

# MODUL 13

## MOMENTUM DAN TUMBUKAN

### 1. TUJUAN

- 1.1 Memahami prinsip hukum kekekalan momentum,
- 1.2 Menghitung nilai-nilai kecepatan sistem pada berbagai keadaan tumbukan,
- 1.3 Membandingkan nilai momentum sebelum dan sesudah terjadi tumbukan,
- 1.4 Membandingkan nilai energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan,
- 1.5 Mengamati berbagai macam peristiwa tumbukan dari dua buah benda.

### 2. ALAT DAN BAHAN

- 2.1. Set Air Track,
- 2.2. Sensor Photogate,
- 2.3. LabQuest mini,
- 2.4. Kisi,
- 2.5. Glider,
- 2.6. Beban,
- 2.7. Neraca.

### 3. KONSEP DASAR

Dalam modul ini, akan dipelajari fenomena yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari yaitu fenomena momentum dan impuls.

#### 3.1. Momentum

Momentum didefinisikan sebagai perkalian massa benda dengan kecepatannya. Momentum dapat dinyatakan sebagai ukuran kesulitan mengubah kecenderungan gerak benda. Secara matematis momentum linear dirumuskan sebagai berikut.

$$p = m.v \quad (13.1)$$

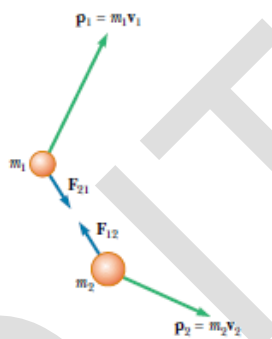
dengan  $m$  merupakan massa benda dan  $v$  adalah kecepatan. Gaya total pada benda menghasilkan perubahan momentum benda terhadap waktu sebagaimana dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum F = \frac{dp}{dt} \quad (13.2)$$

$$= \frac{d(mv)}{dt}$$

$$= m \frac{dv}{dt}$$

$$\sum F = ma \quad (13.3)$$



**Gambar 13.1** . Interaksi dua partikel dengan momentum masing-masing  $p_1$  untuk benda 1 dan  $p_2$  untuk benda 2.

Misalkan dua buah partikel berinteraksi satu sama lain tanpa dipengaruhi lingkungannya (gaya eksternal) dan memenuhi **hukum aksi – reaksi (Hukum II Newton)**, maka berlaku hukum kekekalan momentum yang secara matematis dapat dituliskan berikut :

$$F_{12} + F_{21} = 0$$

$$\frac{dp_1}{dt} + \frac{dp_2}{dt} = 0$$

$$\frac{d(p_1+p_2)}{dt} = 0$$

$$p_1 + p_2 = \text{konstan} \quad (13.4)$$

### 3.2 Impuls

Impuls dapat didefinisikan sebagai hasil integral daerah dibawah kurva fungsi gaya ( $F$ ) terhadap waktu ( $t$ ). Secara matematis, impuls ditulis sebagai berikut :

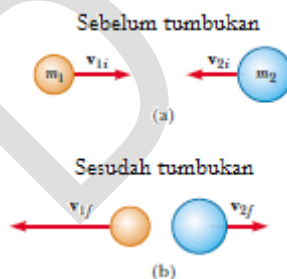
$$F = \frac{dp}{dt}$$

$$dp = F dt$$

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F dt = \int_{p_1}^{p_2} dp = p_2 - p_1 = \Delta p \quad (13.5)$$

### 3.3 Tumbukan

Tumbukan adalah salah satu contoh keadaan dengan momentum kekal. Ada tiga jenis tumbukan, yaitu tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting tidak sempurna (lenting sebagian) dan tumbukan tidak lenting. Pada tumbukan lenting sempurna, tidak ada energi kinetik yang hilang sehingga energi kinetik awal sama dengan energi kinetik akhir (hukum kekekalan energi kinetik berlaku). Sifat tumbukan tersebut disebut juga tumbukan elastik. Pada tumbukan lenting sebagian atau tumbukan tak elastik, terdapat energi kinetik yang hilang sehingga energi kinetik awal tidak sama dengan energi kinetik akhir. Sedangkan pada tumbukan tak lenting atau tak elastik sempurna, kedua benda yang bertumbukan bergerak bersama dengan kecepatan yang sama.



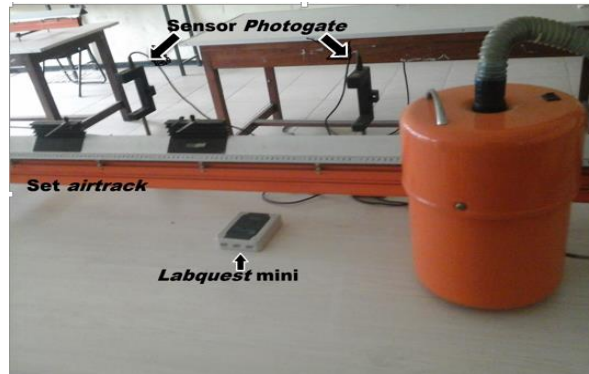
**Gambar 13.2** . Skema tumbukan elastik antara dua partikel : (a) sebelum tumbukan dan (b) setelah tumbukan.

