

# MODUL 09

---

## DINAMIKA, USAHA, DAN ENERGI

### 1. TUJUAN

- 1.1. Memahami keterkaitan berbagai besaran dinamika dan menguji kebenaran hukum II Newton sebagai rumusan yang menghubungkan besaran-besaran tersebut,
- 1.2. Menghitung energi potensial dan kinetik suatu benda kemudian mengamati kesesuaiannya dengan prinsip kekekalan energi mekanik atau teorema usaha-energi.

### 2. ALAT DAN BAHAN

- 2.1. Rel udara (*airtrack*) dan *glider*,
- 2.2. Dasar beban + 6 buah beban bulat masing-masing 5 gram,
- 2.3. Beban untuk *glider* (persegi panjang) : 12.5 gram, 25 gram dan 50 gram,
- 2.4. Penghalang cahaya tunggal,
- 2.5. Sistem sensor *photogate* beserta antarmuka *Vernier Logger Pro*,
- 2.6. Katrol kecil dan benang berpengait,
- 2.7. Baut pengunci.

### 3. KONSEP DASAR

Dinamika merupakan salah satu cabang fisika yang mempelajari gerak benda beserta penyebabnya (gaya). Newton telah merumuskan konsep dinamika melalui hukum-hukumnya yang terkenal, yaitu keseimbangan/inersial, sistem dipercepat dan aksi-reaksi. Selain dirumuskan dalam hukum Newton, gerak benda beserta kaitannya dengan gaya ternyata dapat ditulis ulang dalam bentuk yang lebih umum menjadi teorema usaha-energi atau dalam bentuk khususnya, yaitu adalah kekekalan energi baik secara umum maupun kekekalan energi mekanik.

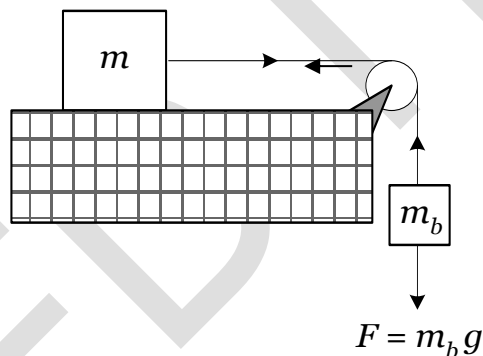
### 3.1. Hukum II Newton

Dalam **Hukum II Newton**, disebutkan bahwa jika sebuah benda yang mempunyai massa  $M$  diberi gaya sebesar  $F$ , maka akan timbul percepatan sebesar  $a$ , sesuai dengan hubungan berikut :

$$F = Ma \quad (9.1)$$

apabila  $F$  dan  $M$  konstan, maka  $a$  konstan.

Gaya yang menyebabkan percepatan pada rel udara disebabkan oleh tegangan tali yang dihubungkan pada beban gantung. Pada gambar 1 ditunjukkan dua buah benda bermassa  $m$  dan  $m_b$  dihubungkan oleh tali dengan gaya tegangan tali  $T$ . Ada gaya gesek yang bekerja pada benda  $m$ , tetapi besarnya dapat diabaikan dalam perhitungan karena licinnya permukaan rel udara.



**Gambar 9.1.** Ilustrasi sistem dalam eksperimen dinamika.

Jika tali selalu dalam keadaan tegang, maka percepatan benda  $m_b$  akan sama dengan percepatan  $m$ , atau percepatan sistem dengan total massa yang berperan dalam sistem adalah  $m + m_b$ . Untuk eksperimen bagian ini, kita ingin mengetahui hubungan massa dan percepatan dengan cara mengubah-ubah massa  $m$  dengan gaya  $F$  dibuat tetap. Selain itu akan dicari pula hubungan gaya  $F$  terhadap percepatan, dengan massa sistem  $m + m_b$  dibuat tetap.

