
MODUL PERTEMUAN KE – 9

MATERI KULIAH:

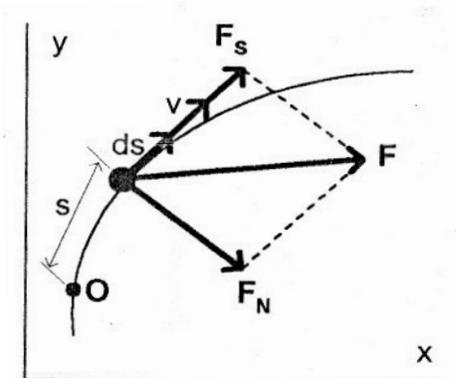
Usaha, energi kinetik, energi potensial gravitasi, energi potensial elastik, daya dan kecepatan, massa dan energi.

POKOK BAHASAN:

USAHA & ENERGI

9-1 USAHA

Lintasan sebuah partikel bermassa m yang bergerak di dalam bidang xy dan disebabkan oleh gaya resultan \mathbf{F} yang besar dan arahnya dapat berubah – ubah dari titik ke titik diatas lintasan tersebut dapat dilukiskan dalam gambar di bawah ini.



Gaya F dapat diuraikan menjadi:

- Komponen F_s di sepanjang lintasan, yang hanya dapat mengubah BESAR kecepatan.
- Komponen F_N , yang tegak lurus terhadap kecepatan v yang hanya dapat mengubah ARAH kecepatan. Komponen ini merupakan gaya sentripetal.

Jika s merupakan jarak partikel yang diukur dari titik O pada sepanjang lintasan, maka berdasarkan hukum kedua Newton:

$$F_s = m \frac{dv}{dt}$$

Karena F_s merupakan fungsi s , maka:

$$F_s = m \frac{dv}{dt} = m \frac{dv}{ds} \frac{ds}{dt} = mv \frac{dv}{ds}$$

$$F_s \cdot ds = mv \cdot dv$$

Jika masing – masing komponen kanan dan kiri diintegrasikan, maka integral sebelah kiri disebut usaha yang dilakukan gaya f_1 antara titik s_1 dan s_2 dapat dihitung bila fungsinya diketahui:

$$W = \int_{s_1}^{s_2} F_s(s) ds$$

Sedangkan integral sebelah kanan dapat dihitung sebagai:

$$\int_{v_1}^{v_2} mv dv = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$$

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

Sehingga:

$$W = E_{k2} - E_{k1}$$

Atau berarti Usaha gaya resultan yang dilakukan terhadap sebuah partikel sama dengan perubahan energi kinetik partikel itu. Asas ini disebut asas energi – usaha.

Sedangkan dalam pengertian sehari – hari usaha dipakai untuk semua bentuk kegiatan yang memerlukan pengerahan daya otot atau pikiran. Sedangkan dalam fisika pengertiannya dibatasi pada hanya bila ada gaya yang dikerjakan dan pada saat bersamaan benda bergerak sehingga punya komponen disepanjang garis gerak titik tangkapnya.

Usaha disebut:

Positif (+) jika : komponen gaya searah perpindahan.



Contoh : benda diangkat, pegas diregangkan, gas dimampatkan, usaha gaya dimampatkan.

Negatif (-) jika : komponen gaya berlawanan arah dengan perpindahan.

Contoh : usaha gaya gravitasi pada benda yang terangkat, usaha gaya gesekan pada benda yang meluncur diatas permukaan yang diam.

Nol jika : tidak ada komponen gaya dalam arah perpindahan.

Contoh : usaha gaya normal yang dikerjakan pada benda oleh suatu permukaan tempat benda tersebut bergerak.

Satuan usaha dalam sistem mks adalah satu newton meter (1 Nm) atau **1 joule (1J)** atau dalam sistem cgs = 1 dyne centimeter atau **1 erg**

$$1 \text{ Nm} = 10^5 \cdot 100 \text{ dyne cm}$$

$$1 \text{ joule} = 10^7 \text{ erg}$$

Dalam sistem Inggris

$$1 \text{ J} = 0,7376 \text{ ft.lb}$$

$$1 \text{ ft.lb} = 1,356 \text{ J}$$

9-2 ENERGI KINETIK

Kemampuan benda untuk melakukan usaha karena bergerak. Jika benda bermassa m dan berkecepatan v , maka energi kinetik translasinya:

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 \text{ Joule}$$

Satuan tersebut dapat dinyatakan dengan cara lain seperti sistem yang dipakai.

9-3 ENERGI POTENSIAL GRAVITASI

Energi potensial gravitasi adalah: kemampuan suatu benda melakukan usaha karena kedudukannya dalam medan gravitasi.

