat ditulis dengan persamaan $\mathbf{p} = m \cdot \mathbf{v}$. Arah momentum suatu benda yang bergerak searah dengan kecepatan benda tersebut
2. Impuls (I) merupakan gaya kontak rata-rata F yang bekerja pada suatu benda yang terjadi dalam selang waktu yang sangat singkat ($\Delta t \sim 0$), Impuls I secara matematis dapat ditulis $I = F \cdot \Delta t$. Arah impuls yang dialami oleh suatu benda searah dengan gaya rata-rata F yang bekerja pada benda tersebut.
3. Impuls yang dikerjakan pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda tersebut, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awal ($I = \mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1$).
4. Hukum Kekekalan Momentum Linier menyatakan bahwa "*dalam peristiwa tumbukan sentral, momentum total sistem sesaat sebelum tumbukan sama dengan momentum total sistem sesaat setelah tumbukan*". Hukum kekekalan momentum ini berlaku jika tidak ada gaya luar yang mempengaruhi sistem.

$$\sum p = \sum p'$$

D. Latihan Soal

1. Sebuah benda bermassa 5 kg diberi gaya konstan 20 Newton, sehingga kecepatannya bertambah dari 8 m/s menjadi 18 m/s. Tentukan :
 - a. Impuls yang bekerja pada benda tersebut
 - b. Lamanya gaya yang bekerja pada benda
2. Bola A yang bermassa 2 kg bergerak ke kanan dengan kecepatan 4 m/s, bertumbukan dengan benda B bermassa 3 kg yang bergerak ke kiri dengan kecepatan 3 m/s. Jika setelah tumbukan bola B bergerak ke kanan dengan kecepatan $\frac{4}{3}$ m/s, tentukan besar dan arah bola A setelah tumbukan!
3. Berapa besar impuls bola kasti (200 gram) yang berbelok ketika dipukul dari semula kecepatannya 3 m/s ke Utara menjadi 4 m/s ke Barat?

Jawaban Latihan

1. Diketahui

Massa benda (m)	$m = 5 \text{ Kg}$
Gaya (F)	$F = 20 \text{ N}$
Kecepatan (v)	$v_1 = 8 \text{ m/s} \quad v_2 = 18 \text{ m/s}$

 - a. Menentukan Impuls yang bekerja pada benda

$$I = \Delta p$$

$$I = p_2 - p_1$$

$$I = m v_2 - m v_1$$

$$I = m (v_2 - v_1)$$

$$I = 5 (18 - 8)$$

$$I = 50 \text{ N.s}$$

Jadi, Impuls yang bekerja pada benda tersebut sebesar 50 N.s, searah dengan gaya yang diberikan pada benda tersebut

b. Menentukan lamanya gaya sentuh yang bekerja pada benda

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{I}{F}$$

$$\Delta t = \frac{50}{20}$$

$$\Delta t = 2,5 \text{ sekon} \quad \text{Jadi, waktu sentuh gaya pada benda adalah } 2,5 \text{ sekon}$$

2. Diketahui

$$\text{Masa benda (m)} \quad m_A = 2 \text{ kg} \quad m_B = 3 \text{ kg}$$

$$\text{Kecepatan (v)} \quad v_A = 4 \text{ m/s} \quad v_B = -3 \text{ m/s} \quad v_B' = \frac{4}{3} \text{ m/s}$$

Ditanya :

Besar dan arah kecepatan bola A setelah tumbukan $v_A' = \dots?$

Pada kasus ini berlaku hukum kekekalan momentum linier, sehingga dapat ditulis

$$\sum p = \sum p'$$

$$p_A + p_B = p_A' + p_B'$$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v_A' + m_B \cdot v_B'$$

$$2 \cdot 4 + 3 \cdot (-3) = 2 \cdot v_A' + 3 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)$$

$$8 - 9 = 2 \cdot v_A' + 3 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)$$

$$-1 = 2 \cdot v_A' + 4$$

$$2 \cdot v_A' = -1 - 4$$

$$2 \cdot v_A' = -5$$

$$v_A' = -\frac{5}{2} \text{ m/s}$$

Jadi, sesaat setelah tumbukan bola A bergerak dengan kecepatan $\frac{3}{2} \text{ m/s}$, dengan arah ke kanan.

3. Diketahui

$$\text{Massa (m)} \quad m = 200 \text{ gram} = 0,2 \text{ kg}$$

$$\text{Kecepatan (v)} \quad v_1 = 3 \text{ m/s ke Utara} \quad v_2 = 4 \text{ m/s ke Barat}$$

Ditanya

Impuls (I) $I = ?$

Jawab

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

$$I = 0,2(4 - 3) \text{ menggunakan selisih vektor saling tegak lurus (Phytagoras)}$$

$$I = 0,2(5) = 1,0 \text{ Kg.m/s}$$

E. Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Ananda memahami konsep Momentum, Impuls dan hubungan antara keduanya serta besaran-besaran fisika yang terlibat?		
2	Apakah Ananda memahami konsep Hukum Kekekalan Momentum dan besaran-besaran fisika yang terlibat di dalamnya?		
3	Apakah Ananda dapat mendeteksi berlakunya konsep Impuls, Momentum dan Hukum Kekekalan Momentum dalam kehidupan sehari-hari?		
4	Apakah Ananda memahami beberapa contoh soal dan latihan soal yang telah dibahas di modul ini tentang Impuls, Momentum dan Hukum Kekekalan Momentum?		
Jumlah			

