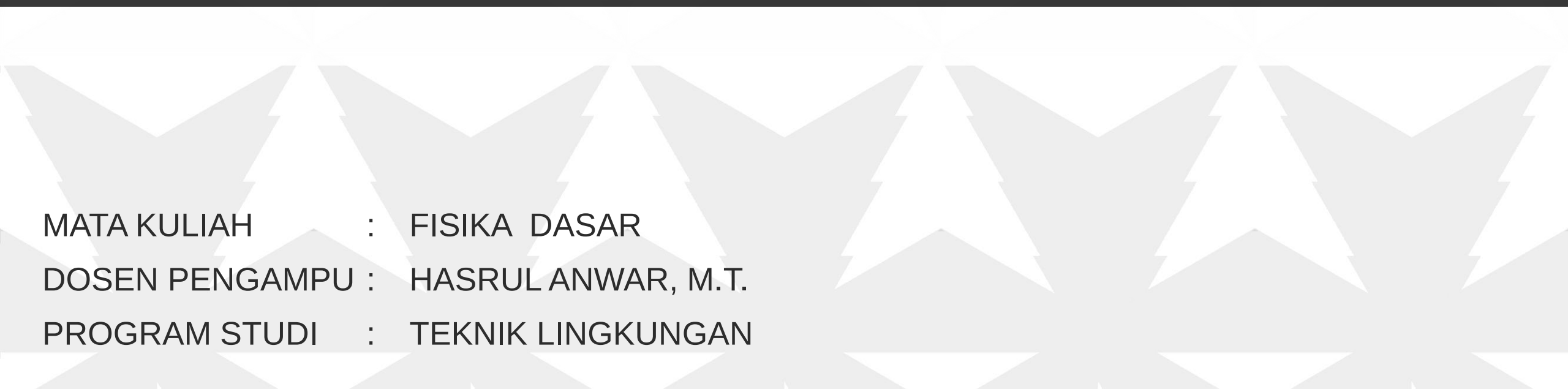




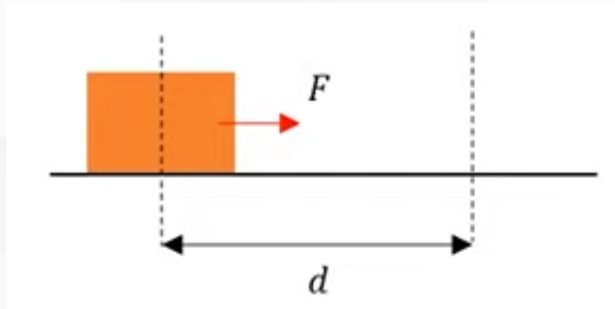
USAHA DAN ENERGI



MATA KULIAH : FISIKA DASAR
DOSEN PENGAMPU : HASRUL ANWAR, M.T.
PROGRAM STUDI : TEKNIK LINGKUNGAN

DEFINISI USAHA

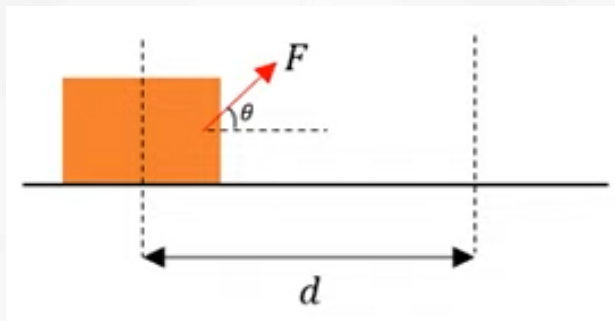
- ❑ Konsep Besaran Usaha : ada sebuah benda diberi gaya konstan F sehingga benda tersebut berpindah tempat sejauh “ d ”



- ❑ Maka usaha yang dilakukan

$$W = F \cdot d$$

- ❑ Pada gaya yang memiliki θ (sudut) terhadap horizontal, maka usaha yang dilakukan:



$$W = F \cdot \cos\theta \cdot d$$

DEFINISI USAHA

- Secara umum , untuk gaya konstan $\vec{F}$ dan perpindahan $\vec{r}$ maka usaha yang dilakukan

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r}$$

➡ merupakan dot produk

- Ketentuan nilai usaha:

- Jika sudut antara $\vec{F}$ dan $\vec{r}$ adalah sudut lancip maka $W > 0$ (positif)
- Jika $\vec{F}$ dan $\vec{r}$ tegak lurus maka $W = 0$
- Jika sudut antara $\vec{F}$ dan $\vec{r}$ adalah sudut tumpul maka $W < 0$ (negatif)

DEFINISI USAHA

- Untuk gaya tidak konstan, berlaku rumus usaha sebagai berikut:

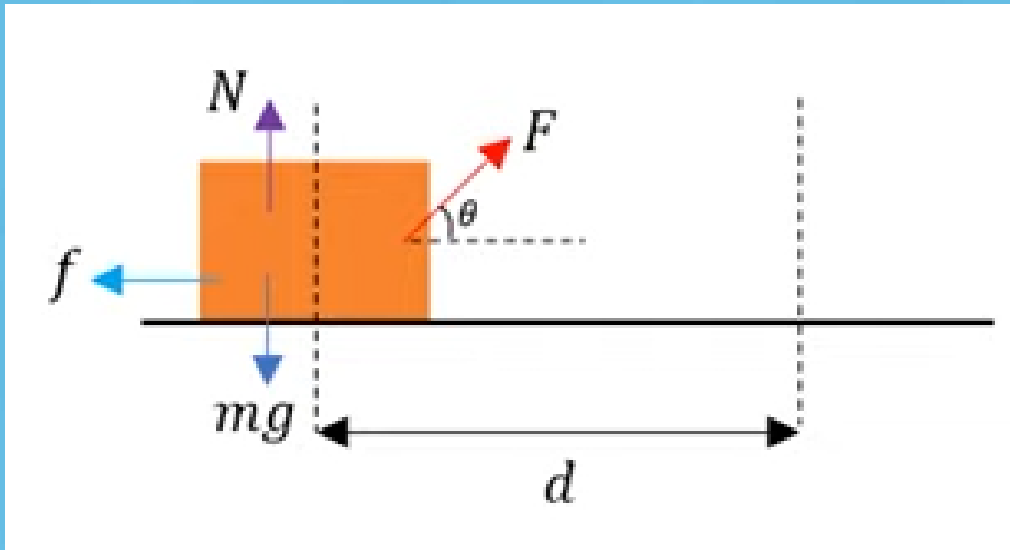
$$W = \int F \, dr$$



$$W = \int F \, dx$$

DEFINISI USAHA

Jika benda ditinjau lebih jauh lagi



- Karena gaya berat dan gaya normal tegak lurus terhadap perpindahan, maka usaha akan bernilai nol.

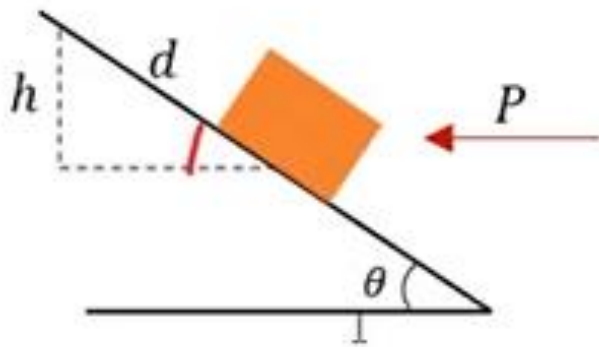
$$W_{mg} = W_N = 0$$

- Jika permukaan kasar berarti terdapat gaya gesekan yang arahnya berlawanan arah dengan arah perpindahan maka usaha oleh gaya gesek akan bernilai negatif.

$$W_f < 0 \text{ (negatif)}$$

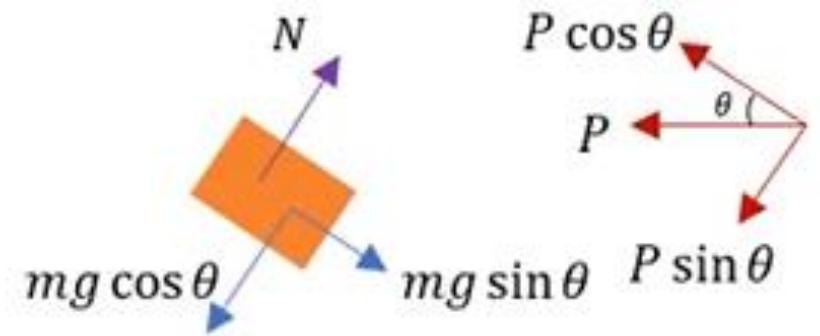
CONTOH SOAL

Sebuah benda bermassa 2 kg terletak di atas bidang miring licin dan sudut kemiringan θ ($\sin\theta = \frac{3}{5}$). Benda didorong oleh gaya luar 30N. Ambil $g = 10 \text{ m/s}^2$. Hitung usaha total oleh seluruh gaya pada benda tersebut jika benda naik setinggi 3 m.



$$\frac{h}{d} = \sin \theta$$

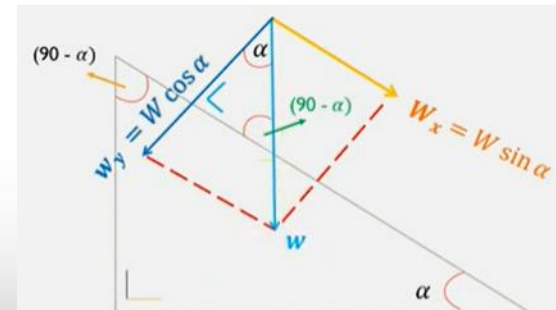
$$d = \frac{h}{\sin \theta} = 5 \text{ m}$$



$$W_{mg \sin \theta} = -mg \sin \theta d = -60 \text{ J}$$

$$W_{P \cos \theta} = P \cos \theta d = 120 \text{ J}$$

$$\text{usaha total oleh seluruh gaya } W = 60 \text{ J}$$



TEOREMA USAHA-ENERGI

- ❖ Energi kinetik : energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak.

$$EK = \frac{1}{2} m v^2$$

- ❖ Usaha pada benda akan menyebabkan perubahan energi kinetik.

