

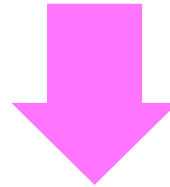
USAHA *dan* ENERGI



dilakukan oleh gaya konstan
(besar dan arah)



USAHA



hasil kali besarnya perpindahan dengan
komponen gaya yang sejajar dengan
perpindahan

Rumus :

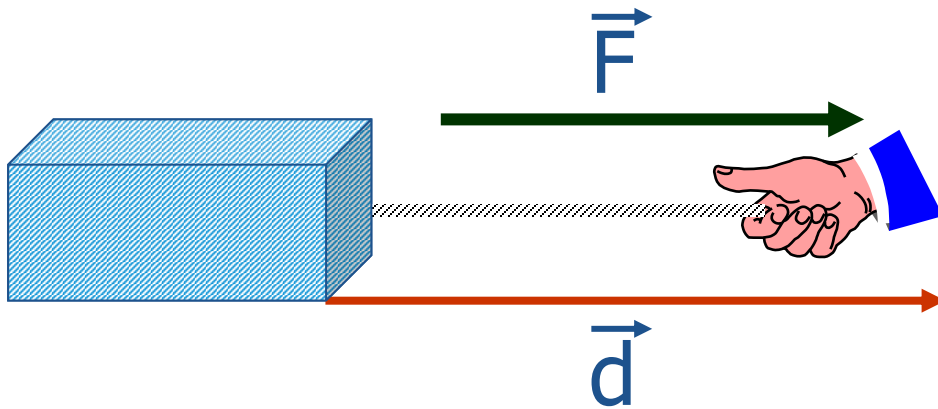
$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \quad \longleftrightarrow \quad W = F d_{||}$$

satuan usaha : Nm = Joule (J) \rightarrow (SI)

dyne cm = erg \rightarrow (cgs)

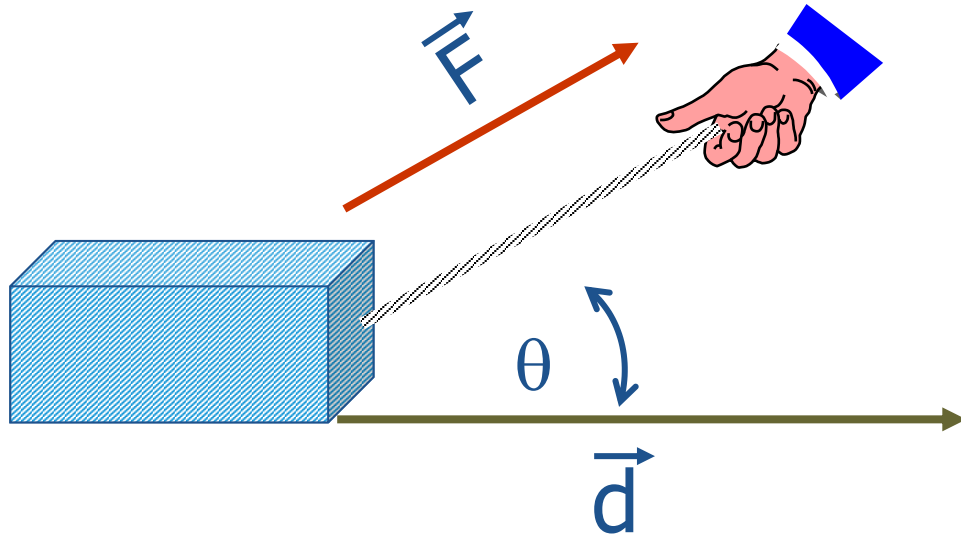
contoh :

➤ gaya yang sejajar dengan arah perpindahan



\vec{F} sejajar dengan \vec{d}  $W = F d$

- gaya yang tidak sejajar dengan arah perpindahan



komponen F sejajar dengan d :

$$\vec{F} \cdot \vec{d} = Fd \cos \theta$$

Usaha : $W = \vec{F} \cdot \vec{d} = Fd \cos \theta$

Contoh soal

1. Sebuah gaya 12 N dikerjakan pada sebuah kotak membentuk sudut 30° dari arah mendatar. Jika kotak bergerak sejauh 3 m, maka kerja yang dilakukan oleh gaya tersebut adalah

