

Materi Kuliah  
Fisika Mekanika

# Energi Potensial dan Kekekalan Energi

Dosen :  
**Tri Surawan, M.Si**

**Fakultas Teknik**  
**Universitas Jayabaya**

# Energi Potensial Gravitasi

- Energi potensial gravitasi berhubungan dengan suatu benda pada lokasi tertentu di atas permukaan bumi.
- Energi potensial gravitasi **tergantung** hanya pada **ketinggian suatu benda dari permukaan bumi**.
- Energi potensial gravitasi dinyatakan:

$$\mathbf{EP = m \, g \, h}$$

Dimana :

EP = energi potensial (Joule)

m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

h = ketinggian dari bumi (m)

- Selisih energi potensial dua benda yang memiliki ketinggian masing-masing  $h_1$  dan  $h_2$  adalah :

$$\mathbf{\Delta EP = m_2 \, g \, h_2 - m_1 \, g \, h_1}$$

# Contoh

Tiga benda masing-masing  $m_A = 2 \text{ kg}$ ,  $m_B = 4 \text{ kg}$  dan  $m_C = 3 \text{ kg}$  terletak di tangga pertama, kedua dan keempat. Tiap tangga ketinggiannya 30 cm.

Tentukan energi potensial ketiga benda tersebut dan selisih energi potensial untuk benda A dan C! (gunakan  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ )

Penyelesaian :

Diketahui :

$$m_A = 2 \text{ kg}, m_B = 4 \text{ kg} \text{ dan } m_C = 3 \text{ kg}$$

$$h_A = 1 \times 30 \text{ cm} = 1 \times 0,3 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

$$h_B = 2 \times 30 \text{ cm} = 2 \times 0,3 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$$

$$h_C = 4 \times 30 \text{ cm} = 4 \times 0,3 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$$

Energi potensial masing-masing benda tersebut adalah :

$$EP_A = m_A g h_A = (2) (9,8) (0,3) = 5,88 \text{ J}$$

$$EP_B = m_B g h_B = (4) (9,8) (0,6) = 23,52 \text{ J}$$

$$EP_C = m_C g h_C = (3) (9,8) (1,2) = 35,28 \text{ J}$$

Selisih energi potensial untuk benda A dan C adalah :

$$\Delta EP_{AC} = EP_C - EP_A = 35,28 - 5,88 = 29,4 \text{ J}$$

# Energi Potensial Elastik

- Energi Potensial Elastik biasanya terjadi pada benda yang **bersifat elastis**.

Misalnya: Pegas

- Kerja yang dilakukan oleh **gaya eksternal**  $F$  terhadap pegas adalah:

$$W_{\text{eksternal}} = \int_0^x \mathbf{k} \mathbf{x} \, d\mathbf{x} = \frac{1}{2} \mathbf{k} \mathbf{x}^2$$

- Sebaliknya, **pegas** memberikan kerja negatif pada balok yaitu:

$$W_{\text{pegas}} = \int_0^x -\mathbf{k} \mathbf{x} \, d\mathbf{x} = -\frac{1}{2} \mathbf{k} \mathbf{x}^2$$

- Dari persamaan diatas dapat kita tarik kesimpulan bahwa **kerja total sistem pegas-benda adalah nol**.
  - Akibatnya adalah energi kinetik sistem tidak berubah.
  - Karena gaya eksternal yang bekerja pada pegas diimbangi oleh gaya pegas (yang disebut *gaya pemulih*) sehingga resultan gayanya nol.
- Kerja yang dilakukan oleh gaya eksternal pada sistem balok-pegas tersimpan dalam bentuk energi potensial pegas,

$$EP = \frac{1}{2} kx^2$$

Dimana:

EP = energi potensial pegas (joule)

k = konstanta pegas (N/m)

x = pertambahan panjang pegas (m)

# Gaya Konservatif dan Non Konservatif

- **Gaya konservatif** memiliki **dua sifat** :
  - Kerja yang dilakukan oleh gaya pada partikel yang bergerak antara dua titik **tidak tergantung pada lintasan** yang ditempuhnya.
  - Kerja yang dilakukan gaya pada partikel yang bergerak pada **lintasan tertutup selalu nol**. (Lintasan tertutup adalah titik awal dan akhir identik).

Contoh :