$$W = \Delta EK$$



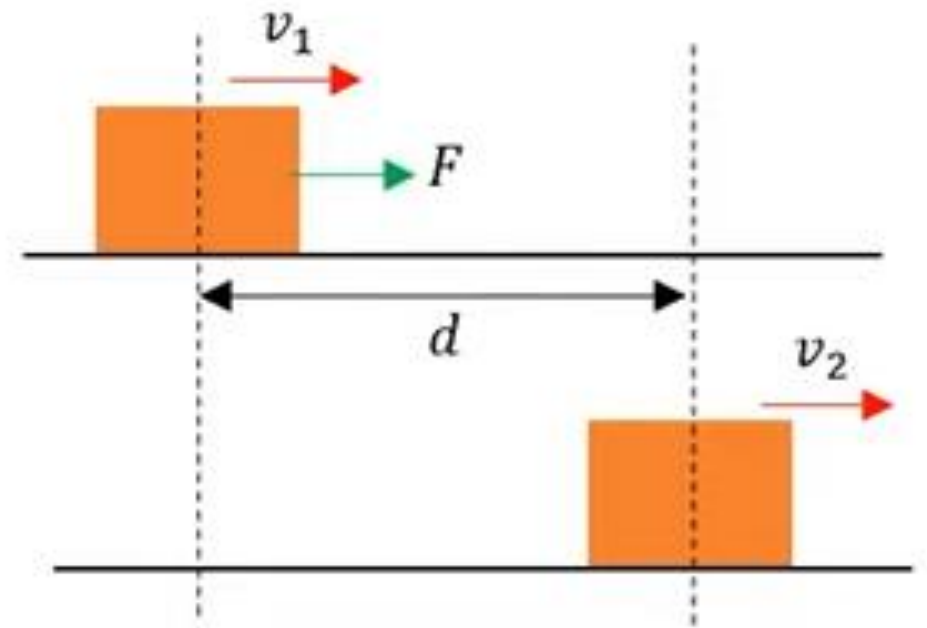
$$W = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

- ❖ Ketentuan nilai usaha:



TEOREMA USAHA-ENERGI

Suatu benda diberi gaya sehingga benda tersebut bergerak ke arah kanan dengan kecepatan awal v_1 , setelah menempuh perpindahan “d” akibat usaha dari gaya maka terjadi perubahan energi kinetik dan kecepatan berubah menjadi v_2 . karena ini searah seharusnya v_2 lebih besar daripada v_1 .



CONTOH SOAL

1. Sebuah partikel bermassa bermassa 1 kg sedang bergerak dengan laju 4 m/s. Partikel kemudian dikenai gaya konstan $\vec{F} = (2\mathbf{i} + b\mathbf{j})$ N sehingga benda berpindah dengan vektor perpindahan $(-3\mathbf{i} + 5\mathbf{j})$ m dan lajunya menjadi 2 m/s. tentukan nilai konstanta b.

$$W = \Delta EK$$

$$\mathbf{F} \cdot \mathbf{r} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$-6 + 5b = -6$$

$$b = 0$$

CONTOH SOAL

2. Partikel bermassa 5 kg bergerak dalam sumbu x dikenai gaya $F(x) = (2x^3 - 4x - 5)$ N dari posisi awal $x = 0$ sampai $x = 2$ m. Awalnya partikel memiliki laju 5 m/s. Setelah sampai $x = 2$ m, berapa besar kecepatan partikel?

gaya konstan $\rightarrow W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{r}$

gaya tidak konstan $\rightarrow W = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$ (1D $\rightarrow W = \int F dx$)

$$W = \Delta EK$$

$$W = \int F(x) dx = \int_0^2 (2x^3 - 4x + 5) dx = \left[\frac{1}{2}x^4 - 2x^2 + 5x \right]_0^2 = 10 \text{ J}$$

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$10 = \frac{1}{2}(5)v_2^2 - \frac{1}{2}(5)(5)^2$$

$$v_2 = 5,4 \text{ m/s}$$

DAYA (POWER)

- ❑ Daya (Power) : Usaha yang dikerjakan persatuan waktu dan satuannya Watt (W)
- ❑ Jika ada sistem melakukan usaha W dalam selang waktu tertentu Δt , maka