Catatan:

Jika ada jawaban "Tidak" maka segera lakukan review pembelajaran. Jika semua jawaban "Ya" maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

JENIS-JENIS TUMBUKAN

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta didik dapat:

1. memahami konsep dan nilai dari koefisien restitusi dalam suatu jenis tumbukan;
2. menggunakan atau mengaplikasikan hukum kekekalan momentum dalam berbagai masalah; dan
3. mengetahui jenis-jenis tumbukan dan mampu menyelesaikan berbagai masalah terkait jenis tumbukan.

B. Uraian Materi

Berdasarkan hukum kekekalan momentum yang telah dibahas pada kegiatan pembelajaran 1 di modul ini bahwa jika tidak ada gaya luar, momentum linier sistem sesaat sebelum dan sesudah tumbukan adalah konstan. Jadi pada setiap tumbukan, akan berlaku hukum kekekalan momentum linier.

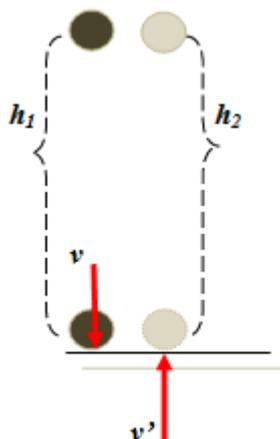
Terdapat parameter lain yang akan mempengaruhi jenis tumbukan yang dialami oleh benda yaitu *koefisien restitusi* (e). Koefisien restitusi merupakan derajat sentuhan suatu benda akibat tumbukan yang dapat dihitung dari negatif perbandingan selisih kecepatan benda setelah tumbukan ($\Delta v'$) dengan selisih kecepatan benda sebelum tumbukan (Δv), sehingga koefisien restitusi dapat ditulis :

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

Setelah memahami parameter ini, maka sekarang kita akan membahas berbagai jenis tumbukan, yaitu: *tumbukan lenting sempurna*, *tumbukan lenting sebagian* dan *tumbukan tidak lenting sama sekali*.

a. Tumbukan lenting sempurna

Perhatikan gambar kejadian berikut !



Sebuah partikel jatuh bebas dari ketinggian h_1 , dan menumbuk lantai. Kecepatan sesaat partikel sebelum menumbuk bumi adalah v . Sesaat setelah menumbuk lantai partikel tersebut bergerak vertikal ke atas dengan kecepatan awal v' . Partikel tersebut mencapai titik tertinggi sebesar h_2 , dimana dari gambar diperoleh $h_2 = h_1$. Karena terjadi hal demikian, maka dapat disimpulkan $v = v'$.

Peristiwa di atas merupakan contoh dari Tumbukan lenting sempurna.

Berdasarkan analisis di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa suatu benda mengalami tumbukan lenting sempurna jika memiliki syarat sebagai berikut :

1. Berlaku hukum kekekalan momentum
2. Tidak ada energi gerak yang hilang pada benda sebelum dan sesudah terjadinya tumbukan (berlaku hukum kekekalan energi mekanik)
3. Memiliki koefisien restitusi sama dengan 1 ($e = 1$)

Tumbukan lenting sempurna akan ditemui jika terjadi tumbukan pada partikel-partikel yang sangat kecil misalnya tumbukan antara proton dan neutron.

Tantangan untuk Ananda :

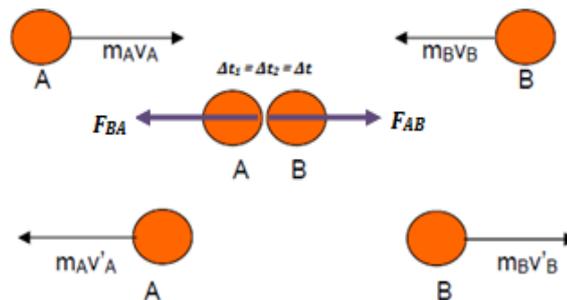
Buktikan bahwa ketika benda mengalami tumbukan lenting sempurna, nilai koefisien restitusi e sama dengan 1 ($e = 1$)

Contoh Soal

Dua bola biliar A dan B identik memiliki massa yang sama bergerak saling mendekat. Jika kecepatan dua bola tersebut masing-masing adalah $v_A = 0,3$ m/s dan $v_B = 0,2$ m/s dan kedua bola biliar tersebut mengalami tumbukan lenting sempurna, tentukan kecepatan masing-masing bola biliar tersebut setelah tumbukan.

Pembahasan

Perhatikan gambar kejadian berikut !