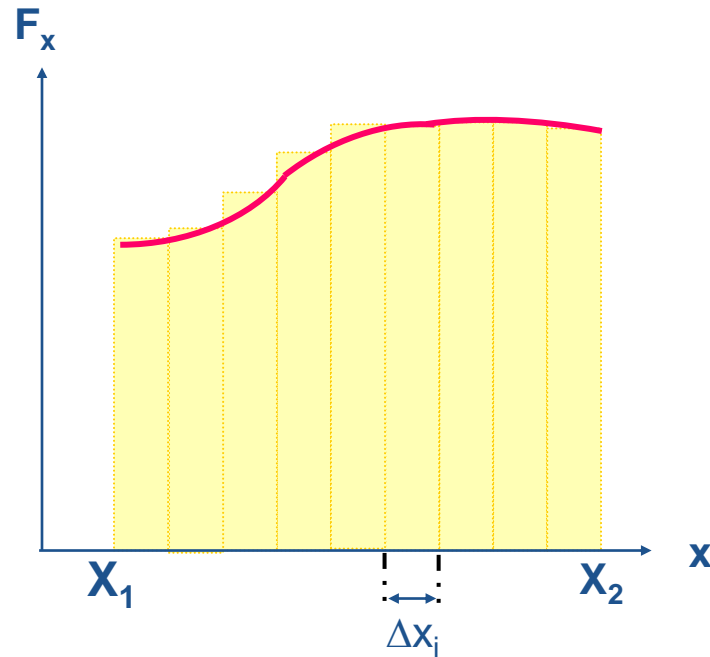
Solusi:

$$W = F d \cos (30^\circ)$$

$$W = (12) (3) (0,87) \text{ Nm}$$

$$W = 31,32 \text{ J}$$

Usaha Karena Gaya Yang Berubah



$$W = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_i F_x \Delta x_i$$

= Luas daerah arsir

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x) dx$$

Usaha karena gaya yang berubah secara tiga dimensi :

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k} \quad \longrightarrow \quad d\vec{r} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$$

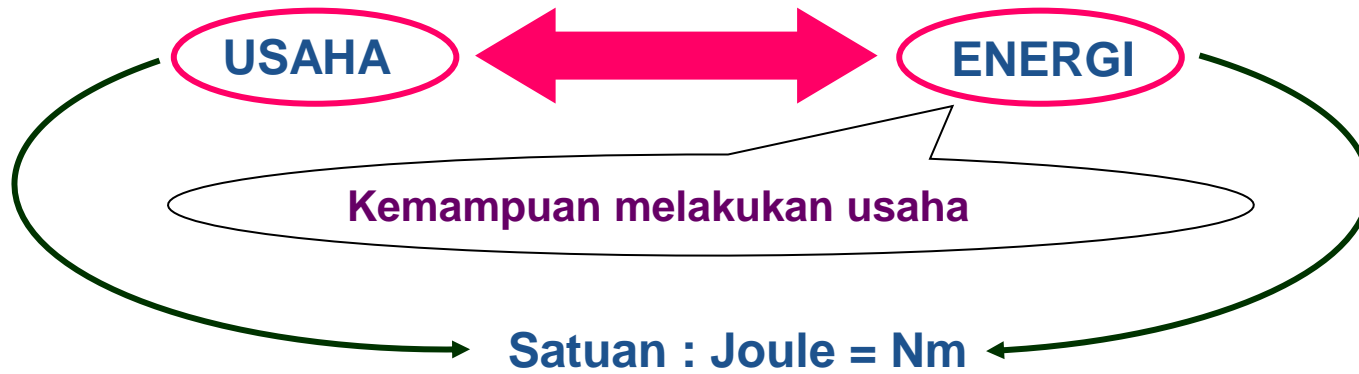
$$\vec{F} = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k}$$