- Daya rata-rata



$$P_{avg} = \frac{W}{\Delta t}$$

- Daya sesaat

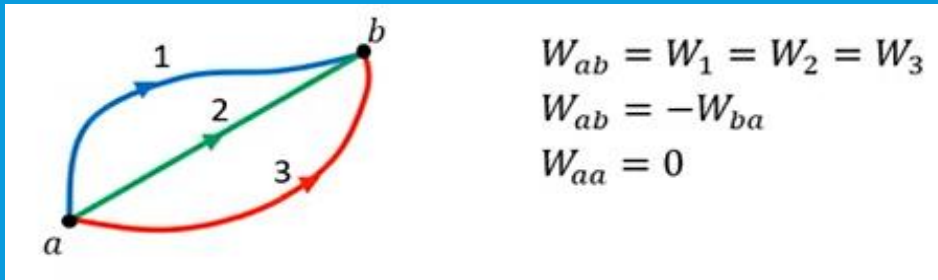


$$P = \frac{dW}{dt}$$

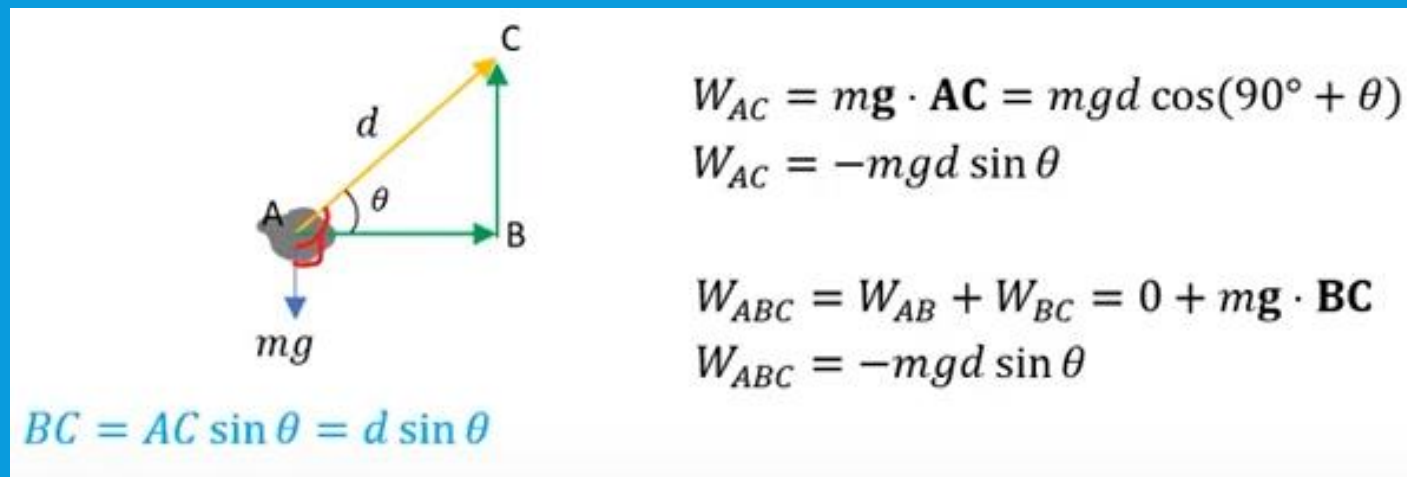
- ❑ Daya >0 , maka $W>0$ dan ΔE_k bertambah (kecepatan lebih besar)
- ❑ Daya <0 , maka $W<0$ dan ΔE_k berkurang (kecepatan lebih kecil)

GAYA KONSERVATIF

- Gaya konservatif : gaya yang usahanya tidak bergantung pada lintasan yang dilaluinya



- Gaya gravitasi → termasuk gaya konservatif



GAYA KONSERVATIF

➤ Gaya konservatif → Ada Energi Potensial (oleh kedudukan/konfigurasi)

➤ Karena gaya gravitasi adalah gaya konservatif, maka

Energi potensial gravitasi →

$$EP = mgh$$

EP = energi potensial (J)

m = massa (kg)

g = gravitasi (m/s^2)

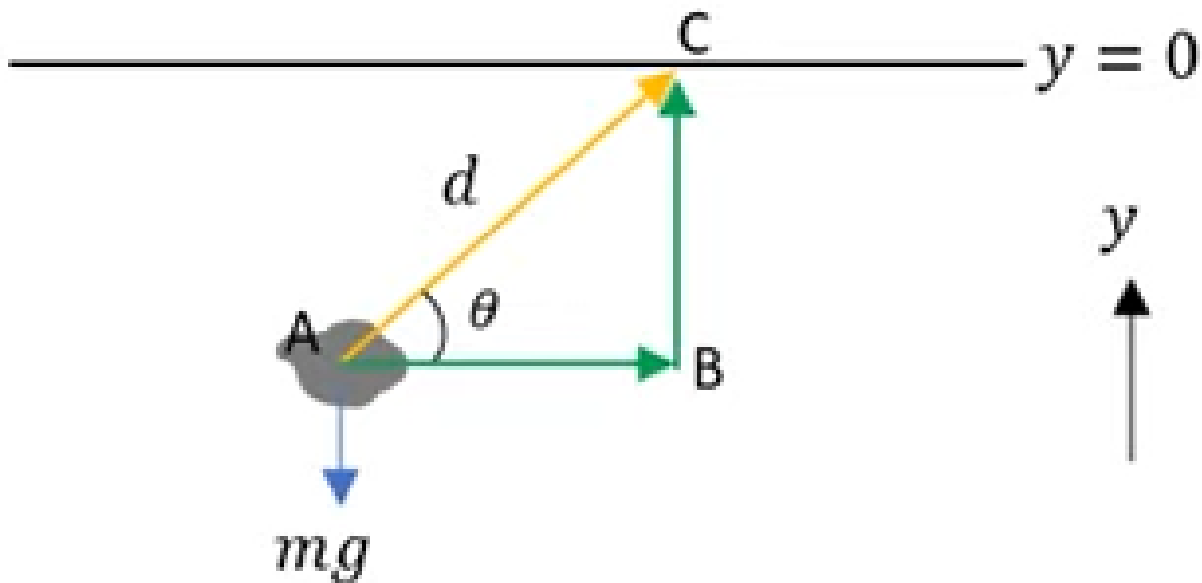
h = tinggi/kedudukan (m)