- Berlaku hukum kekekalan momentum linier

$$\sum p = \sum p'$$

$$p_A + p_B = p'_A + p'_B$$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B$$

$$m \cdot 0,3 + m \cdot (-0,2) = m \cdot v'_A + m \cdot v'_B$$

$$0,1 = v'_A + v'_B \dots\dots\dots(1)$$

- Memiliki koefisien restitusi $e = 1$, sehingga dapat ditulis

$$e = -\frac{\Delta v'}{\Delta v}$$

$$1 = -\frac{\Delta v'}{\Delta v}$$

$$\Delta v = -\Delta v'$$

$$v_B - v_A = -(v'_B - v'_A)$$

$$-0,2 - 0,3 = -(v'_B - v'_A)$$

$$0,5 = v'_B - v'_A \dots\dots\dots(2)$$

- Persamaan (1) dan (2) di eliminasi diperoleh :

$$v'_B - v'_A = 0,5$$

$$v'_B + v'_A = 0,1 \quad +$$

$$\hline 2v'_B = 0,6$$

$$v'_B = 0,3 \text{ m/s (bergerak ke arah kanan)}$$

Dengan mensubstitusi nilai v'_B pada persamaan 2 maka diperoleh :

$$0,5 = 0,3 - v'_A$$

$$v'_A = -0,2 \text{ m/s (bergerak ke arah kiri)}$$

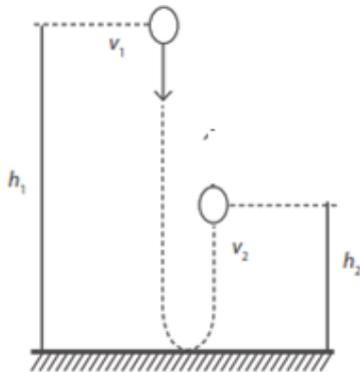
Jadi, karena terjadi tumbukan lenting sempurna, maka sesaat setelah bertumbukan bola biliar A memiliki kecepatan **0,2 m/s** bergerak ke kiri dan bola biliar B memiliki kecepatan **0,3 m/s** bergerak ke kanan

Catatan penting

Jika terjadi tumbukan sentral yang bersifat lenting sempurna pada bola yang identik (memiliki masa yang sama, yaitu $m_1 = m_2$), maka akan terjadi transfer kecepatan dimana $v_1 = v_2'$ dan $v_2 = v_1'$

b. Tumbukan lenting sebagian

Perhatikan gambar kejadian berikut !



Sebuah bola jatuh bebas dari ketinggian h_1 , setelah menumbuk lantai bola tersebut mengalami gerak vertikal ke atas dan bola hanya mencapai ketinggian h_2 , dimana $h_2 < h_1$. Pada peristiwa ini terjadi tumbukan lenting sebagian, karena pada peristiwa tersebut ada energi gerak yang hilang yang dimiliki oleh bola tersebut, sehingga bola tidak mampu mencapai pada ketinggian semula.

Berdasarkan analisa di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa suatu benda mengalami tumbukan lenting sebagian jika memiliki syarat sebagai berikut :

1. Berlaku hukum kekekalan momentum
2. Tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik, karena pada peristiwa ini ada energi gerak yang hilang pada benda
3. Setelah tumbukan benda bergerak sendiri-sendiri (tidak menyatu)
4. Memiliki nilai koefisien restitusi (e) yaitu $0 < e < 1$

Tantangan untuk Ananda :

Buktikan bahwa ketika benda mengalami tumbukan lenting sebagian, nilai koefisien restitusi e adalah $0 < e < 1$

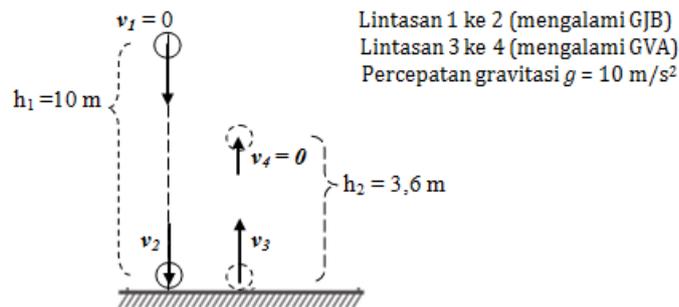
Contoh Soal

Bola bermassa 2 kg jatuh bebas dari ketinggian 10 meter di atas lantai. Bola tersebut terpantul dengan ketinggian 3,6 meter. :

- Momentum bola sesaat sebelum tumbukan dengan lantai
- Momentum bola sesaat setelah tumbukan dengan lantai
- Impuls yang terjadi pada bola saat tumbukan dengan lantai
- Gaya rata-rata yang dikerjakan lantai pada bola jika sentuhannyaterjadi selama 0,04 sekon
- Koefisien restitusi yang terjadi ketika bola bersentuhan dengan lantai.