$$W = \int_{r_0}^r \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

$$W = \int_{x_0}^x F_x dx (\hat{i} \cdot \hat{i}) + \int_{y_0}^y F_y dy (\hat{j} \cdot \hat{j}) + \int_{z_0}^z F_z dz (\hat{k} \cdot \hat{k})$$

$$W = \int_{x_0}^x F_x dx + \int_{y_0}^y F_y dy + \int_{z_0}^z F_z dz$$

ENERGI



ENERGI SECARA MEKANIK

➤ KINETIK :

energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak

➤ POTENSIAL:

energi tersimpan pada benda yang berkaitan dengan gaya-gaya yang bergantung pada posisi atau konfigurasi sistem/benda (mis. gaya gravitasi dan gaya pegas)

➤ TERMAL (PANAS) :

gerakan molekul-molekul dalam sistem/ benda dan berkaitan dengan temperatur sistem

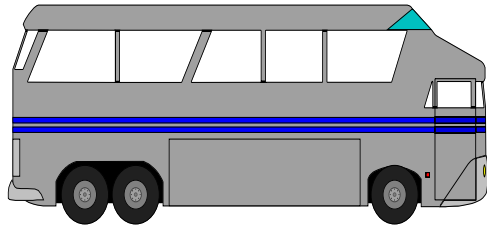
ENERGI KINETIK

Hubungan Usaha Dengan Energi Kinetik

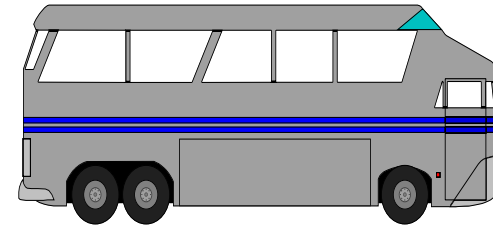
$$F = ma$$

$$a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2d}$$

GLB



$$F = \frac{1}{d} \left(\frac{1}{2} mv_t^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 \right)$$



USAHA = PERUBAHAN ENERGI KINETIK :

$$W = Fd = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$$

usaha total yang dilakukan pada sebuah benda sama dengan perubahan energi kinetiknya

ENERGI KINETIK :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

Energi kinetik ditinjau dari gaya yang berubah :

$$W = \int_{x_0}^x F(x) dx = \int_{x_0}^x ma dx$$



$$a dx = \frac{dv}{dt} dx = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} dx = dv v$$

$$W = \int_{x_0}^x ma dx = \int_{x_0}^x m \frac{dv}{dx} v dx = \int_{v_0}^v mv dv$$

$$W = m \int_{v_0}^v v dv = m \left(\frac{1}{2} v^2 \Big|_{v_0}^v \right) = \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2)$$

$$W = \frac{1}{2} mv_0^2 - \frac{1}{2} mv^2 \longrightarrow$$

Usaha yang dilakukan pada benda akan menghasilkan merupakan perubahan energi kinetik

ENERGI KINETIK ROTASI

Jika sebuah gaya bekerja pada benda sehingga benda berotasi menempuh sudut kecil $d\theta$, maka gaya tsb melakukan kerja :

$$W = \int_{s_0}^s F ds \xrightarrow{ds = r d\theta} W = \int_{\theta_0}^{\theta} F r d\theta \xrightarrow{\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r} \Rightarrow \tau = Fr} W = \int_{\theta_0}^{\theta} \tau d\theta$$

$$\tau = I \alpha$$

$$W = \int_{\theta_0}^{\theta} I \alpha d\theta = \int_{\theta_0}^{\theta} I \frac{d\omega}{dt} d\theta = \int_{\theta_0}^{\theta} I d\omega \frac{d\theta}{dt} = \int_{\omega_0}^{\omega} I \omega d\omega$$

