

MODUL 16

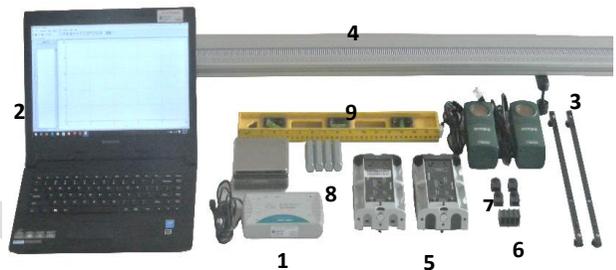
MOMENTUM DAN TUMBUKAN (2)

1. TUJUAN

- 1.1. Memahami perilaku gerak dua benda yang mengalami berbagai jenis tumbukan.
- 1.2. Membandingkan momentum total sistem sebelum dan setelah tumbukan.
- 1.3. Membandingkan energi kinetik total sistem sebelum dan setelah tumbukan.

2. ALAT – ALAT YANG DIGUNAKAN

- 2.1. Perangkat antarmuka *LabQuest Stream* (1),
- 2.2. PC berisi aplikasi *Logger Pro* (1),
- 2.3. Detektor gerak (*motion detector*) beserta dudukannya (2),
- 2.4. Rel (1),
- 2.5. Kereta berpelontar (2),
- 2.6. Magnet (4),
- 2.7. Velcro® (4),
- 2.8. Balok massa 500 gram (4),
- 2.9. Waterpass (1).



Gambar 16.1. Alat-alat yang digunakan.

3. KONSEP DASAR YANG TERKAIT

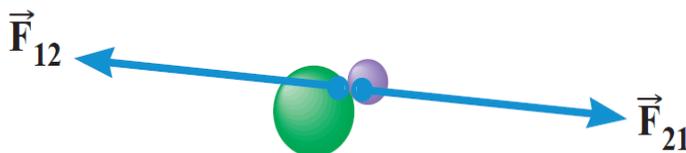
Momentum didefinisikan sebagai perkalian massa benda dengan kecepatannya. Momentum dapat dinyatakan sebagai ukuran kesulitan mengubah kecenderungan gerak benda. Secara matematis momentum linear dirumuskan sebagai berikut.

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (16.1)$$

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

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (16.2)$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (16.3)$$



Gambar 16.2. Interaksi dua partikel dengan meninjau gaya kontak antarbenda.

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

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0 \quad (16.4)$$

Dengan memanfaatkan persamaan (16.2), maka persamaan (16.4) dapat ditulis :

$$\frac{d}{dt}(\vec{p}_1 + \vec{p}_2) = 0 \quad (16.5)$$

Karena turunan momentum sistem terhadap waktu sama dengan nol, maka dapat dikatakan bahwa momentum sistem kekal. Hal ini disebut sebagai hukum kekekalan momentum linier.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 \quad (16.6)$$

Dengan memanfaatkan persamaan (16.1) diperoleh :

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2 \quad (16.7)$$

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



Gambar 16.3. Skema tumbukan elastik antara dua partikel : (kiri) sebelum tumbukan dan (kanan) setelah tumbukan.

Pada gambar 16.3 (kiri) , 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 :

$$EK = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 \quad (16.8)$$

Sedangkan energi sistem setelah tumbukan dituliskan sebagai berikut :

$$EK' = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2 \quad (16.9)$$

4. PROSEDUR PERCOBAAN

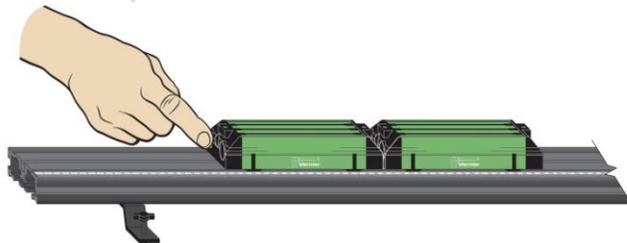
a. Set Up Alat Percobaan

- 1) Pasang detektor gerak padaudukannya dan tempatkan pada kedua ujung rel dengan bagian detektor menghadap ke rel.
- 2) Hubungkan detektor gerak dengan soket *digital* (DIG) pada *LabQuest Stream*.
- 3) Pilih mode sensitivitas pada detektor gerak ke modus *Track* seperti pada Gambar 16.4.



Gambar 16.4. Modus *track* pada sensor gerak.

