
BAB VI

USAHA DAN ENERGI

6.1. Pengertian Usaha

Pengertian usaha dalam kehidupan sehari-hari berbeda dengan pengertian usaha dalam fisika. Untuk memahami perbedaan pengertian tersebut di bawah ini diberikan beberapa contoh dan penjelasannya.

1. Pengertian “Usaha” berdasarkan pengertian sehari-hari:
 - Bila seseorang mahasiswa ingin lulus dengan IPK yang baik, diperlukan usaha keras untuk belajar
 - Dosen yang baik, selalu berusaha dengan berbagai cara untuk menerangkan mata kuliahnya, agar dapat difahami dengan baik oleh mahasiswanya.

Dari dua contoh di atas dapat disimpulkan bahwa kata “Usaha” dalam bahasa sehari-hari menjelaskan hampir semua aktivitas sehari-hari. Kata “usaha” dalam pengertian sehari-hari ini tidak dapat dinyatakan dengan suatu angka atau ukuran dan tidak dapat pula dinyatakan dengan rumus matematis. Tetapi dalam fisika usaha merupakan definisi yang sudah pasti, mempunyai arti dan dapat dinyatakan dengan rumus matematis. Jadi pengertian usaha menurut bahasa sehari-hari sebagai “upaya” untuk mendapatkan sesuatu.

2. Pengertian usaha dalam Fisika

Dalam fisika, usaha merupakan proses perubahan Energi dan usaha ini selalu dihubungkan dengan gaya (F) yang menyebabkan perpindahan (s) suatu benda. Dengan kata lain, bila ada gaya yang menyebabkan perpindahan suatu benda, maka dikatakan gaya tersebut melakukan usaha terhadap benda.

6.2. Usaha Oleh Gaya Konstan

Pengertian usaha yang diterangkan di atas adalah usaha oleh gaya konstan, artinya arah dan nilainya konstan. Besar (nilai) usaha yang dilakukan oleh sebuah gaya (F) pada suatu benda yang mengakibatkan perpindahan sebesar s , dapat dirumuskan kembali dengan kalimat, sebagai berikut:

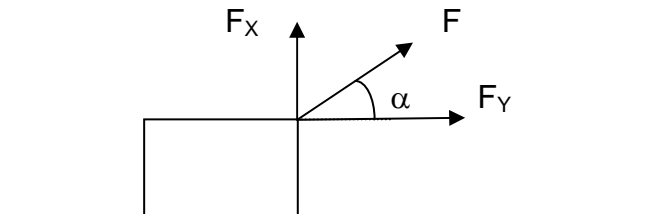
Besar usaha oleh gaya konstan didefinisikan sebagai hasil besar komponen gaya pada arah perpindahan dengan besarnya perpindahan yang dihasilkan.

Apabila usaha tersebut dirumuskan secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$W = F_s s \qquad 6.1$$

- W : Besar Usaha ($\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$, joule atau newton . meter)
 F_s : Besar komponen gaya pada arah perpindahan (newton)
 s : Besar perpindahan (m)

Jika gaya yang bekerja membentuk sudut α dengan arah perpindahan, perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 6.1. : Sebuah benda yang bermassa m ditarik dengan gaya \mathbf{F} membentuk sudut α dengan horisontal.

Jika gaya yang melakukan usaha membentuk sudut α dengan perpindahan, maka gaya tersebut dapat diuraikan ke dalam dua komponen, yaitu :

Komponen y :

$$F_y = F \sin \alpha$$

Komponen x, gaya yang searah dengan perpindahan :

$$F_x = F \cos \alpha$$

Sesuai dengan rumus (6.1), F_s merupakan komponen gaya pada arah perpindahan, maka pada rumus (8.1) F_s digantikan dengan $F \cos \alpha$ dan dapat dituliskan sebagai:

$$\begin{aligned}
 W &= F_y \cdot s \\
 &= F \cos \alpha \cdot s \\
 &= F s \cos \alpha
 \end{aligned}
 \tag{6-2}$$

Usaha adalah besaran skalar, dimana usaha merupakan perkalian skalar (dot product) antara vektor gaya dan vektor perpindahan. Oleh karena itu usaha merupakan besaran skalar.