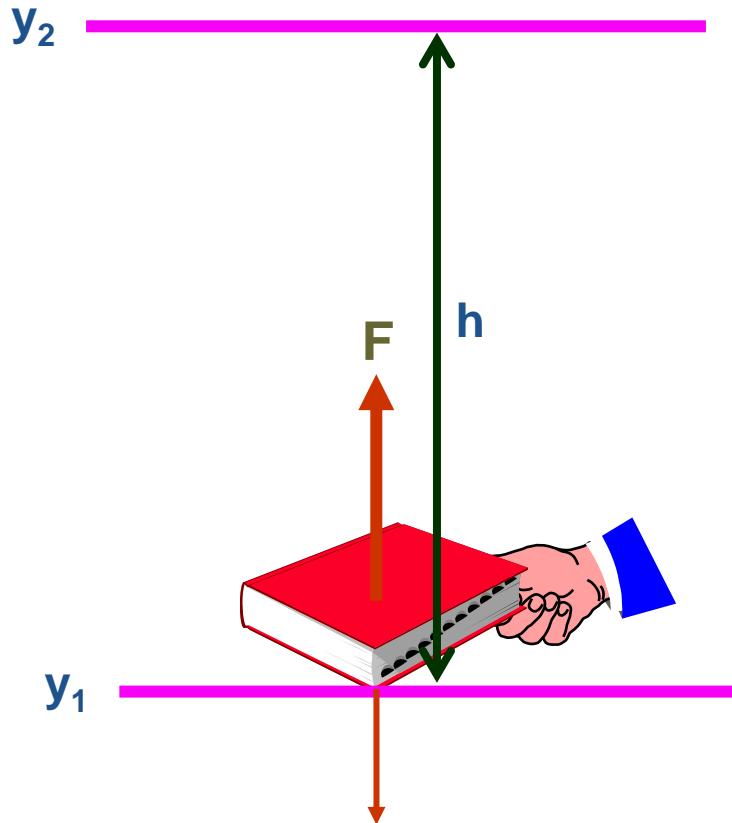
$$W = \frac{1}{2} I \omega^2 \Big|_{\omega_0}^{\omega} = \frac{1}{2} I \omega^2 - \frac{1}{2} I \omega_0^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2 \longrightarrow \text{Energi kinetik rotasi}$$

ENERGI POTENSIAL

energi tersimpan pada benda yang berkaitan dengan gaya-gaya yang bergantung pada posisi atau konfigurasi sistem/benda (misal gaya gravitasi dan gaya pegas)

contoh energi potensial berkaitan dengan gaya gravitasi



$$F - mg = 0 \rightarrow F = mg$$

$$W = F (y_2 - y_1)$$

$$W = mgy_2 - mgy_1$$

$$W = E_{p2} - E_{p1}$$

$$E_p = mgh$$

energi potensial

mg
usaha = perubahan energi potensial

2. Sebuah kotak 4 kg dinaikkan dari keadaan diam setinggi 3 m oleh gaya sebesar 60 N dengan nilai $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan :
- a) kerja yang dilakukan oleh gaya tersebut
 - b) kerja yang dilakukan oleh gaya gravitasi
 - c) laju akhir dari kotak

Solusi:

(a) $W_F = F s \cos (0^\circ) = (60)(3)(1) \text{ Nm} = 180 \text{ J}$

(b) Percepatan gravitasi berarah ke bawah $\rightarrow \theta = 180$

$$W_g = mgs \cos (180^\circ) = (4)(10)(3)(-1) = -120 \text{ J}$$

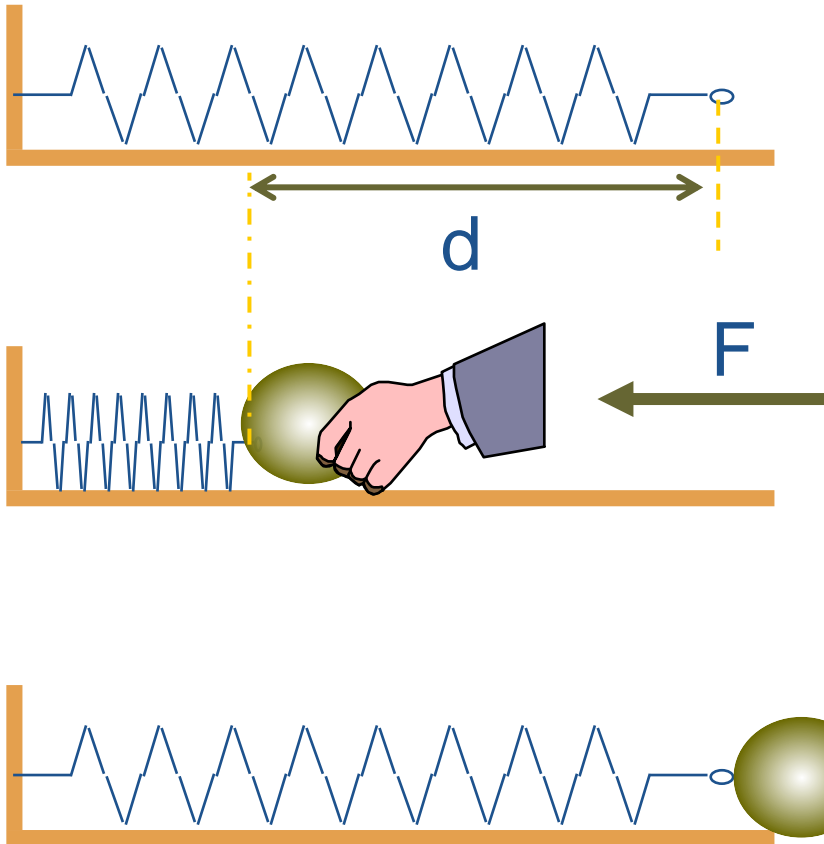
$$\text{Kerja total : } W_{\text{total}} = 180 \text{ J} - 120 \text{ J} = 60 \text{ J}$$

(a) $W_{\text{total}} = \frac{1}{2} mv_{\text{t}}^2 - \frac{1}{2} mv_0^2, \quad v_0 = 0$

$$v_{\text{t}}^2 = (2W_{\text{total}})/m = (2 \times 60)/4 = 30 \text{ (m/s)}^2$$

$$v_{\text{t}} = 5,48 \text{ m/s}$$

contoh energi potensial berkaitan dengan gaya pegas



$$F = -kd$$

$$W = \bar{F} d_{\parallel}$$

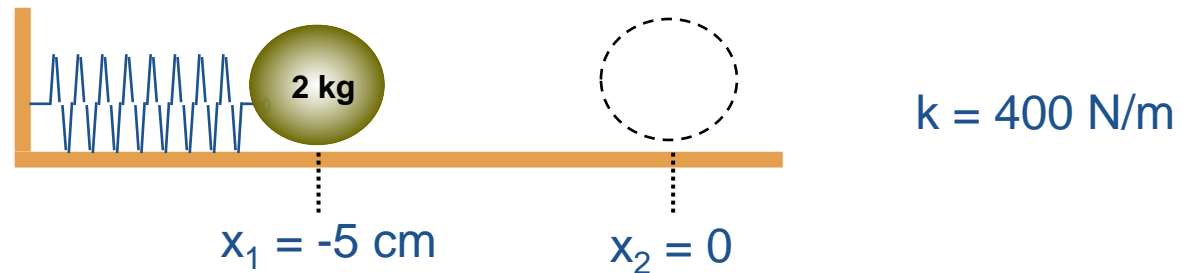
\bar{F} : gaya rata-rata

$$\bar{F} = 1/2 (0 + kd)$$

$$W = 1/2 kd^2$$

$$E_{p \text{ pegas}} = 1/2 kd^2$$

3. Sistem bola dengan pegas seperti gambar berikut



Tentukan :