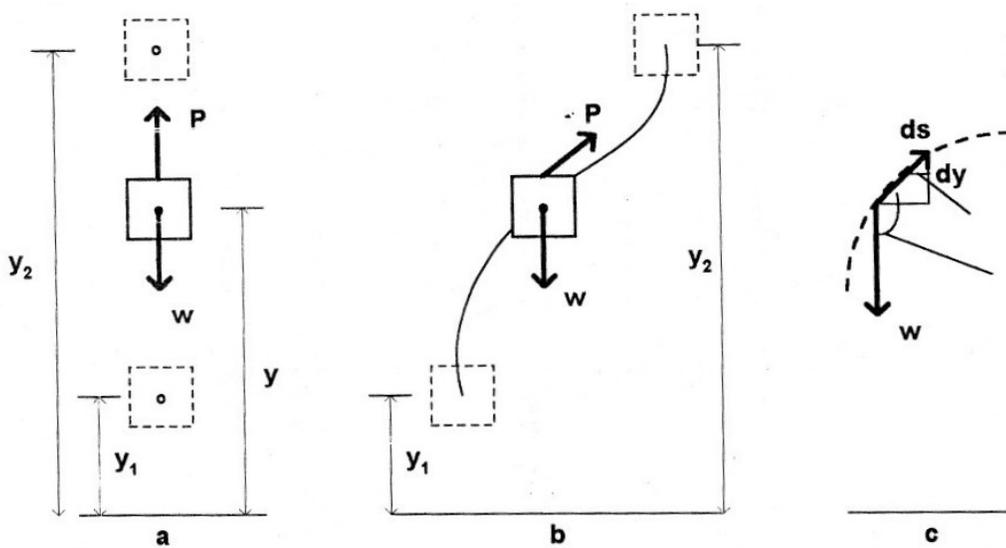
Jika benda m jatuh sejauh h , maka benda tersebut melakukan usaha sebesar = mgh .

EPG didefinisikan terhadap permukaan nol sembarang, biasanya permukaan bumi. Sehingga jika benda berada sejauh h dari permukaan nol (acuan) maka:

$$\text{EPG} = m \cdot g \cdot h \text{ atau } mgy$$

Dimana: mg = berat benda

Ilustrasi berikut adalah sebuah benda dengan massa m yang bergerak naik dari y_1 ke y_2 .



Gaya gravitasi benda itu konstan sebesar w dan jika P adalah resultan semua gaya lain yang bekerja dan W' adalah usaha gaya – gaya ini maka dari gambar berikut kita dapat merumuskan suatu usaha gaya gravitasi yang tergantung hanya pada ketinggian permulaan dan terakhir saja, tidak tergantung pada bentuk lintasan. Arah gaya gravitasi berlawanan dengan perpindahan ke atas. Usaha – gaya ini:

$$W_{\text{grav}} = -w(y_2 - y_1) = -(mgy_2 - mgy_1)$$

Karena usaha total sama dengan perubahan energi kinetik maka:

$$W' + W_{\text{grav}} = Ek_2 - Ek_1$$

$$W' - (mgy_2 - mgy_1) = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$$

$$W' = (\frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2) + (mgy_2 - mgy_1)$$

Atau

$$W' = (\frac{1}{2} m v_2^2 + m g y_2) + (\frac{1}{2} m v_1^2 - m g y_1)$$

Dalam hal khusus dimana pada benda hanya ada gaya gravitasi atau $W = 0$ maka

$$(\frac{1}{2} m v_2^2 + m g y_2) = (\frac{1}{2} m v_1^2 - m g y_1)$$

9-4 ENERGI POTENSIAL ELASTIK

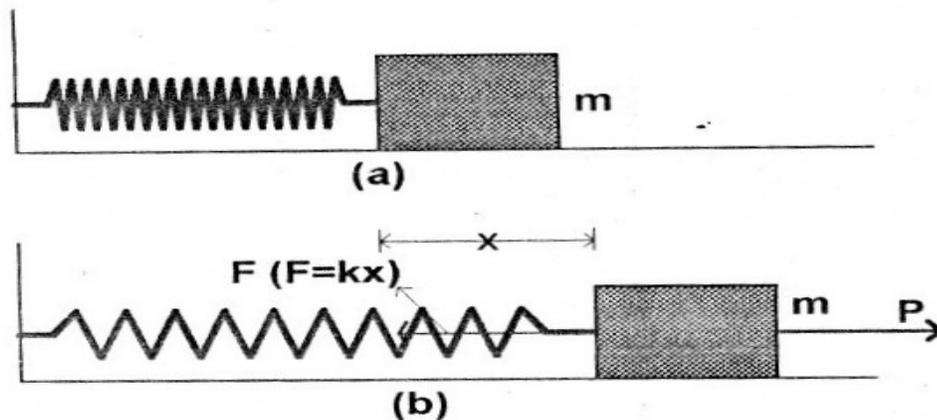
Jika benda bermassa m terletak pada bidang datar dengan ujung terikat pada satunya dan pegas pada ujung yang lain, maka jika dikerjakan gaya P akan terjadi gaya F yang **berlawanan arahnya** dengan perpanjangan x . Gaya tersebut dinamakan gaya elastik dimana:

$$F = k \cdot x$$

Dimana:

k = koef. Kekakuan

x = perpanjangan



Andai W adalah usaha gaya P yang dilakukan, maka dengan membuat usaha total = EK benda, maka kita peroleh:

$$W + W_{el} = \Delta EK$$

$$W - (\frac{1}{2} k x_2^2 - \frac{1}{2} k x_1^2) = (\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2)$$