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} \tag{6.3}$$

6.3. Satuan dan Dimensi Usaha

Untuk mencari satuan dan dimensi usaha, dapat diturunkan dari rumus (6.1). Jika digunakan Satuan Sistem Internasional maka, gaya \mathbf{F} dalam newton (kg m/s^2) dan perpindahan s dinyatakan dalam meter (m).

$$\begin{aligned}
 \text{Satuan usaha} &= \text{satuan gaya} \times \text{satuan perpindahan} \\
 \text{satuan usaha} &= \text{kg m/s}^2 \times \text{m} \\
 &= \text{kg m}^2/\text{s}^2 \\
 &= \text{joule}
 \end{aligned}$$

Satu Joule adalah besar usaha yang dilakukan oleh gaya satu newton untuk memindahkan benda sejauh satu meter

Untuk mencari dimensinya:

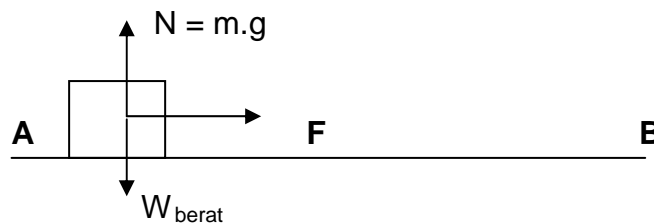
$$\begin{aligned} \text{dimensi usaha} &= \text{dimensi gaya} \times \text{dimensi perpindahan} \\ [W] &= [F] \cdot [s] \\ &= \text{MLT}^{-2} \cdot \text{L} \\ &= \text{ML}^2\text{T}^{-2} \end{aligned}$$

Contoh Soal

1. Sebuah benda bermassa m terletak pada bidang datar licin dan pada benda bekerja gaya $F = 5$ newton yang searah bidang tersebut. Akibat gaya tersebut, benda dapat berpindah dari A melalui B terus ke kanan (lihat gambar). Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya F dari A ke B, jika jarak $AB = 4$ meter?

Jawab:

Pada benda bekerja beberapa gaya yaitu gaya berat mg gaya normal N ($N = mg$) dan gaya F (lihat gambar). Akibat gaya F benda bergerak, dan arah perpindahannya dari A ke B. Pertanyaannya adalah usaha oleh gaya F dari A ke B



Usaha :

$$W = F_s \cdot s$$

Dengan F_s adalah komponen gaya pada arah perpindahan, dengan demikian $F_s = F = 5$ newton. Maka besar usaha oleh gaya F untuk bergerak dari A ke B

$$\begin{aligned} W &= 5 \text{ newton} \cdot 4 \text{ newton} \\ &= 20 \text{ newton} \cdot \text{meter} \\ &= 20 \text{ joule} \end{aligned}$$

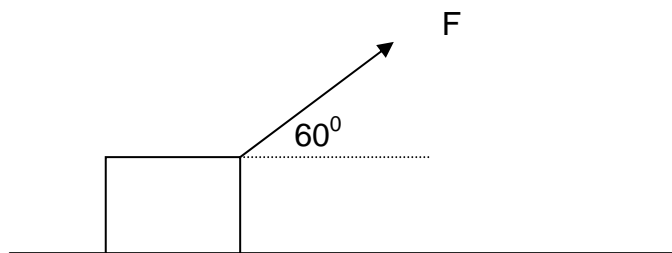
Dengan menggunakan rumus :

$$W = F s \cos \alpha$$

Karena gaya yang melakukan usaha (F) searah dengan vektor perpindahannya, maka sudut yang dibentuk antara kedua vektor 0° dengan demikian maka besar usaha tersebut :

$$\begin{aligned}
 W &= \mathbf{F} s \cos \alpha \\
 W &= 5 \text{ newton} \cdot 4 \text{ meter} \cdot \cos 0^\circ \\
 &= \text{newton} \cdot 4 \text{ meter} \cdot 1 \\
 &= 20 \text{ newton} \cdot \text{meter} \\
 &= 20 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