- 4) Atur ketinggian dari rel hingga posisinya benar-benar datar, cek menggunakan *waterpass*.
- 5) Hubungkan detektor gerak dengan soket *digital* (DIG) pada *LabQuest Stream*.
- 6) Buka aplikasi *LoggerPro* pada PC, jalankan program perekaman data. Atur agar grafik kecepatan terhadap waktu muncul pada layar.
- 7) Pasangkan magnet pada satu sisi kereta dan *Velcro®* pada sisi lainnya.
- 8) Pasangkan kedua kereta pada bagian *Velcro®* dan tempatkan di posisi tengah-tengah rel.
- 9) Kalibrasi sensor dengan menekan tombol pada program.
- 10) Tekan tombol untuk memulai perekaman data.
- 11) Berikan dorongan awal pada kereta hingga bergerak perlahan. Tangkap kereta sebelum mencapai ujung rel seperti pada Gambar 16.5. Pastikan bentuk grafik dari bacaan kedua sensor menyerupai pencerminan.



Gambar 16.5. Skema Pengujian Set Peralatan dan Detektor.

b. Tumbukan Elastik

- 1) Atur posisi kedua kereta sehingga sisi yang terpasang magnet saling berhadapan dan terpisah sejauh 40 cm.
- 2) Lakukan latihan dengan memberi dorongan pada salah satu kereta ke arah kereta lainnya sehingga kedua kereta saling "bertumbukan" tanpa bersentuhan. Ulangi hingga kecepatan kereta tidak terlampaui kecil maupun terlampaui besar.
- 3) Tempatkan kereta 1 pada posisi tengah-tengah rel, dan kereta 2 pada jarak 20 cm di depan salah satu detektor gerak.
- 4) Pilih tombol  untuk memulai perekaman data.
- 5) Ketika mendengar bunyi dari detektor, beri dorongan pada kereta 2 hingga bergerak menuju kereta 1 dan terjadi tumbukan. Beri tanda di detik ke berapa tumbukan terjadi.
- 6) Catat kecepatan masing-masing kereta sesaat sebelum dan setelah tumbukan (jangan lupa kecepatan merupakan besaran vektor). Tulis hasilnya pada Tabel 16.1.
- 7) Ulangi langkah 3-6 dengan memvariasikan penambahan beban pada tiap kereta.

Tabel 16.1. Data Kecepatan Benda pada Tumbukan Elastik.

Percobaan ke-	Kereta 1			Kereta 2		
	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)
1						
2						
dst						

c. Tumbukan Tak Elastik

- 1) Atur posisi kedua kereta sehingga sisi yang terpasang Velcro® saling berhadapan.
- 2) Lakukan latihan dengan memberi dorongan pada salah satu kereta ke arah kereta lainnya sehingga kedua kereta saling bertumbukan dan menempel satu sama lain tanpa ada pemantulan yang berarti.

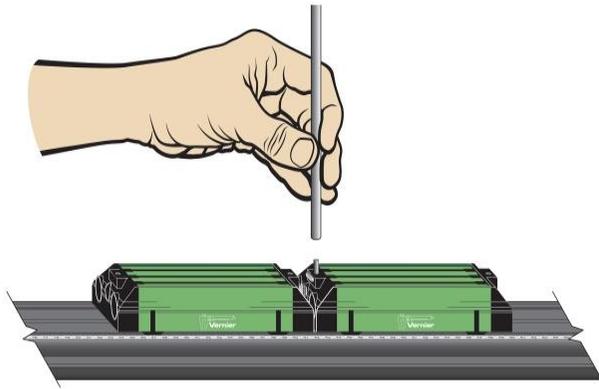
- 3) Tempatkan kereta 1 pada posisi tengah-tengah rel, dan kereta 2 pada jarak 20 cm di depan salah satu detektor gerak.
- 4) Pilih tombol untuk memulai perekaman data.
- 5) Ketika mendengar bunyi dari detektor, beri dorongan pada kereta 2 hingga bergerak menuju kereta 1 dan terjadi tumbukan. Beri tanda di detik ke berapa tumbukan terjadi.
- 6) Catat kecepatan masing-masing kereta sesaat sebelum dan setelah tumbukan (jangan lupa kecepatan merupakan besaran vektor). Tulis hasilnya pada Tabel 16.2.
- 7) Ulangi langkah 3-6 dengan memvariasikan penambahan beban pada tiap kereta.

Tabel 16.2. Data Kecepatan Benda pada Tumbukan Tak Elastik.

Percobaan ke-	Kereta 1			Kereta 2		
	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)
1						
2						
dst						

d. Ledakan

- 1) Atur posisi kedua kereta sehingga sisi yang terpasang pelontar pada salah satu kereta menghadap kereta yang lainnya.
- 2) Pastikan posisi pelontar masuk ke dalam kereta.
- 3) Tempatkan kedua kereta di posisi tengah-tengah rel hingga kedua kereta saling bersentuhan.
- 4) Pilih tombol untuk memulai perekaman data.
- 5) Ketika mendengar bunyi dari detektor, Tekan tombol untuk melepaskan pelontar pada kereta dengan cepat (gunakan ujung tumpul ballpoint atau pensil) seperti pada Gambar 16.6.
- 6) Tangkap kedua kereta sebelum keluar dari ujung rel.



Gambar 16.6. Percobaan Ledakan.