### 3.2. Teorema Usaha-Energi

Konsep energi dapat dikaitkan dengan usaha oleh suatu gaya. Usaha oleh suatu gaya  $\vec{F}$  yang bekerja pada sistem sehingga sistem berpindah sejauh  $d\vec{r}$  adalah  $W_{\vec{F}} = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$ . Dengan penurunan secara matematik, maka diperoleh:

$$W_{\vec{F}_{total}} = \frac{1}{2} m(v_{akhir}^2 - v_{awal}^2) \quad (9.2)$$

Jika didefinisikan  $EK = \frac{1}{2} mv^2$  sebagai energi kinetik benda, maka usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut akan menyebabkan perubahan energi kinetik benda, yakni

$$W_{\vec{F}_{total}} = \Delta EK \quad (9.3)$$

Gaya total yang bekerja pada suatu benda bisa terdiri dari gaya konservatif dan gaya non konservatif. Usaha oleh gaya konservatif akan nol bila bekerja dalam satu lintasan penuh. Jika benda mendapatkan energi dari gaya konservatif, maka energi tersebut akan tersimpan sebagai energi potensial. Sebagai contoh, gravitasi bumi merupakan gaya konservatif dan benda yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi akan memiliki energi potensial. Energi potensial benda bergantung pada jarak (posisi) benda terhadap bumi (misalnya diukur terhadap acuan tanah).

Salah satu sifat energi adalah tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Usaha total terdiri dari usaha dari gaya yang tak bergantung lintasan (konservatif) dan gaya yang bergantung lintasan (non konservatif), sehingga

$$W = W_{nk} + W_k = \Delta EK \quad (9.4)$$

Dalam eksperimen yang akan dilakukan, usaha nonkonservatif berasal dari gesekan yang tidak bisa diabaikan. Usaha konservatif tidak lain adalah perubahan energi potensial gravitasi benda. Lengkapnya, teorema usaha energi (9.3) dapat ditulis menjadi:

$$W_g - \Delta EP = \Delta EK \quad (9.5)$$

## 4. PERCOBAAN

Ikuti petunjuk asisten dengan baik, terutama penjelasan fungsi setiap alat yang akan digunakan. Pengumpulan data eksperimen dibantu oleh sistem sensor *photogate* dan perangkat lunak dan antarmuka Logger Pro. Perhatikan alat-alat yang perlu dipasang untuk masing-masing percobaan dinamika dan usaha-energi.

### 4.1. Percobaan Hukum II Newton

#### 4.1.1. Hubungan antara massa dan percepatan dengan gaya tetap

1. Timbang *glider*, lalu letakkan di atas rel udara.
2. Ikatkan benang berpegait pada *glider* dengan menggunakan sengkang setelah sebelumnya dilewatkan melalui katrol dan lubang kecil di ujung rel.
3. Gantungkan penggantung beban di ujungnya dengan 3 beban masing-masing 5 gram (sekitar 20 gram jika dihitung dengan penggantung bebannya juga). Tambahkan penghalang cahaya yang dipasang di bagian atas glider dengan posisi tegak lurus glider.
4. Atur jarak antargerbang cahaya (sistem sensor *photogate*) sejauh 30 cm. Posisi *glider* dari gerbang pertama diatur sekitar minimal 40 cm. Pastikan jarak yang ditempuh *glider* melewati gerbang masih cukup sebelum beban pada penggantung menabrak lantai.
5. Siapkan lembar kerja pengukur kecepatan di komputer dengan perangkat Vernier Logger Pro. Tekan tombol *collect* untuk mulai mengumpulkan data
6. Nyalakan peniup, glider akan mulai bergerak dan tercatat kecepatan awal di gerbang cahaya pertama ( $v_0$ ) dan kecepatan akhir ( $v_t$ ) di gerbang kedua.
7. Segera hentikan glider setelah melewati gerbang cahaya kedua, matikan peniup. Jika semua berjalan normal, akan tercatat sebuah data baru di lembar kerja Vernier Logger Pro. Biarkan saja, lanjutkan terus eksperimennya.
8. Hati-hati jangan sampai ada benda apapun yang melewati detektor *photogate*.
9. Ulangi percobaan dengan memberikan variasi beban persegi panjang pada glider.

**Tabel 9.1.** Percobaan hubungan antara massa dan percepatan dengan gaya tetap.

No	Massa beban (gr)	$m =$ massa dari glider + massa beban (gr)	$v_1$	$v_2$	$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}$
1	12.5				
2	25				
3	50				
4	75				
5	100				
6	125				

4.1.2. Hubungan antara gaya dan percepatan dengan massa 5omput tetap

1. Pada percobaan ini, semua (5 buah) beban 5 gram tergantung pada *glider*, menyisakan sebuah penggantung di ujung tali dekat katrol. Setiap masing-masing beban dan penggantung diberi nilai  $1F$ .
2. Atur agar jarak antar gerbang cahaya 40 cm.
3. Lepaskan glider (setelah menekan tombol *collect*) di sekitar 40 cm dari gerbang pertama. Amati kecepatan glider yang tercatat pada 5omputer.
4. Ulangi langkah 3 dengan memindahkan beban 5 gram dari *glider* ke penggantung beban.