Pembahasan

Sebelum menjawab perhatikan gambar kejadian berikut !



a. Menentukan momentum bola sesaat sebelum tumbukan dengan lantai (p_2)

- Menentukan v_2 (lihat lintasan 1 ke 2, mengalami GJB)

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 \cdot g \cdot h_1$$

$$v_2^2 = 0^2 + 2 \cdot 10 \cdot 10$$

$$v_2^2 = 200$$

$$v_2 = \sqrt{200}$$

$$v_2 = 10\sqrt{2} \text{ m/s, dengan arah ke bawah (+)}$$

- Setelah mendapatkan kecepatan benda sesaat sebelum tumbukan (v_2), maka dapat dihitung momentum benda pada saat tersebut p_2 , yaitu

$$p_2 = m \cdot v_2$$

$$p_2 = 2 \times 10\sqrt{2}$$

$$p_2 = 20\sqrt{2} \text{ kg.m/s}$$

Jadi, besar momentum benda sesaat sebelum menumbuk lantai adalah $20\sqrt{2} \text{ kg.m/s}$ dengan **arah ke bawah (+) searah dengan keadaan awal benda**

b. Menentukan momentum bola sesaat sebelum tumbukan dengan lantai (p_2)

- Menentukan v_3 (lihat lintasan 3 ke 4, mengalami GVA)

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

$$v_4^2 = v_3^2 + 2 \cdot g \cdot h_2$$

$$0^2 = v_3^2 + 2 \cdot 10 \cdot 3,6$$

$$v_3^2 = -72$$

$$v_3 = -\sqrt{72}$$

$$v_3 = -6\sqrt{2} \text{ m/s, dengan arah ke atas}$$

- Setelah mendapatkan kecepatan benda sesaat setelah tumbukan (v_3), maka dapat dihitung momentum benda pada saat tersebut p_3 , yaitu

$$p_3 = m \cdot v_3$$

$$p_3 = 2 \times (-6\sqrt{2})$$

$$p_3 = -12\sqrt{2} \text{ kg.m/s}$$

Jadi, besar momentum benda sesaat setelah menumbuk lantai adalah $12\sqrt{2} \text{ kg.m/s}$ dengan **arah ke atas**

- c. Menentukan Impuls yang dialami benda (terjadi saat tumbukan)

$$I = \Delta p$$

$$I = p_3 - p_2$$

$$I = (-12\sqrt{2}) - (20\sqrt{2})$$

$$I = -32\sqrt{2} \text{ N.s}$$

Jadi, besar Impuls yang terjadi pada benda saat berumbukan dengan lantai adalah $32\sqrt{2} \text{ N.s}$ dengan **arah ke atas (-)**, karena gaya rata-rata F yang bekerja pada saat tumbukan adalah ke atas (berlawanan arah dengan arah permulaan gerak benda)

- d. Menentukan Gaya rata-rata yang dikerjakan lantai pada bola jika sentuhannya terjadi selama 0,04 sekon

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$F = \frac{I}{\Delta t}$$

$$F = \frac{-32\sqrt{2}}{0,04}$$

$$F = -800\sqrt{2} \text{ Newton}$$

Jadi, besar gaya rata-rata yang bekerja pada benda saat tumbukan adalah $800\sqrt{2} \text{ Newton}$ dengan arah ke atas.

- e. Menentukan restitusi yang terjadi ketika bola bersentuhan dengan lantai.

Koefisien restitusi dapat dinyatakan $e = -\frac{\Delta v'}{\Delta v}$, dalam kasus ini sesuai gambar kejadian di atas, maka persamaan dapat di tulis :

$$e = -\left(\frac{v_4 - v_3}{v_2 - v_1}\right)$$

Berdasarkan gambar kejadian kasus dan analisa jawaban "sesi a dan b", telah dapat di peroleh bahwa :

$$v_1 = 0$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}$$

$$v_3 = -\sqrt{2 \cdot g \cdot h_2}$$

$$v_4 = 0$$

Sehingga untuk menentukan koefisien restitusi pada kasus benda di jatuh bebaskan dan memantul dapat di tulis dengan

$$e = -\left(\frac{v_4 - v_3}{v_2 - v_1}\right)$$

$$e = -\left(\frac{0 - \sqrt{2 \cdot g \cdot h_2}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} - 0}\right)$$

$$e = \left(\frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot h_2}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}}\right)$$

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

$$e = \sqrt{\frac{3,6}{10}}$$

$$e = \sqrt{0,36}$$

$$e = 0,6$$

Jadi, besar koefisien restitusi di titik terjadinya tumbukan benda dengan lantai adalah **0,6** dan dengan demikian terjadi tumbukan lenting sebagian.

Catatan penting :

Untuk benda di jatuh bebaskan dari ketinggian h_1 tertentu dan memantul dan mencapai ketinggian h_2 (dimana $h_2 < h_1$), maka koefisien restitusi yang bekerja di titik terjadinya tumbukan dapat ditulis :

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Dan karena terjadi pada titik tumbukan yang sama dapat ditentukan tinggi pantulan-pantulan benda berikutnya, dan dapat ditulis dengan persamaan :

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{h_3}{h_2} = \frac{h_4}{h_3}$$

c. Tumbukan tidak lenting sama sekali

Perhatikan gambar kejadian berikut !



Peristiwa di atas merupakan contoh terjadinya tumbukan tidak lenting sama sekali. Pada tumbukan jenis ini, setelah terjadi tumbukan, maka kedua benda tersebut menyatu dan bergerak bersama-sama sehingga setelah tumbukan kedua benda tersebut memiliki kecepatan yang sama ($v_1' = v_2' = v'$).