- 7) Catat kecepatan masing-masing kereta sesaat sebelum dan setelah tumbukan (jangan lupa kecepatan merupakan besaran vektor). Tulis hasilnya pada Tabel 16.3.
- 8) Ulangi langkah 1-7 dengan memvariasikan penambahan beban pada tiap kereta.

Tabel 16.3. Data Kecepatan Percobaan Ledakan

Percobaan ke-	Kereta 1			Kereta 2		
	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)	Massa (kg)	Kecepatan awal (m/s)	Kecepatan akhir (m/s)
1						
2						
dst						

5. TUGAS ANALISIS

a. Tumbukan Elastik

- 1) Hitung momentum pada tiap kereta sebelum dan setelah tumbukan. Tuliskan hasilnya pada Tabel 16.4.

Tabel 16.4. Momentum pada tumbukan elastik

No	Sebelum			Setelah			Rasio $\frac{p'}{p}$
	p_1 (kg-m/s)	p_2 (kg-m/s)	p' sistem (kg-m/s)	p_1' (kg-m/s)	p_2' (kg-m/s)	p' sistem (kg-m/s)	
1							
2							
dst							

- 2) Bandingkan nilai momentum masing-masing kereta saat massa kedua kereta sama. Bagaimana nilainya ketika massa kedua kereta berbeda. Jelaskan hasil yang diperoleh.
- 3) Bandingkan momentum sistem sebelum dan setelah tumbukan. Apakah hasilnya sesuai dengan perkiraan Anda ? Jelaskan.
- 4) Hitung energi kinetik total pada kedua sistem. Tuliskan hasilnya pada Tabel 16.5.

Tabel 16.5. Energi kinetik pada tumbukan elastik.

No	Sebelum			Setelah			Rasio $\frac{EK'}{EK}$
	EK_1 (J)	EK_2 (J)	EK sistem (J)	EK_1' (J)	EK_2' (J)	EK' sistem (J)	
1							
2							
dst							

- 5) Jelaskan hasil yang diperoleh dari Tabel 16.5.

b. Tumbukan Tak Elastik

- 1) Hitung momentum pada tiap kereta sebelum dan setelah tumbukan. Tuliskan hasilnya pada Tabel 16.6.

- 2) Bandingkan nilai momentum masing-masing kereta saat massa kedua kereta sama. Bagaimana nilainya ketika massa kedua kereta berbeda. Jelaskan hasil yang diperoleh.

Tabel 16.6. Momentum pada Tumbukan Tak Elastik.

No	Sebelum			Setelah			Rasio
	p_1 (kg-m/s)	p_2 (kg-m/s)	p' sistem m (kg-m/s)	p_1' (kg-m/s)	p_2' (kg-m/s)	p' sistem (kg-m/s)	$\frac{p'}{p}$
1							
2							
Dst							

- 3) Bandingkan momentum sistem sebelum dan setelah tumbukan. Apakah hasilnya sesuai dengan perkiraan Anda ? Jelaskan.
- 4) Hitung energi kinetik total pada kedua sistem. Tuliskan hasilnya pada Tabel 16.7.

Tabel 16.7. Energi kinetik pada tumbukan tak elastik.

No	Sebelum			Setelah			Rasio
	EK_1 (J)	EK_2 (J)	EK sistem (J)	EK_1' (J)	EK_2' (J)	EK' sistem (J)	$\frac{EK'}{EK}$
1							
2							
dst							

- 5) Jelaskan hasil yang diperoleh dari Tabel 16.7.

c. Ledakan

- 1) Hitung momentum pada tiap kereta sebelum dan setelah ledakan. Tuliskan hasilnya pada Tabel 16.8.

Tabel 16.8. Momentum pada Ledakan.

No	Sebelum			Setelah			%beda
	p_1 (kg- m/s)	p_2 (kg- m/s)	p' sistem (kg-m/s)	p_1' (kg- m/s)	p_2' (kg-m/s)	p' sistem (kg-m/s)	
1							
2							
dst							

- 2) Jelaskan hasil yang diperoleh pada Tabel 16.8. Bagaimana seharusnya nilai % beda antara momentum sistem awal dan akhir ?
- 3) Jelaskan mengenai perubahan energi yang terjadi pada kasus ledakan.
- 4) Bandingkan ketiga kasus pada percobaan ini berdasarkan data dan perhitungan yang diperoleh.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Cutnell, J.D. & Johnson, K.W. , Introduction to Physics (2015), Physics, 10 th edition, John Wiley & Sons, International student version.
- Dukerich, L., Advanced Physics with Vernier : Mechanics (2011), Vernier Software and Technology.
- Halliday, D., Resnick, R., and Walker, J., Principle of Physics, 10th ed. Extended (2014), John Wiley & Sons, International student version.
- Mikrajuddin, A., Fisika Dasar 1 (2016), Penerbit ITB.