**Tabel 9.2.** Percobaan hubungan antara gaya dan percepatan dengan massa sistem tetap.

No	Berat beban bulat dan penggantung	$v_1$	$v_2$	$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

## 4.2. Percobaan konsep usaha-energi

4.2.1. Komponen-komponen eksperimen sama seperti eksperimen Hukum II Newton bagian (a), hanya saja sekarang pendekatan rumusnya berbeda.

4.2.2. Perubahan energi potensial akan ditentukan dari perubahan ketinggian. Perubahan ketinggian ini dapat diukur dari jarak antara gerbang cahaya yang mencatat kecepatan awal dan kecepatan akhir. Dengan variasi jarak yang beraneka ragam, lakukan eksperimen pengumpulan data kecepatan awal dan kecepatan akhir dengan cara yang sama seperti sebelumnya. *Glider* seperti biasa dilepaskan minimal dari jarak 40 cm sebelum gerbang pertama.

4.2.3. Lengkapi tabel berikut.

**Tabel 9.3.** Eksperimen konsep usaha-energi.

$m_{kb}$	M	$m_b$	M	$h(m)$	$v_1$	$v_2$	EK <sub>1</sub>	EK <sub>2</sub>	$\Delta EK$	$-\Delta EP$
25		20		0,2						
50		20		0,2						
75		15		0,1						
75		15		0,3						
75		35		0,1						
100		20		0,3						

Keterangan:

$m_{kb}$  = massa beban pada glider

$m$  = massa glider +  $m_{bk}$

$m_b$  = massa beban gantung

$M = m + m_b$  (massa total sistem)

$h$  = perubahan posisi ketinggian sistem dari kecepatan awal ke kecepatan akhir, yaitu jarak antargerbang cahaya (*photogate*)

$v_{1,2}$  = besar kecepatan awal dan akhir

$$EK_{1,2} = \frac{1}{2} M v_{1,2}^2$$

$$\Delta EK = EK_2 - EK_1$$

$$-\Delta EP = m_b gh$$

**Perhatian:** gunakan satuan yang tepat dan memudahkan.



**Gambar 9.2.** Komponen-komponen untuk eksperimen dinamika, usaha, dan energi.

## 5. TUGAS ANALISIS

### 5.1. Percobaan Hukum II Newton

#### 5.1.1. Hubungan antara massa dan percepatan dengan gaya tetap

1. Buatlah grafik percepatan sebagai fungsi kebalikan massa!
2. Tentukan besar gaya dari grafik tersebut!
3. Bandingkan nilainya dengan gaya konstan yang seharusnya diberikan oleh beban bulat (beban gantung) jika percepatan gravitasi digunakan  $978 \text{ cm/s}^2$ . Berapa persen akurasinya?
4. Pikirkan bagaimana jadinya grafik percepatan terhadap kebalikan massa jika gesekan yang muncul antara glider dan lintasannya cukup besar!

#### 5.1.2. Hubungan antara gaya dan percepatan dengan massa tetap

1. Buatlah grafik percepatan sebagai fungsi gaya!
2. Tentukan besar massa sistem dari grafik tersebut!

3. Bandingkan nilainya dengan massa konstan yang seharusnya diberikan oleh jumlah massa glider, massa glider, 5 buah massa beban bulat, dan massa penggantung beban. Berapa persen akurasi?
4. Pikirkan bagaimana jadinya grafik percepatan terhadap gaya jika gesekan cukup besar!

## 5.2. Percobaan konsep usaha-energi

- 2.1. Hitung perbedaan perubahan energi kinetik dan perubahan energi potensial dari eksperimen yang telah dilakukan!
- 2.2. Apa arti perbedaan tersebut?
- 2.3. Manakah yang seharusnya lebih besar, perubahan energi kinetik atau perubahan energi potensial? Bilamana keduanya bernilai sama?
- 2.4. Dapatkah eksperimen yang telah dilakukan ini untuk membuktikan berlakunya kekekalan energi mekanik? Jelaskan!

## 6. PUSTAKA

Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. (1997) : *Fundamentals of Physics*, John Wiley & Sons, 79 – 80.

Loyd, David H. (2008) : *Physics Laboratory Manual*, Angelo University, 117 – 126.

Sutrisno. (2001) : *Seri Fisika Dasar*, Penerbit ITB, 32 – 38.