Adapun syarat suatu benda terjadi tumbukan tidak lenting sama sekali yaitu :

1. Berlaku hukum kekekalan momentum
2. Tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik, karena terdapat energi gerak yang hilang pada diri benda
3. Benda menyatu setelah tumbukan sehingga kecepatan setelah tumbukan sama dan bergerak ke arah yang sama ($v_1' = v_2' = v$).
4. Memiliki nilai koefisien restitusi sama dengan nol ($e = 0$)

Tantangan untuk Ananda :

Buktikan bahwa ketika benda mengalami tumbukan tidak lenting sama sekali, nilai koefisien restitusi e sama dengan 0 ($e = 0$)

C. Rangkuman

1. Koefisien restitusi merupakan parameter yang terjadi pada peristiwa tumbukan suatu benda dengan benda lain yang nilainya diperoleh dari negatif perbandingan selisih kecepatan benda setelah tumbukan ($\Delta v'$) dengan selisih kecepatan benda sebelum tumbukan (Δv), sehingga koefisien restitusi dapat ditulis :

$$e = -\frac{\Delta v'}{\Delta v} \quad \text{atau} \quad e = -\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)}$$

2. Jenis-jenis tumbukan suatu benda terbagi atas 3 jenis yaitu :
 - a. Tumbukan lenting sempurna
 - b. Tumbukan lenting sebagian
 - c. Tumbukan tidak lenting sama sekali
3. Tumbukan lenting sempurna memiliki syarat sebagai berikut :
 - a) Berlaku hukum kekekalan momentum
 - b) Tidak ada energi gerak yang hilang pada benda sebelum dan sesudah tumbukan (berlaku hukum kekekalan energi mekanik)
 - c) Memiliki koefisien restitusi sama dengan 1 ($e = 1$)
4. Tumbukan lenting sebagian memiliki syarat sebagai berikut :
 - a) Berlaku hukum kekekalan momentum
 - b) Tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik, karena pada peristiwa ini ada energi gerak yang hilang pada benda
 - c) Setelah tumbukan benda bergerak sendiri-sendiri (tidak menyatu)
 - d) Memiliki nilai koefisien restitusi (e) yaitu $0 < e < 1$
5. Tumbukan tidak lenting sama sekali memiliki syarat sebagai berikut :
 - a) Berlaku hukum kekekalan momentum
 - b) Tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik, karena terdapat energi gerak yang hilang pada diri benda
 - c) Benda menyatu setelah tumbukan sehingga kecepatan setelah tumbukan sama dan bergerak ke arah yang sama ($v_1' = v_2' = v$).
 - d) Memiliki nilai koefisien restitusi sama dengan nol ($e = 0$)

D. Latihan Soal

1. Dua benda masing-masing bermassa $m_1 = 20$ kg dan $m_2 = 40$ kg bergerak dengan arah berlawanan dengan kecepatan masing-masing $v_1 = 10$ m/s dan $v_2 = 4$ m/s. Kedua benda saling bertumbukan. Tentukan kecepatan akhir kedua benda setelah bertumbukan jika terjadi :
 - a. Tumbukan lenting sempurna
 - b. Tumbukan lenting sebagian dengan koefisien restitusi $e = 0,2$
 - c. Tumbukan tidak lenting sama sekali
2. Benda 1 bermassa 2 kg bergerak dengan kecepatan 5 m/s, sedangkan benda 2 bermassa 3 kg bergerak dengan kecepatan 2 m/s (lihat gambar). Jika kedua benda bergerak berlawanan arah dan menyatu setelah tumbukan, Tentukan besarnya kecepatan kedua benda tersebut !
3. Sebuah ayunan balistik bermassa 4 kg digantung vertikal. Sebuah peluru bermassa 25 gram menumbuk ayunan dan bersarang di dalamnya, sehingga titik pusat massanya naik setinggi 40 cm. Tentukan kecepatan peluru sesaat sebelum menumbuk ayunan !

Pembahasan Latihan

Nomor 1

Perhatikan gambar kejadian berikut !



$m_1 = 20 \text{ kg}$
 $m_2 = 40 \text{ kg}$
 $v_1 = 10 \text{ m/s}$ (ke kanan)
 $v_2 = -4 \text{ m/s}$ (ke kiri)

a. Menentukan v_1' dan v_2' jika terjadi tumbukan lenting sempurna

- Berlaku hukum kekekalan momentum linier

$$\sum p = \sum p'$$

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

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

$$20 \cdot 10 + 40 \cdot (-4) = 20 \cdot v_1' + 40 \cdot v_2'$$

$$40 = 20 \cdot v_1' + 40 \cdot v_2'$$

$$2 = v_1' + 2v_2' \dots\dots\dots(1)$$

- Memiliki koefisien restitusi $e = 1$, sehingga dapat ditulis

$$e = -\frac{\Delta v'}{\Delta v}$$

$$1 = -\frac{\Delta v'}{\Delta v}$$

$$\Delta v = -\Delta v'$$

$$v_2 - v_1 = -(v_2' - v_1')$$

$$-4 - 10 = -(v_2' - v_1')$$

$$14 = v_2 - v_1' \dots\dots\dots(2)$$

- Persamaan (1) dan (2) di eliminasi diperoleh :