➤ Hubungan usaha gaya konservatif dengan EP:

$$W_{\text{konservatif}} = -\Delta EP$$

CONTOH SOAL

$$W_{\text{konservatif}} = -\Delta EP$$



$$EP_A = -mgd \sin \theta$$

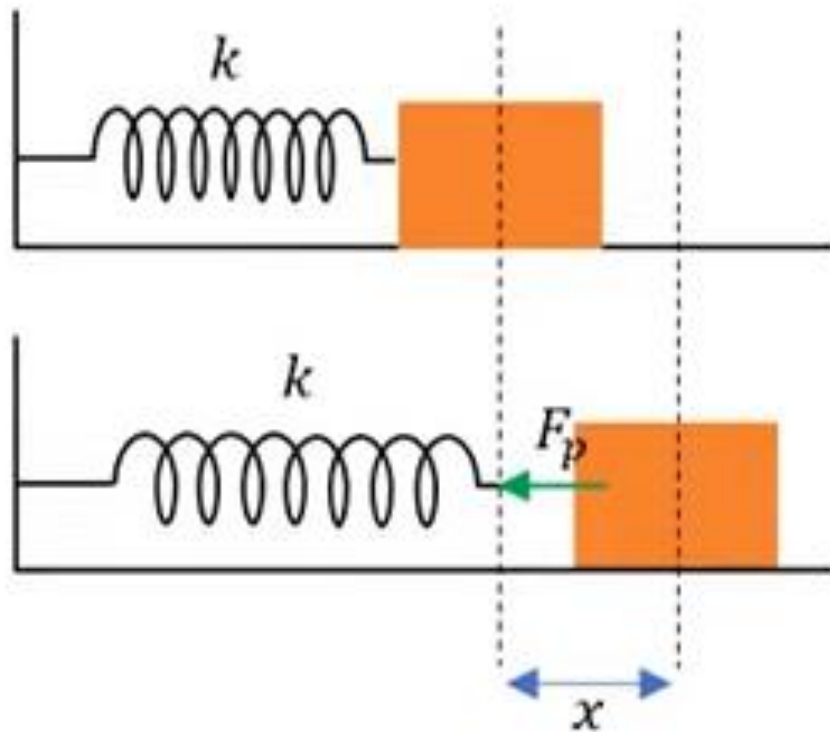
$$EP_C = mg(0) = 0$$

$$\Delta EP = mgd \sin \theta$$

$$W_{AC} = -mgd \sin \theta$$

GAYA PEGAS

♠ Gaya Pegas → salah satu contoh dari gaya konservatif



Hukum Hooke --> $F_p = kx$

Energi potensial pegas $EP = \frac{1}{2}kx^2$

ENERGI MEKANIK

➤ Jika semua gaya yang bersifat konservatif, maka:

→ berlaku hukum kekekalan Energi Mekanik:

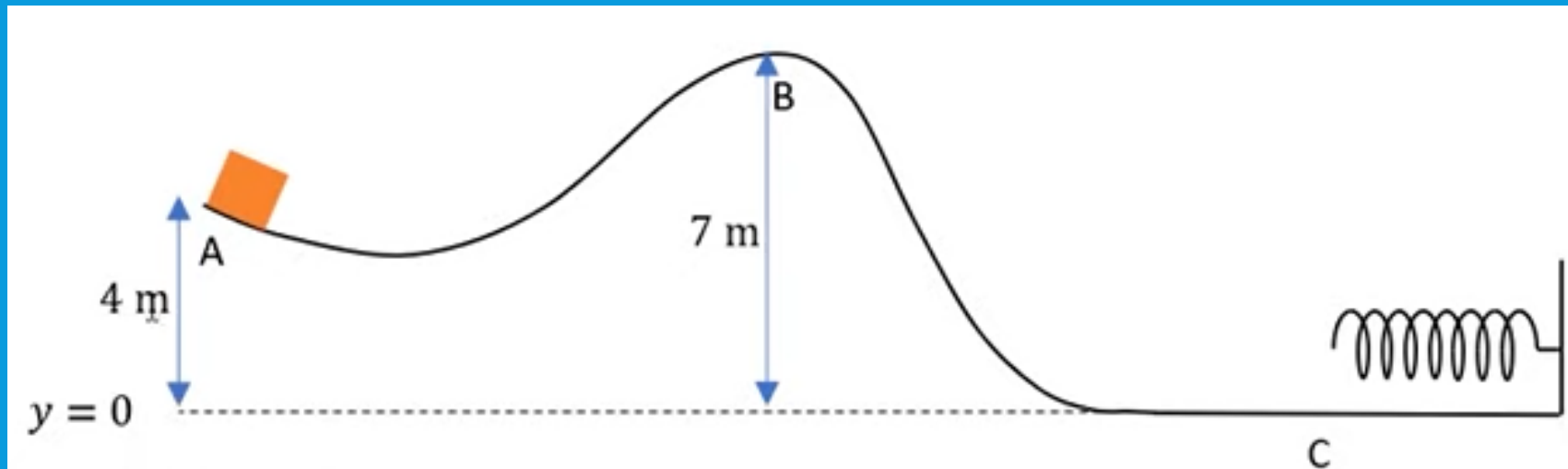
$$EM = EP + EK$$

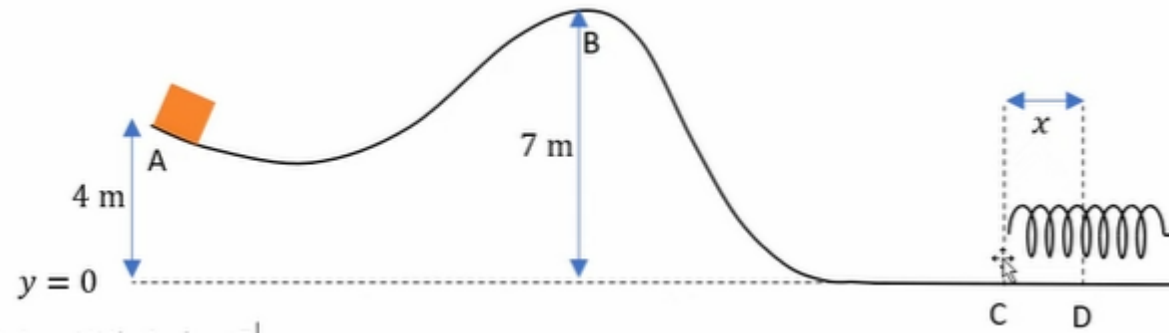


$$EM = mgh + \frac{1}{2} m v_2$$

CONTOH SOAL

1. Benda bermassa 4 kg melintasi lintasan licin. Pada posisi awal A, benda memiliki besar kecepatan 10 m/s. $g = 10 \text{ m/s}^2$. konstanta pegas bernilai 400 N/m.
 - a. Cari besar kecepatan benda di titik tertinggi lintasan (titik B)
 - b. Cari besar kecepatan benda sesaat sebelum menyentuh pegas
 - c. Hitung kompresi pegas maksimum setelah ditabrak benda





a. tinjau titik A dan B

$$EP_A + EK_A = EP_B + EK_B \rightarrow mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$(10)(4) + \frac{1}{2}(10)^2 = (10)(7) + \frac{1}{2}v_B^2, \quad v_B = 6,32 \text{ m/s}$$

b. tinjau titik A dan C

$$EP_A + EK_A = EP_C + EK_C \rightarrow mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$(10)(4) + \frac{1}{2}(10)^2 = \frac{1}{2}v_C^2, \quad v_C = 13,42 \text{ m/s}$$

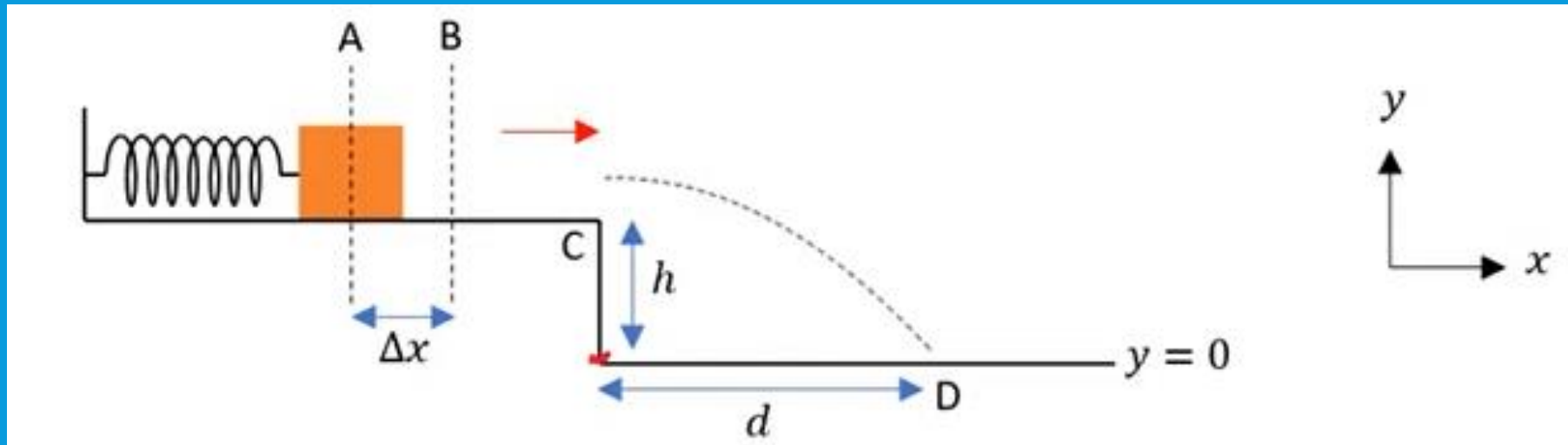
c. tinjau titik C dan D

$$EP_D + EK_D = EP_C + EK_C \rightarrow \frac{1}{2}kx^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$x = \sqrt{mv_C^2/k} = 1,34 \text{ m}$$

CONTOH SOAL

2. Diatas meja licin, sebuah benda bermassa 1 kg ditekan ke sebuah pegas sejauh 15 cm. Pegas memiliki konstanta pegas 300 N/m. benda kemudian dilepaskan dari pegas kemudian melaju ketepi meja lalu terjatuh ke lantai. Tinggi tepi meja ke lantai adalah 40 cm. Hitung jarak horizotal antara tepi meja dengan posisi jatuh benda dilantai.