Pada gambar 13.2 (a), benda 1 bermassa  $m_1$  melaju ke arah kanan (ke arah benda 2) dengan kecepatan  $v_1$  sedangkan benda 2 bermassa  $m_2$  melaju ke arah kiri (ke arah benda 1) dengan kecepatan  $v_2$ . Energi kinetik sebelum tumbukan adalah :

$$K_i = \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 \quad (13.6)$$

Sedangkan energi sistem setelah tumbukan dituliskan sebagai berikut :

$$K_f = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 \quad (13.7)$$



Gambar 13.3. Komponen-komponen eksperimen momentum dan tumbukan.

## 4. PROSEDUR PERCOBAAN

### 4.1 Setting Alat

- Siapkan dua sensor *photogate* dan hubungkan dengan *LabQuest*,
- Ubah pengaturan menjadi *photogate* sensor di pengaturan *Labquest* mini pada komputer,
- Posisikan sensor *photogate* pertama pada jarak 50 cm dan *photogate* kedua pada jarak 150 cm,
- Siapkan *glider* dengan memberikan beban tambahan dan kisi,
- Pasang *glider* pada lintasan *air track*,
- Nyalakan *air track* dan atur penyangga *air track* sehingga *air track* benar-benar dalam keadaan lurus. *Air track* dalam keadaan lurus dapat ditandai dengan *glider* yang akan diam ketika *air track* dinyalakan.

### 4.2 Tumbukan 1

- Posisikan kedua *glider* pada ujung *air track*,
- Siapkan *LabQuest* untuk memulai melakukan pembacaan data,
- Dorong perlahan *glider* dan pastikan kedua *glider* melakukan tumbukan di daerah yang berada di antara kedua *photogate*,
- Catat waktu yang terbaca oleh sensor,
- Hitung kecepatan sebelum dan sesudah tumbukan masing-masing *glider*,
- Lakukan eksperimen dengan memvariasikan massa beban pada *glider*,
- Tabulasikan data yang telah didapatkan pada tabel 13.1.

**Tabel 13.1** . Data massa , kecepatan awal dan kecepatan akhir pada tumbukan 1.

Variasi	Glider 1			Glider 2		
	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)
1						
2						
3						
4						
5						

- h. Dari tabel 1 hitung nilai koefisien restitusi pada masing-masing variasi dan tabulasikan pada tabel 2.

**Tabel 13.2** . Data koefisien restitusi pada tumbukan 1.

Variasi	Koefisienrestitusi (e)
1	
2	
3	
4	
5	

- i. Dari tabel 13.1 tentukan momentum sebelum, sesudah dan momentum total sistem. Tabulasikan pada tabel 13.3.

**Tabel 13.3.** Data momentum glider 1 , glider 2 dan sistem sebelum dan sesudah tumbukan pada tumbukan 1.

Variasi	SebelumTumbukan			SetelahTumbukan		
	$p$ glider 1 (kg m/s)	$p$ glider 2 (kg m/s)	$p$ sistem (kg m/s)	$p$ glider 1 (kg m/s)	$p$ glider 2 (kg m/s)	$p$ sistem (kg m/s)
1						
2						
3						
4						
5						

- j. Hitung energi kinetik sistem sebelum dan sesudah tumbukan. Bandingkan kedua nilai energi tersebut. Tabulasikan data pada tabel 13.4.

**Tabel 13.4.** Data energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan pada tumbukan 1.

Variasi	EK Sebelum (J)	EK Sesudah (J)
1		
2		
3		
4		
5		

#### 4.3. Tumbukan 2

- Posisikan salah satu *glider* di ujung air track dan glider lainnya berada diantara kedua *photogate*. Pastikan *glider* yang berada diantar photogate dalam keadaan diam,
- Siapkan *LabQuest* untuk memulai melakukan pembacaan data,
- Dorong perlahan *glider* yang berada diujung air track dan biarkan menumbuk glider yang diam,
- Catat waktu yang terbaca oleh sensor,
- Hitung kecepatan sebelum dan sesudah tumbukan masing-masing *glider*,
- Lakukan eksperimen dengan memvariasikan massa beban pada *glider*,
- Tabulasikan data yang telah didapatkan pada tabel 13.5

**Tabel 13.5 .** Data massa , kecepatan awal dan kecepatan akhir pada tumbukan 2.

Variasi	Glider 1			Glider 2		
	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)
1						
2						
3						
4						
5						

- Dari tabel 13.5 hitung nilai koefisien restitusi pada masing-masing variasi dan tabulasikan pada tabel 13.6

**Tabel 13.6 .** Data koefisien restitusi pada tumbukan 2.

Variasi	Koefisienrestitusi (e)
1	
2	
3	
4	
5	

- i. Dari tabel 13.5 tentukan momentum sebelum, sesudah dan momentum total sistem. Tabulasikan pada tabel 13.7.