$$v_2 - v_1' = 14$$

$$2v_2' + v_1' = 2 \quad +$$

$$\hline 3v_2' = 16$$

$$v_2' = \frac{16}{3} \text{ m/s (bergerak ke arah kanan)}$$

Dengan mensubstitusi nilai v_2' pada persamaan 2 maka diperoleh :

$$14 = \frac{16}{3} - v_1'$$

$$v_1' = -\frac{26}{3} \text{ m/s (bergerak ke arah kiri)}$$

Jadi, jika terjadi tumbukan lenting sempurna, maka sesaat setelah bertumbukan benda 1 memiliki kecepatan $\frac{26}{3} \text{ m/s}$ ke kiri dan benda 2 memiliki kecepatan $\frac{16}{3} \text{ m/s}$ ke kanan

b. Menentukan v_1' dan v_2' jika terjadi tumbukan lenting sebagian

- Selain berlaku hukum kekekalan momentum linier yang telah tercantum pada persamaan (1), maka dalam hal ini kita juga dapat meninjau dari konsep koefisien restitusi ($e = 0,2$), sehingga dapat di tulis :

$$e = -\frac{\Delta v'}{\Delta v}$$

$$0,2 = -\frac{\Delta v'}{\Delta v}$$

$$0,2 \cdot \Delta v = -\Delta v'$$

$$0,2(v_2 - v_1) = -(v_2' - v_1')$$

$$0,2(-4 - 10) = -(v_2' - v_1')$$

$$2,8 = (v_2' - v_1') \dots\dots\dots(3)$$

- Eliminasi persamaan (1) dengan persamaan (3) diperoleh :

$$v_2' - v_1' = 2,8$$

$$2v_2' + v_1' = 2 \quad +$$

$$\hline 3v_2' = 4,8$$

$$v_2' = 1,6 \text{ m/s (bergerak ke arah kanan)}$$

Dengan mensubstitusi nilai v_2' pada persamaan 3 maka diperoleh :

$$2,8 = 1,6 - v_1'$$

$$v_1' = -1,2 \text{ m/s (bergerak ke arah kiri)}$$

Jadi, jika terjadi tumbukan lenting sebagian, maka sesaat setelah bertumbukan benda 1 memiliki kecepatan **1,2 m/s** ke kiri dan benda 2 memiliki kecepatan **1,6 m/s** ke kanan.

c. Menentukan v_1' dan v_2' jika terjadi tumbukan tidak lenting sama sekali

$$\sum p = \sum p'$$

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

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

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

$$v' = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$v' = \frac{(20 \times 10) + (40 \times (-4))}{(20 + 40)}$$

$$v' = \frac{(200) + (-160)}{(60)}$$

$$v' = \frac{40}{60}$$

$$v' = \frac{2}{3} \text{ m/s}$$

Jadi, jika terjadi tumbukan tidak lenting sama sekali, maka sesaat setelah bertumbukan benda 1 dan benda 2 akan menyatu dan bergerak bersama-sama dengan kecepatan $\frac{2}{3}$ m/s arah ke kanan

Nomor 2

Diketahui :

$$m_1 = 2 \text{ kg}$$

$$v_1 = 5 \text{ m/s (bergerak kekanan)}$$

$$m_2 = 3 \text{ kg}$$

$$v_2 = -2 \text{ m/s (bergerak kekiri)}$$

Ditanya :

Kecepatan benda setelah tumbukan dimana kedua benda tersebut menyatu ($v_1' = v_2' = v' = \dots?$)

Berdasarkan analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa kedua benda tersebut mengalami tumbukan tidak lenting sama sekali ($e = 0$), dan berlaku hukum kekekalan momentum linier, sehingga diperoleh

$$\sum p = \sum p'$$

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

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

$$v' = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$v' = \frac{(2 \times 5) + (3 \times (-2))}{(2 + 3)}$$

$$v' = \frac{(10) + (-6)}{(5)}$$

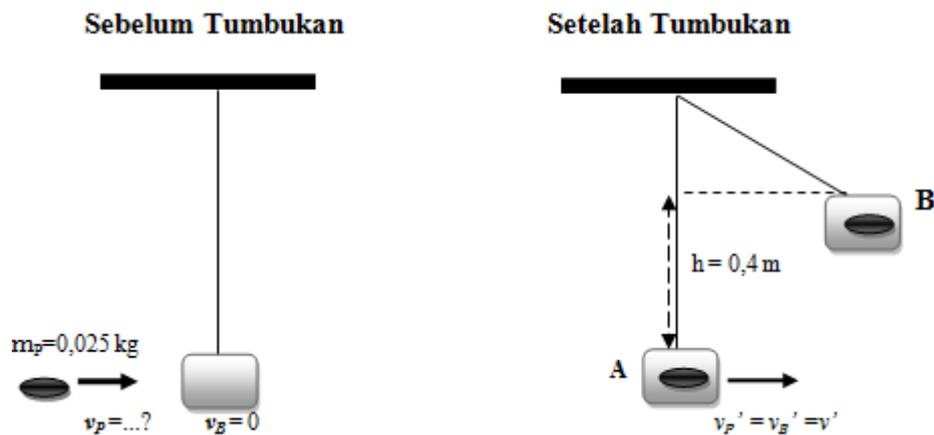
$$v' = \frac{4}{5} \text{ m/s}$$

$$v' = 0,8 \text{ m/s bergerak ke arah kanan}$$

Jadi, setelah bertumbukan kedua benda tersebut bergerak bersama-sama dengan kecepatan **0,8 m/s** bergerak **searah dengan benda 1 (ke kanan)**