CONTOH SOAL

tinjau titik A dan C

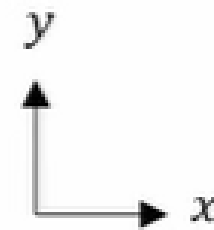
$$EP_A + EK_A = EP_C + EK_C$$

$$mgh + \frac{1}{2}k\Delta x^2 = mgh + \frac{1}{2}mv_C^2 \rightarrow \frac{1}{2}k\Delta x^2 = \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$v_C = \Delta x \sqrt{k/m} = 2,6 \text{ m/s}$$

$$\text{sumbu } y : y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow 0 = h + 0 - \frac{1}{2}gt^2, \quad t = 0,28 \text{ s}$$

$$\text{sumbu } x : x = x_0 + v_{0x}t \rightarrow d = 0 + v_C t = \mathbf{73,5 \text{ cm}}$$



KURVA ENERGI POTENSIAL

- ❖ Energi potensial : energi karena kedudukan benda (posisi)
- ❖ Gaya konservatif jika dihubungkan dengan energi potensial

$$\mathbf{F(x)} = -\frac{dU(x)}{dx} \rightarrow \text{Diketahui, } U = EP$$

- ❖ Energi potensial gravitasi $\rightarrow$

$$EP = mgh$$



$$EP = mgy$$



$$\mathbf{F(x)} = -mg$$

- ❖ Energi potensial gravitasi $\rightarrow$

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



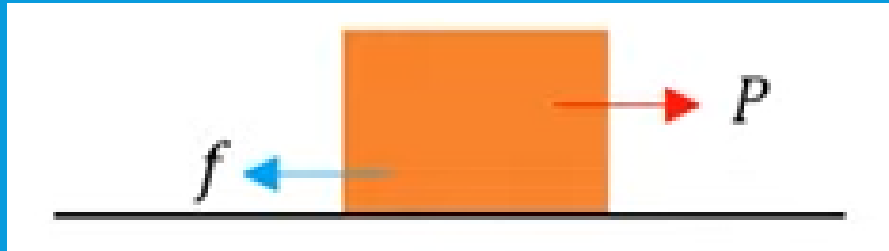
$$\mathbf{F(x)} = -kx$$

GAYA NON-KONSERVATIF

- Gaya non-konservatif : usaha yang bergantung pada lintasan yang ditempuhnya

Contoh : gaya gesek

- Sistem yang ada gaya non-konservatif → tidak berlaku hukum kekekalan mekanik

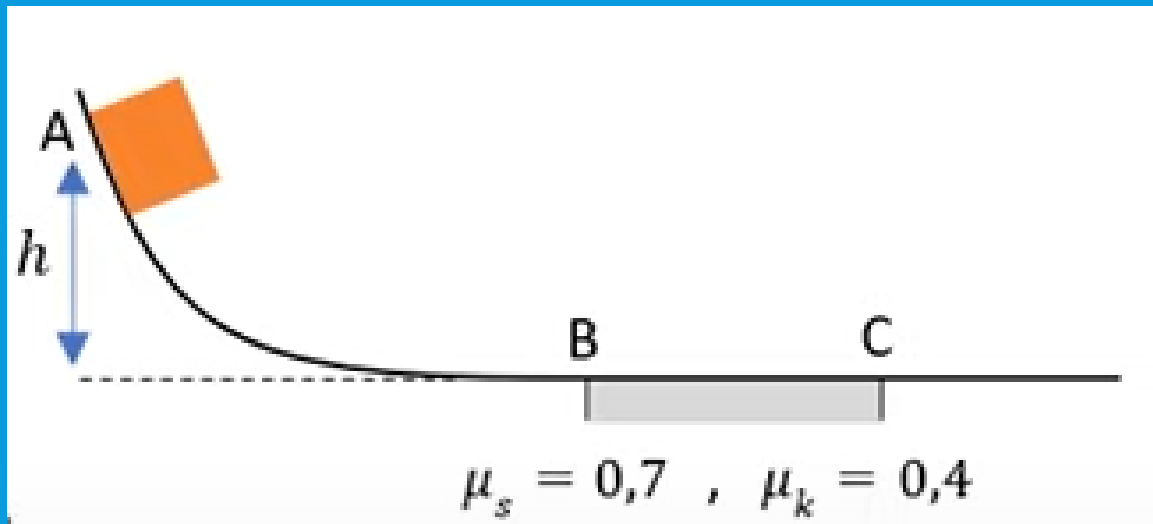


- Energi Mekanik berubah gaya non-konservatif:

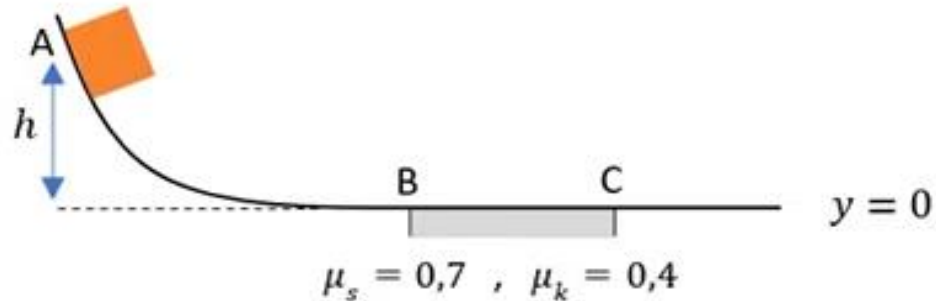
$$W_{\text{non-konservatif}} = \Delta EM = \Delta EP + \Delta EK$$

CONTOH SOAL

1. Sebuah benda bermassa 5 kg dilepaskan dari keadaan diam di titik A di sepanjang lintasan licin. Ketinggian titik A terhadap bidang datar adalah 10 m. benda kemudian melintasi lintasan datar kasar BC sepanjang 6 m dengan koefisien gesek seperti di gambar. Ambil $g = 10 \text{ m/s}^2$. hitung besar kecepatan benda di titik B dan C.