**Tabel 13.7.** Data massa momentum *glider 1* , *glider 2* dan sistem sebelum dan sesudah tumbukan pada tumbukan 2.

Variasi	SebelumTumbukan			SetelahTumbukan		
	$p$ glider 1 (kg m/s)	$p$ glider 2 (kg m/s)	$p$ sistem (kg m/s)	$p$ glider 1 (kg m/s)	$p$ glider 2 (kg m/s)	$p$ sistem (kg m/s)
1						
2						
3						
4						
5						

- j. Hitung energi kinetik sistem sebelum dan sesudah tumbukan. Bandingkan kedua nilai energi tersebut. Tabulasikan data pada tabel 13.8.

**Tabel 13.8.** Data energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan pada tumbukan 2.

Variasi	EK Sebelum (J)	EK Sesudah (J)
1		
2		
3		
4		
5		

#### 4.4. Tumbukan 3

- Posisikan salah satu *glider* di ujung air track dan letakkan benda tegar diantara kedua *photogate*,
- Siapkan *LabQuest* untuk memulai melakukan pembacaan data,

- c. Dorong perlahan *glider* yang berada diujung *air track* dan biarkan menumbuk benda tegar yang berada diantara *photogate*,
- d. Catat waktu yang terbaca oleh sensor,
- e. Hitung kecepatan sebelum dan sesudah pada *glider*,
- f. Lakukan eksperimen dengan memvariasikan massa beban pada *glider*,
- g. Tabulasikan data yang telah didapatkan pada tabel 13.9.

**Tabel 13.9** . Data massa , kecepatan awal dan kecepatan akhir pada tumbukan 3.

Variasi	Glider 1		
	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)
1			
2			
3			
4			
5			

- h. Dari tabel 13.9 hitung nilai koefisien restitusi pada masing-masing variasi dan tabulasikan pada tabel 13.10.

**Tabel 13.10** . Data koefisien restitusi pada tumbukan 3.

Variasi	Koefisien restitusi (e)
1	
2	
3	
4	
5	

- i. Dari tabel 13.9 tentukan momentum sebelum, sesudah dan momentum total sistem. Tabulasikan pada tabel 13.11.

**Tabel 13.11**. Data momentum *glider 1* , *glider 2* dan sistem sebelum tumbukan pada tumbukan 3.

Variasi	Sebelum Tumbukan		
	$p_{glider 1}$ (kg m/s)	$p_{glider 2}$ (kg m/s)	$p_{sistem}$ (kg m/s)
1			
2			
3			



4			
5			

- j. Hitung energi kinetik sistem sebelum dan sesudah tumbukan. Bandingkan kedua nilai energi tersebut. Tabulasikan data pada tabel 13.12

**Tabel 13.12.** Data energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan pada tumbukan 3.

Variasi	EK Sebelum (J)	EK Sesudah (J)
1		
2		
3		
4		
5		

## 5. TUGAS ANALISIS

### 5.1 Pembuktian Hukum Kekekalan Momentum

1. Buatlah grafik jarak terhadap waktu ( $x$  terhadap  $t$ ) untuk ketiga kondisi!
2. Tentukan nilai-nilai kecepatan berdasarkan 3 grafik diatas!
3. Berdasarkan nilai kecepatan awal dan akhir sistem yang didapat, apakah berlaku hukum kekekalan momentum?
4. Berikan analisa Anda mengenai eksperimen ini!

### 5.2 Penentuan Impuls Sistem

1. Tentukan nilai percepatan system dari ketiga grafik eksperimen 5.1, kemudian buatlah 3 grafik gaya terhadap waktu!
2. Tentukan nilai impuls system berdasarkan grafik di atas!
3. Bandingkan nilai impuls yang dihitung berdasarkan grafik, dan nilai impuls berdasarkan perubahan momentum!
4. Berikan analisis Anda mengenai eksperimen ini!

## 6. PUSTAKA

Resnick, Robert., Halliday, David, Krane, Kenneth S. (1992). *Physics 4<sup>th</sup> Edition Vol. 1*. John Wiley & Sons, 209 – 210.

Amend, Bill. (2011) : *Physics 16 Laboratory Manual*, Armhest College, 24 – 26.  
Physics Department. (2011) : *Introductory Physics Laboratory Manual*, The City University of New York, 60 – 62