Nomor 3



- Lihat benda saat terjadi tumbukan, berlaku hukum kekekalan momentum linier dan dapat di tulis

$$\sum p = \sum p'$$

$$p_P + p_B = p'_P + p'_B$$

$$m_P \cdot v_P + m_B \cdot v_B = m_P \cdot v'_P + m_B \cdot v'_B$$

$$m_P \cdot v_P + m_B \cdot v_B = (m_P + m_B)v'$$

$$v' = \frac{m_P \cdot v_P + m_B \cdot v_B}{(m_P + m_B)}$$

$$v' = \frac{m_P \cdot v_P + m_B \cdot 0}{(m_P + m_B)}$$

$$v' = \frac{m_P \cdot v_P}{(m_P + m_B)} \dots \dots \dots (1)$$

- Lihat benda ketika setelah tumbukan, kedua benda menyatu, maka dalam hal ini berlaku Hukum Kekekalan Energi Mekanik, dan dapat ditulis :

$$EM_A = EM_B$$

$$EP_A + EK_A = EP_B + EK_B$$

$$mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$0 + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B + 0$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B$$

$$v_A^2 = gh_B$$

$$v_A = \sqrt{gh_B}$$

$$v' = \sqrt{gh_B} \dots \dots \dots (2)$$

- Persamaan (1) dan (2) disubstitusi, diperoleh :

$$\sqrt{gh_B} = \frac{m_P \cdot v_P}{(m_P + m_B)}$$

$$v_p = \frac{(m_p + m_B)}{m_p} \sqrt{2gh_B}$$

Sehingga dapat ditulis

$$v_p = \frac{(0,025 + 4)}{0,025} \sqrt{2 \cdot (10) \cdot (0,4)}$$

$$v_p = \frac{4,025}{0,025} \sqrt{8}$$

$$v_p = 161 (2\sqrt{2})$$

$$v_p = 322\sqrt{2} \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan peluru sesaat sebelum menumbuk balok adalah $322\sqrt{2} \text{ m/s}$

E. Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah Ananda memahami konsep untuk mendapatkan nilai dari Koefisien restitusi e ?		
2	Apakah Ananda memahami dan mampu membedakan konsep tentang syarat terjadinya berbagai jenis tumbukan?		
3	Apakah Ananda dapat mendeteksi berlakunya berbagai jenis-jenis tumbukan dalam kehidupan sehari-hari?		
4	Apakah Ananda memahami beberapa contoh soal dan latihan soal yang telah dibahas di modul ini tentang berbagai jenis tumbukan?		
Jumlah			

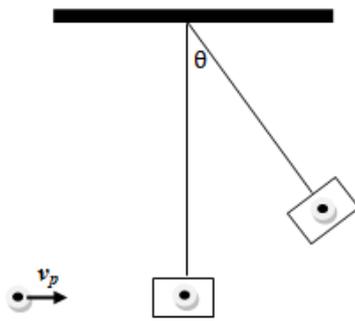
Catatan:

Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran. Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