CONTOH SOAL



tinjau titik A dan B

$$EP_A + EK_A = EP_B + EK_B \rightarrow mgh + 0 = 0 + \frac{1}{2}mv_B^2$$

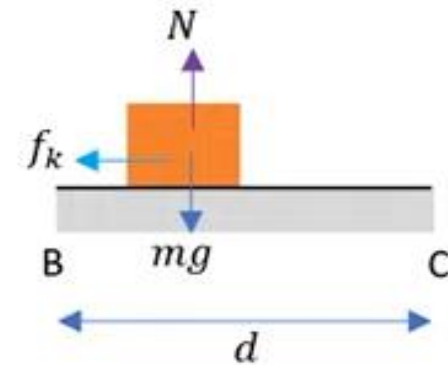
$$v_B = \sqrt{2gh} = 14,14 \text{ m/s}$$

tinjau titik B dan C

$$W_{\text{non-konserv}} = W_{\text{ges}} = -f_k d = -\mu_k N d = -\mu_k m g d$$

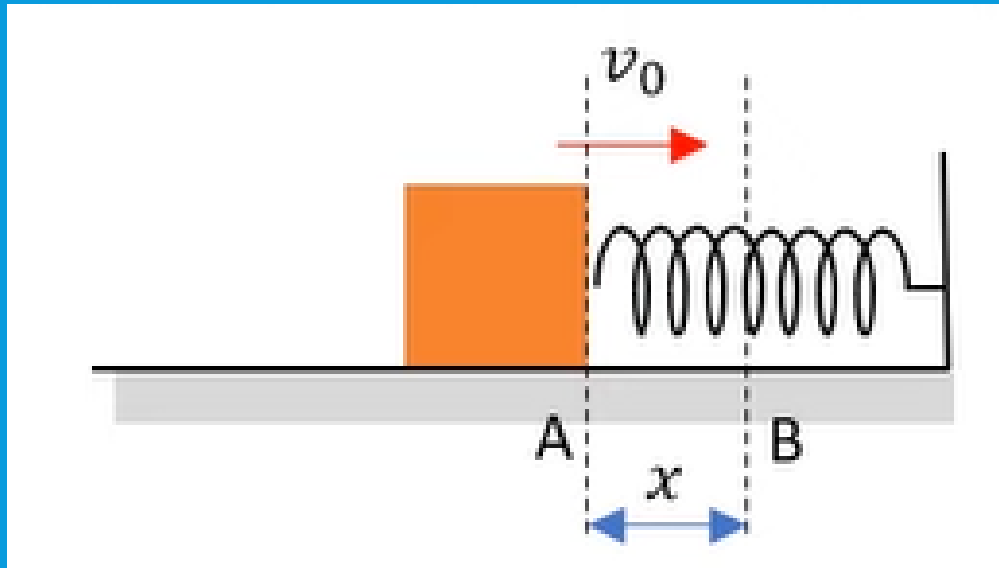
$$W_{\text{ges}} = \Delta EP + \Delta EK \rightarrow -\mu_k g d = 0 + \frac{1}{2}v_C^2 - \frac{1}{2}v_B^2$$

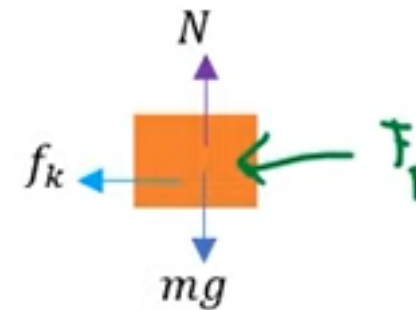
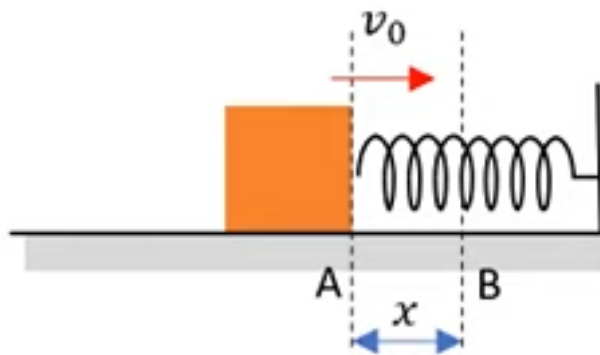
$$v_C = \sqrt{v_B^2 - 2\mu_k g d} = 12,33 \text{ m/s}$$



CONTOH SOAL

2. Balok bermassa 4 kg menyentuh pegas ($k = 500 \text{ N/m}$) yang dilepaskan pada bidang datar kasar dengan koefisien gesek kinetis 0,4. jika kecepatan balok sesaat ketika menyentuh pegas adalah 8 m/s, tentukan kompresi maksimum pegas ($g = 10 \text{ m/s}^2$)





tinjau titik A dan B

$$W_{non-konserv} = W_{ges} = -f_k x = -\mu_k mg x$$

$$W_{ges} = \Delta EP + \Delta EK \rightarrow -\mu_k mg x = \frac{1}{2} k x^2 + 0 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$\frac{1}{2} k x^2 + \mu_k mg x - \frac{1}{2} m v_0^2 = 0 \rightarrow 250 x^2 + 16 x - 128 = 0$$

$$x_1 = 0,68 \text{ m} , x_2 = -0,75 \text{ m}$$

TERIMA KASIH