- a) kerja yg dilakukan pegas dari x_1 ke x_2
- b) laju balok di x_2

Solusi:

a) $W = \frac{1}{2} k \Delta x = \frac{1}{2} (400 \text{ N/m})(0,05)^2 = 0,5 \text{ J}$

b) Karena $v_0 = 0$, maka

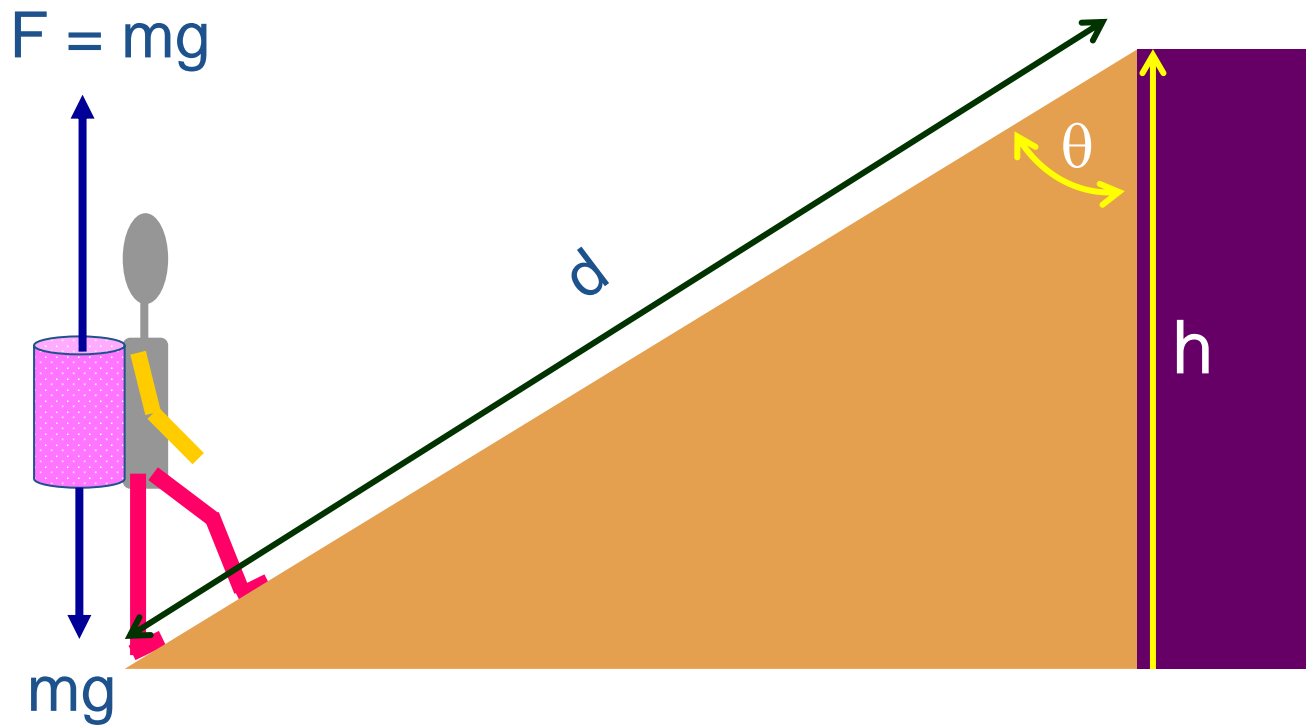
$$v_t = (2W/m)^{1/2}$$

$$v_t = (1/4)^{1/2} = 0,5 \text{ m/s}$$

Gaya Konservatif :

- ✓ gaya yang besarnya bergantung pada posisi (gaya gravitasi, gaya pegas dan gaya listrik)
- ✓ usaha yang dilakukan gaya konservatif besarnya tidak bergantung pada lintasan
- ✓ berlaku kekekalan energi mekanik

contoh :