Karena $\frac{1}{2} kx^2$ besarnya hanya tergantung pada posisi awal dan akhir maka dapat dilakukan konversi usaha – energi:

$$W = (\frac{1}{2} m\mathbf{v}_2^2 - \frac{1}{2} m\mathbf{v}_1^2) + (\frac{1}{2} k\mathbf{x}_2^2 - \frac{1}{2} k\mathbf{x}_1^2)$$

$$\text{Dan jika } E_p(\text{elastis}) = \frac{1}{2} kx^2$$

Maka usaha gaya P = jumlah perubahan energi kinetik benda dan perubahan energi potensial elastiknya.

$$W = (\frac{1}{2} m\mathbf{v}_2^2 + \frac{1}{2} k\mathbf{x}_2^2) - (\frac{1}{2} k\mathbf{x}_1^2 + \frac{1}{2} m\mathbf{v}_1^2)$$

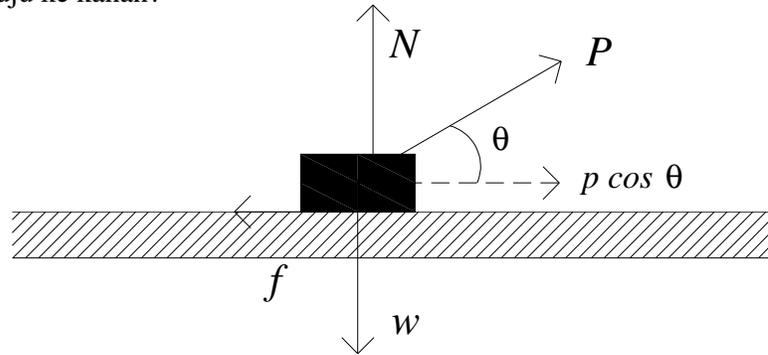
9-5 DAYA DAN KECEPATAN

- Daya merupakan cepatnya usaha yang dilakukan
- Daya rata – rata = $\frac{\text{usaha yang dilakukan gaya}}{\text{waktu yang diperlukan}}$
- $\bar{P} = \frac{\Delta w}{\Delta t} = F_s \frac{\Delta s}{\Delta t} = F_s \bar{V}$
- Daya sesaat $\rightarrow P = F_s \cdot V$ atau $P = F \cdot V \rightarrow$ Dimana V adalah kecepatan sesaat
- Satuan daya adalah Watt dimana **1 watt = 1 J/s** atau satuan lain yang biasa dipakai adalah tenaga kuda. (**1 hp = 746 w**).



Contoh Soal:

1. Gambar 7-3 memperlihatkan sebuah kotak yang ditarik di sepanjang permukaan horisontal oleh gaya tetap P yang membentuk sudut tetap θ dengan arah gerak. Gaya – gaya lainnya pada kotak itu ialah beratnya w , gaya normal ke atas N yang dilakukan oleh permukaan, dan gaya gesekan f . Berapa usaha masing – masing gaya apabila kotak bergerak sejauh s di sepanjang permukaan menuju ke kanan?



$$W_p = (P \cos \theta) \cdot s$$

$$W_w = 0, \quad W_N = 0$$

$$W_f = -fs$$

$$\begin{aligned} W &= W_p + W_w + W_N + W_f \\ &= (P \cos \theta) \cdot s + 0 + 0 - f \cdot s \end{aligned}$$

$$W = (P \cos \theta - f)s$$

Andaikan $w = 100 \text{ lb}$, $P = 50 \text{ lb}$, $f = 15 \text{ lb}$, $\theta = 37^\circ$, dan $s = 20 \text{ ft}$. Maka:

$$\begin{aligned} W_p &= (P \cos \theta) \cdot s \\ &= 50 \times 0,8 \times 20 \end{aligned}$$

$$W = 800 \text{ ft lb}$$

$$W_f = -fs = -15 \times 20 = -300 \text{ ft lb}$$

$$\begin{aligned} W &= W_p + W_f \\ &= 500 \text{ ft lb} \end{aligned}$$

Untuk menguji, usaha total dapat dirumuskan sebagai:

$$W = (P \cos \theta - f) \cdot s = (40 \text{ lb} - 15 \text{ lb}) \times 20 \text{ ft} = 500 \text{ ft lb}$$



-
2. Umpamakan sebuah benda bermassa 0,5 kg meluncur menuruni sebuah jalur berjari – jari $R = 1$ m, tetapi kecepatannya di dasar jalur hanyalah 3 m sek^{-1} .

Berapa usaha gaya gesekan dilakukan terhadap benda itu?

Dalam hal ini, $W' = W_f$

$$W_f = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \right) + (mgy_2 - mgy_1)$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 0,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ ms}^{-2} - 0 \right) + (0 - 0,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m s}^{-2} \times 1 \text{ m})$$

$$= 2,25 \text{ J} - 4,9 \text{ J}$$

$$W = - 2,65 \text{ J}$$