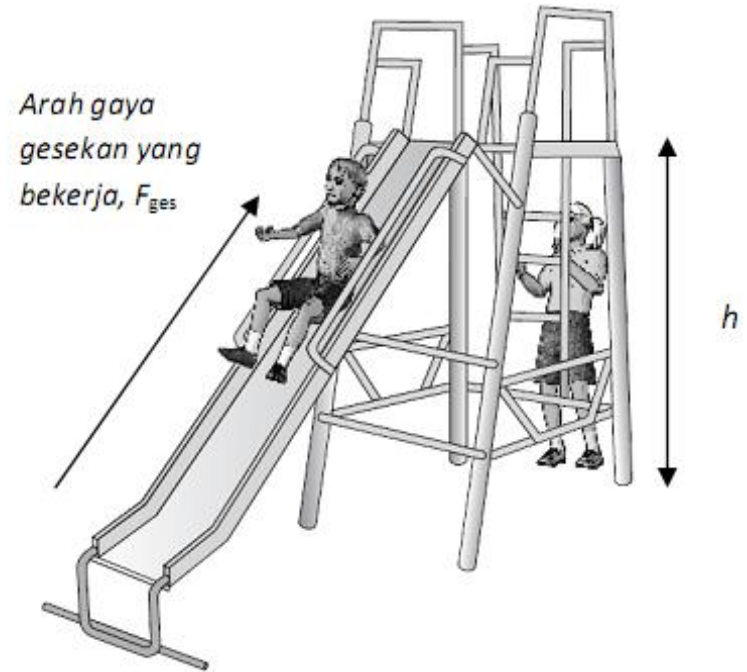
- Gaya gravitasi
  - Kerja yang dilakukan gaya gravitasi pada benda yang bergerak antara dua titik di atas permukaan bumi adalah  $W_g = mgh_2 - mgh_1$ . Artinya  $W_g$  hanya tergantung pada koordinat awal dan akhir dan tidak tergantung dengan lintasan yang dilaluinya.  $W_g$  akan nol bila benda bergerak pada lintasan tertutup ( $h_2 = h_1$ ).
- gaya pegas
  - Kerja yang dilakukan gaya pegas adalah
$$W_s = \frac{1}{2} kx_2^2 - \frac{1}{2} kx_1^2.$$
  - Ternyata  $W_s$  hanya tergantung pada koordinat awal dan akhir saja. Bila  $x_2 = x_1$  maka  $W_s = 0$ .
- **Gaya non-konservatif** yang beraksi pada sistem akan menyebabkan **perubahan Energi Mekanik (EM)** sistem.

Contoh :

- gaya gesekan

# Gaya Non-Konservatif

Bila seseorang bermain papan peluncur yang kasar. Kerja oleh gravitasi bumi **tidak sama** untuk posisi dimana orang tersebut naik ke tangga dan setelah meluncur, sehingga **kerja total orang tersebut tidak sama dengan nol**.



**Energi mula-mula:**

$$EM_1 = EK_1 + EP_1 = 0 + mgh = mgh$$

**Energi pada saat meluncur hingga sampai didasar papan :**

$$EM_2 = EK_2 + EP_2 + W_{gesekan}$$

$$EM_1 = EM_2 + W_{gesekan}$$

$$W_{gesekan} = EM_1 - EM_2 = \Delta EM$$

# Hukum Kekekalan Energi

- **Hukum Kekekalan Energi Mekanik** menyatakan :
  - *Energi mekanik suatu benda bersifat kekal, artinya energi mekanik tidak dapat dimusnahkan, namun dapat berubah bentuk.*
- **Energi mekanik** adalah energi total yang dimiliki oleh suatu benda yang terdiri atas **energi potensial dan energi kinetik**.

$$\begin{aligned} \mathbf{EM} &= \mathbf{EP} + \mathbf{EK} \\ &= \mathbf{m\ g\ h} + \frac{1}{2} \mathbf{m\ v^2} \end{aligned}$$

- Dalam kenyataan, energi mekanik sistem **seolah-olah tidak konstan**, karena **gaya non-konservatif** yang bekerja pada suatu sistem **kadang-kadang diabaikan**.
  - Misalnya :  
Untuk mempermudah pembahasan biasanya benda yang bergerak pada alasnya dianggap tidak memiliki gaya gesek.

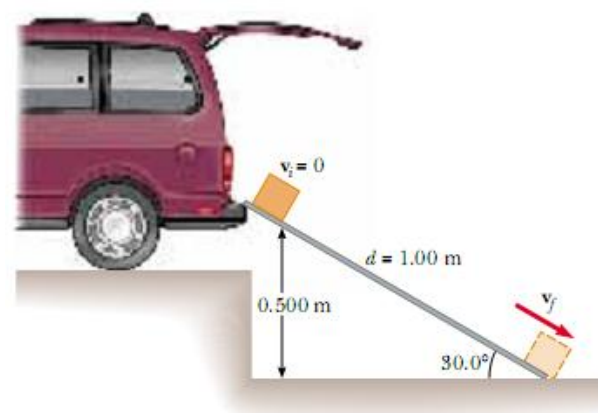
## Contoh

Sebuah kotak bermassa 3 kg diturunkan dari mobil melalui papan miring dengan panjang 1 m dan sudut kemiringan  $30^\circ$ . Dengan menggunakan Hukum Kekekalan Energi, hitunglah Energi Mekanik awal dan akhir :

- a. jika papan tersebut dianggap licin tanpa gesekan.
- b. jika papan tersebut memiliki gaya gesekan 5 N.