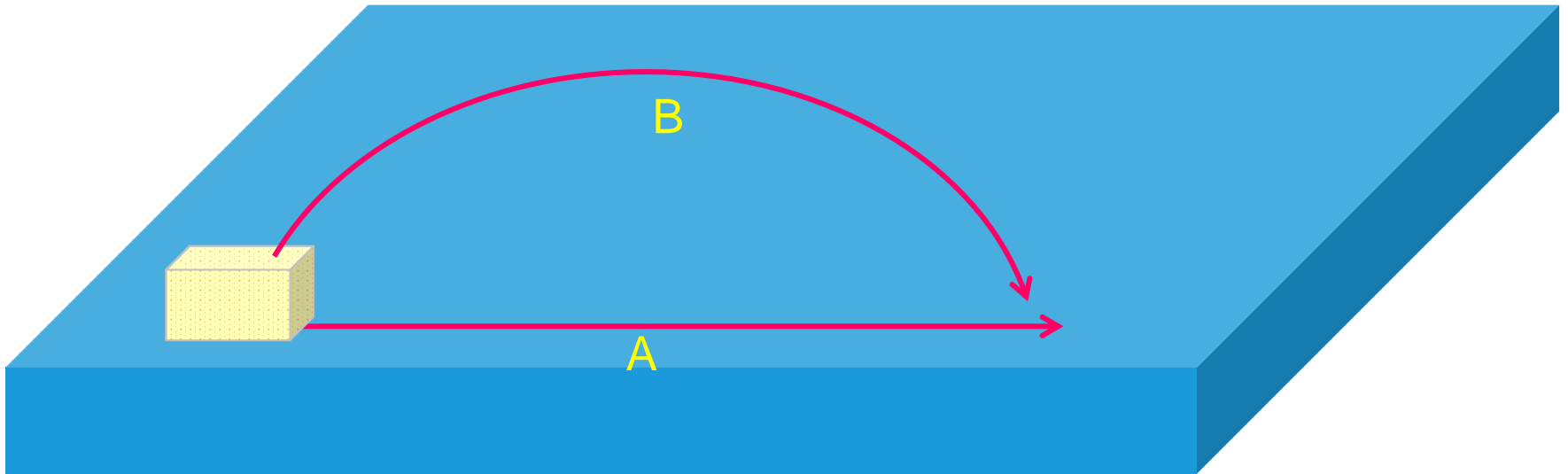
$$W = F d_{\parallel} \quad \Rightarrow \quad W = mgd \cos \theta \quad \Rightarrow \quad W = mgh$$

Gaya non konservatif :

- ✓ gaya yang besarnya tidak bergantung pada posisi (gaya gesek, tegangan tali, gaya dorong motor dll)
- ✓ usaha yang dilakukan gaya non konservatif besarnya bergantung pada lintasan
- ✓ tidak berlaku kekekalan energi mekanik