EVALUASI

1. Benda bermassa 1 kg bergerak dengan energi kinetik 8 Joule, maka besar momentum benda tersebut adalah...
 - A. 8,0 kg m/s
 - B. 4,0 kg m/s
 - C. 2,0 kg m/s
 - D. 0,5 kg m/s
 - E. 0,2 kg m/s
2. Sebuah roket melepaskan bahan bakar yang telah terbakar sebanyak 2000 kg selama 10 sekon. Kecepatan roket pada saat akhir pembakaran adalah 300 m/s. Besar gaya rata-rata yang bekerja pada roket adalah...
 - A. 20.000 Newton
 - B. 30.000 Newton
 - C. 40.000 Newton
 - D. 50.000 Newton
 - E. 60.000 Newton
3. Sebuah peluru bermassa 5 gram ditembakkan dari senapan bermassa 5 kg. kecepatan peluru adalah 50 m/s. Kecepatan dorong senapan pada bahu penembak adalah...
 - A. 0,05 m/s mendorong bahu penembak
 - B. 0,05 m/s mendorong senapan
 - C. 0,03 m/s mendorong bahu penembak
 - D. 0,03 m/s mendorong senapan
 - E. 0,02 m/s mendorong bahu penembak
4. Sebuah bola bermassa 600 gram menumbuk dinding secara tegak lurus dengan kecepatan 40 m/s. Jika bola dipantulkan kembali dengan kecepatan 30 m/s, maka perubahan momentum yang terjadi adalah...
 - A. 14 kg.m/s
 - B. 18 kg.m/s
 - C. 20 kg.m/s
 - D. 28 kg.m/s
 - E. 42 kg.m/s
5. Dua buah benda memiliki energi kinetik yang sama. Jika massa benda pertama dua kali massa benda kedua, maka perbandingan antara momentum benda pertama dan kedua adalah...
 - A. 1 : 2
 - B. 2 : 1
 - C. $\sqrt{2} : 2$
 - D. $2 : \sqrt{2}$
 - E. 3 : 2
6. Dua buah benda memiliki massa yang sama yaitu $m_1 = m_2 = 2$ kg, bergerak saling mendekati antara kedua nya. Jika $v_1 = 10$ m/s dan $v_2 = 20$ m/s. Jika benda mengalami tumbukan lenting sempurna, maka kecepatan masing-masing benda sesaat setelah tumbukan adalah...
 - A. $v_1' = 20$ m/s searah dengan v_2 ; $v_2' = 10$ m/s searah dengan v_1
 - B. $v_1' = 10$ m/s searah dengan v_2 ; $v_2' = 20$ m/s searah dengan v_1
 - C. $v_1' = 20$ m/s searah dengan v_1 ; $v_2' = 10$ m/s searah dengan v_2
 - D. $v_1' = 20$ m/s searah dengan v_2 ; $v_2' = 10$ m/s searah dengan v_2
 - E. $v_1' = v_2' = 2$ m/s searah dengan v_2

7. Sebuah balok bermassa 2 kg digantung dengan seutas tali sepanjang 1,6 m seperti gambar berikut



sebuah peluru ($m_p = 10$ gram) ditembakkan pada balok kayu dan peluru bersarang di dalamnya. Jika sudut simpangan tali adalah 60° , maka besar kecepatan peluru sesaat sebelum terjadi tumbukan...

- A. 804 m/s
- B. 750 m/s
- C. 624 m/s
- D. 575 m/s
- E. 425 m/s

8. Perhatikan gambar berikut !



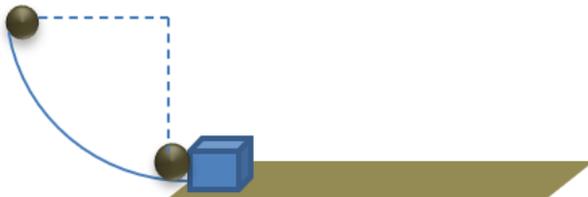
Bola A dan B masing-masing bermassa 10 kg dan 30 kg, akan bertumbukan seperti tertera pada gambar di atas. Jika kedua benda menyatu setelah tumbukan, maka kecepatan kedua benda tersebut setelah tumbukan adalah...

- A. 0,75 m/s
- B. 1,50 m/s
- C. 1,75 m/s
- D. 2,25 m/s
- E. 2,75 m/s

9. Bola pimpong jatuh dari ketinggian h , dari atas lantai. Jika pemantulan *kedua* terjadi pada ketinggian $\frac{h}{16}$, maka tinggi pantulan bola pimpong yang *pertama* kali setelah jatuh bebas adalah...

- A. $\frac{h}{2}$
- B. $\frac{h}{3}$
- C. $\frac{h}{4}$
- D. $\frac{h}{5}$
- E. $\frac{h}{8}$

10. Sebuah bola besi digantungkan pada tali tidak bermassa sepanjang 50 cm. Pada dasar lintasannya, bola tersebut menumbuk balok seperti gambar berikut



Massa bola dan balok berturut-turut adalah 1 kg dan 3 kg. Jika tumbukan antara bola dan balok lenting sempurna, Maka besar kecepatan balok setelah tumbukan adalah...

- A. $\frac{1}{3}\sqrt{10}$ m/s
- B. $\frac{1}{2}\sqrt{10}$ m/s

- C. $\frac{2}{3}\sqrt{10} \text{ m/s}$
- D. $\frac{3}{2}\sqrt{10} \text{ m/s}$
- E. $\frac{5}{2}\sqrt{10} \text{ m/s}$

KUNCI JAWABAN EVALUASI

1. B
2. E
3. A
4. E
5. D
6. A
7. A
8. C
9. C
10. B

DAFTAR PUSTAKA

- Kanginan, Marthen. 2016. *Fisika Untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. 2000. *Seribu Pena Fisika SMU Kelas 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Subagia, Hari, Taranggono Agus. 2007. *Sains FISIKA 2*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Lasmi, Ni Ketut. 2015. *Seri Pendalaman Materi (SPM) Fisika*. Bandung: Penerbit Esis
- Sears, Zemansky. 1994. *Fisika Untuk Universitas 3 Optika Fisika Modern (Terjemahan)*. Bandung: Penerbit Binacipta.
- Surya, Yohanes. 1996. *Olimpiade Fisika SMU Caturwulan Kedua Kelas 1*. Jakarta: Penerbit PT Primatika Cipta Ilmu.
- <https://images.app.goo.gl/M4Dn1tkPu2JzQot88>
- <https://images.app.goo.gl/u6KMzHiyKanpoNE19>