# Penyelesaian :



a. Energi mekanik awal jika papan licin :

$$\begin{aligned} EM_{\text{awal}} &= EK_{\text{awal}} + EP_{\text{awal}} \\ EM_{\text{awal}} &= \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{awal}} \\ &= 0 + (3)(9,8)(0,5) = 14,7 \text{ J} \end{aligned}$$

Energi mekanik akhir jika papan licin :  
Kita hitung kecepatan akhirnya dulu

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{awal}} &= \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{akhir}} \\ 0 + (3)(9,8)(0,5) &= \frac{1}{2} (3) v_f^2 + 0 \\ v_f &= 3,13 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EM_{\text{akhir}} &= EK_{\text{akhir}} + EP_{\text{akhir}} \\ EM_{\text{akhir}} &= \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{akhir}} \\ &= \frac{1}{2} (3)(3,13)^2 + 0 = 14,7 \text{ J} \end{aligned}$$

b. Energi mekanik awal jika papan memiliki gaya gesek :

$$\begin{aligned} EM_{\text{awal}} &= EK_{\text{awal}} + EP_{\text{awal}} \\ EM_{\text{awal}} &= \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{awal}} \\ &= 0 + (3)(9,8)(0,5) = 14,7 \text{ J} \end{aligned}$$

Energi mekanik akhir jika tidak papan licin :  
Kita hitung kecepatan akhirnya dulu

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{awal}} &= \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{akhir}} + f_k d \\ 0 + (3)(9,8)(0,5) &= \frac{1}{2} (3) v_f^2 + 0 + (5)(1) \\ v_f &= 2,19 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EM_{\text{akhir}} &= EK_{\text{akhir}} + Ep_{\text{akhir}} - f_k d \\ EM_{\text{akhir}} &= \frac{1}{2} m v^2 + m g h_{\text{akhir}} - f_k d \\ &= \frac{1}{2} (3)(2,19)^2 + 0 - (5)(1) = 2,2 \text{ J} \end{aligned}$$

# Gaya Konservatif dan Energi Potensial

- Kerja yang dilakukan gaya konservatif yang memindahkan benda sejauh  $\Delta x$  sama dengan **perubahan negatif** dari energi potensialnya.

$$W = F_x \cdot \Delta x = -\Delta(EP)$$

- Maka **perubahan energi potensial** untuk perpindahan  $dx$  adalah :

$$D(EP) = -F_x dx$$

- Sehingga **hubungan gaya konservatif dengan energi potensial** adalah :

$$F_x = -\frac{d(EP)}{dx}$$

Contoh

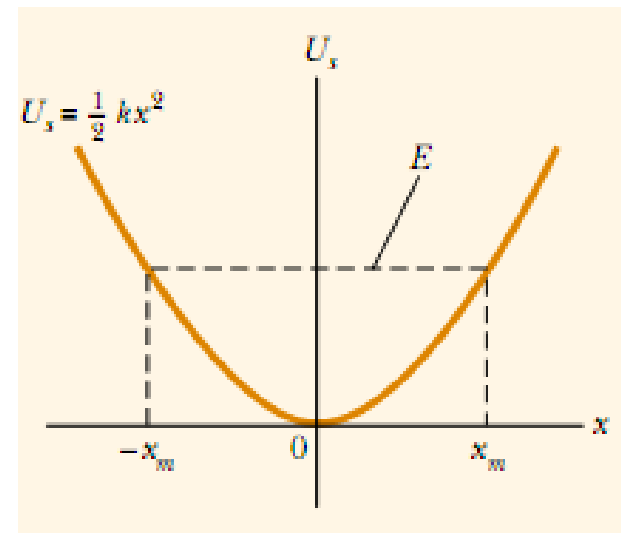
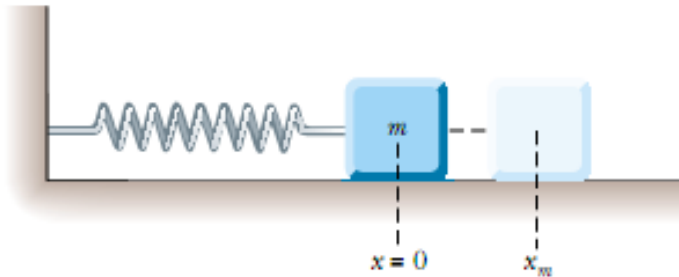
Pegas memiliki energi potensial  $EP_s = \frac{1}{2} kx^2$ , maka gaya konservatif pegas ( $F_s$ ) adalah :

$$F_s = -\frac{d(EP)}{dx} = -\frac{d}{dx} \left( \frac{1}{2} k x^2 \right) = -k x$$

# Diagram Energi

- Pergerakan pada sistem seringkali mudah dipahami melalui **grafik hubungan energi potensial dan perpindahan benda**.
- Misalnya energi potensial pegas adalah :

$$EP_s = U_s = \frac{1}{2} kx^2$$



- Dari grafik tersebut dapat disimpul bahwa :
  - Pada sistem pegas memiliki satu titik kesetimbangan.
  - Sembarang gerakan dari suatu titik tertentu menghasilkan gaya dengan arah berlawanan dengan gerakan.
  - Posisi pada titik kesetimbangan memiliki energi potensial ( $U_s$ ) minimum.

**Thank's  
For Your Attention**