contoh : gaya gesek benda dengan lantai yang konstan

$$\text{gaya gesek : } \vec{F}_g = - \vec{F}$$



Usaha yang dihasilkan akibat gaya gesek : $W_g = F_g d$

jika $d_B > d_A$, maka $W_B > W_A$

$$W_{\text{total}} = W_k + W_{nk}$$

$$W_{\text{total}} = \Delta E_k$$

$$W_{nk} = \Delta E_k - W_k$$



energi yang hilang dalam bentuk panas

$$W_k = -\Delta E_p$$

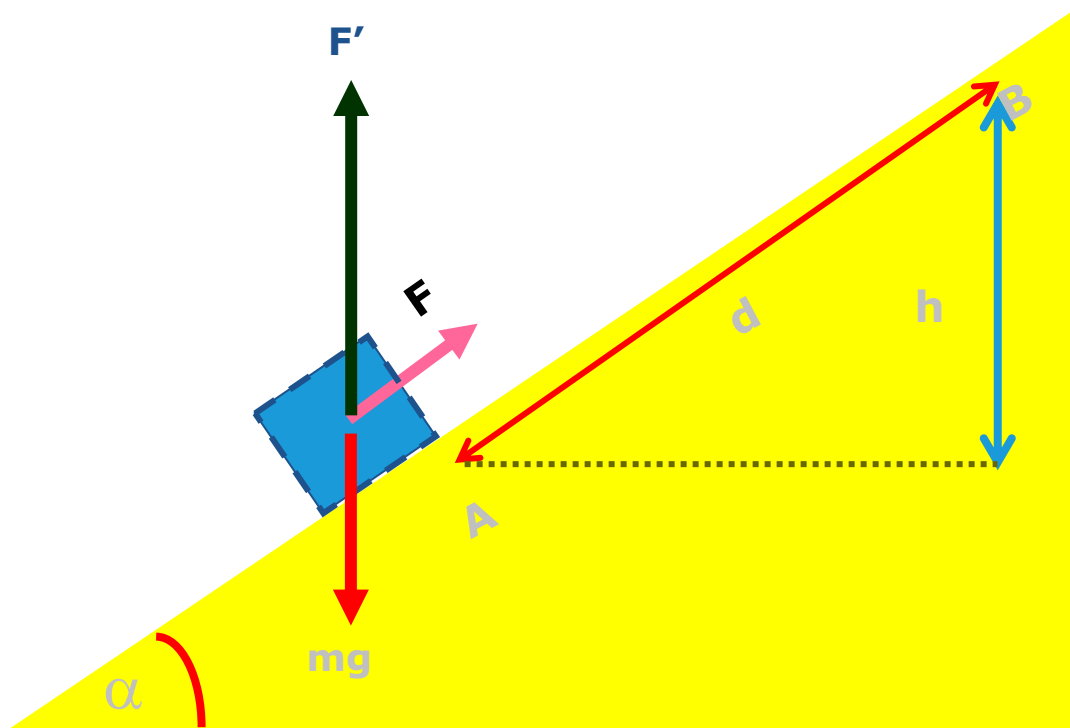
$$W_{nk} = \Delta E_k + \Delta E_p$$

$$\text{jika } W_{nk} = 0 \Rightarrow \Delta E_k + \Delta E_p = 0$$

kekekalan energi mekanik



ENERGI MEKANIK dan KEKEKALAN



$$\mathbf{W} = \vec{\mathbf{F}} \cdot \vec{\mathbf{d}}$$

$$W = F d$$

$$W' = F' d \sin \alpha$$

$$W' = F' h$$

$$W' = mgh$$

$$W = W' = mgh = \Delta E_p$$

$$W = mgh_A - mgh_B$$

Karena gerak benda :

$$W = \frac{1}{2} mv_B^2 - \frac{1}{2} mv_A^2 = \Delta E_k$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = - (mgh_B - mgh_A)$$

$$\Delta E_k = - \Delta E_p$$

$$\frac{1}{2} m v_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + mgh_B$$

E_{mA} E_{mB}

KEKEKALAN ENERGI

3. Kereta luncur (5 kg) bergerak dengan kelajuan awal 4 m/s. Jika μ kereta terhadap salju bernilai 0,14, maka jarak yang ditempuh kereta sampai berhenti adalah

Solusi:

$$\Delta Ek = \frac{1}{2} mv_t^2 - \frac{1}{2} mv_0^2, v_t = 0$$

$$\Delta Ek = - \frac{1}{2} (5 \text{ kg})(4 \text{ m/s})^2 = - 40 \text{ J}$$

$$F_f = \mu mg = (0,14)(5 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2) = - 7 \text{ N} \text{ (- : arah)}$$

$$W_{nk} = \Delta Ek - W_k = \Delta Ek$$

$$F_f \Delta x = \Delta Ek$$

$$\Delta x = \Delta Ek / F_f = (- 40 \text{ J}) / (- 7 \text{ N}) = 5,7 \text{ m}$$

DAYA

Laju aliran energi dari suatu sistem ke sistem yang lain

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

Satuan : J/s = Watt (W)

4. Sebuah lift dengan berat 800 N digerakkan naik setinggi 10 m dalam waktu 20 s oleh motor. Tentukan daya yang diberikan oleh motor.

Solusi:

Untuk menahan lift diperlukan gaya sebesar berat lift yaitu 800 N.

$$P = W/s = F s/t = F v$$

$$v = h/t = 10/20 \text{ m/s} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$P = (800 \text{ N})(0,5 \text{ m/s})$$

$$P = 400 \text{ J/s}$$

$$P = 400 \text{ W}$$

Thank You !

[www.themegallery.com`](http://www.themegallery.com)