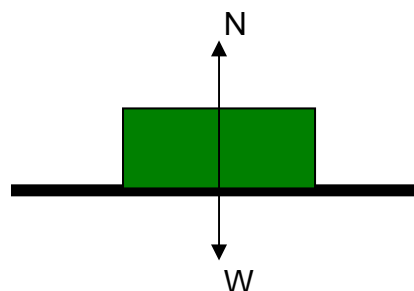
2. Sebuah benda bermassa m terletak pada bidang datar licin pada benda bekerja gaya $\mathbf{F} = 5$ newton yang membentuk sudut $\alpha = 60^\circ$ terhadap arah perpindahan. Akibat gaya tersebut, benda dapat berpindah dari A melalui B terus ke kanan (lihat gambar). Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya \mathbf{F} dari A ke B, jika jarak $AB = 4$ meter?



Dengan menggunakan :

$$\begin{aligned}
 W &= \mathbf{F} s \cos \alpha \\
 &= 5 \text{ newton} \cdot 4 \text{ m} \cdot \cos 60^\circ \\
 &= 20 \text{ newton} \cdot \text{meter} \cdot 0,5 \\
 &= 10 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

3. Apabila kita mendorong sebuah mobil dengan gaya \mathbf{F} , tetapi mobil tersebut tidak bergerak (artinya tidak ada perpindahan), maka menurut fisika, gaya tersebut tidak melakukan usaha pada benda dengan kata lain, usaha yang dilakukan gaya dorong orang tersebut terhadap mobil sama dengan nol.

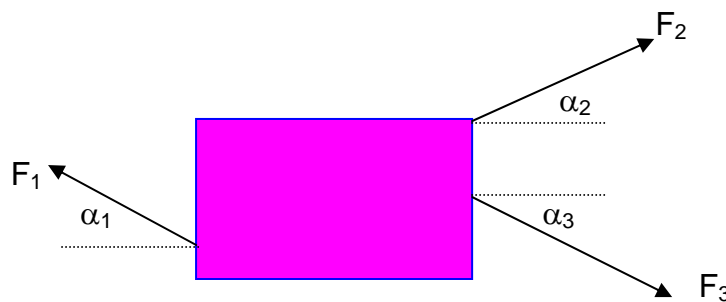


Jika sebuah benda diam di atas sebuah meja. Pada benda ada gaya berat dan juga gaya normal. Gaya normal maupun gaya berat tidak menyebabkan perpindahan, oleh karenanya usaha oleh gaya tersebut sama dengan nol

6.4. Usaha yang dihasilkan lebih dari satu gaya

Bila kita melihat kejadian sehari-hari, dapat kita lihat bahwa sebuah benda akan dikenai gaya lebih dari satu. Oleh karenanya, jika ditanya berapa usaha yang dilakukan oleh gaya-gaya tersebut maka haruslah dihitung usaha oleh masing-masing gaya-gaya tersebut, kemudian usaha dari masing-masing gaya tersebut dijumlahkan.

Seandainya pada sebuah benda bekerja 3 buah gaya F_1 , F_2 , dan F_3 sehingga benda mengalami perpindahan sejauh s . gaya F_1 membentuk sudut α_1 dengan vektor s , F_2 membentuk sudut α_2 , dan F_3 membentuk sudut α_3 . Berapakah usaha oleh ketiga gaya tersebut terhadap benda.



Gambar 6.2 : usaha oleh beberapa gaya

Usaha masing-masing gaya dapat dicari dengan menggunakan rumus (6.2)

$$W = F s \cos \alpha$$

Gaya F_1 akan melakukan usaha sebesar

$$W_1 = F_1 s \cos \alpha_1$$

Gaya F_2 akan melakukan usaha sebesar

$$W_2 = F_2 s \cos \alpha_2$$

Gaya F_3 akan melakukan usaha sebesar

$$W_3 = F_3 s \cos \alpha_3$$

Maka Usaha total (Usaha yang dilakukan oleh ketiga gaya tersebut)

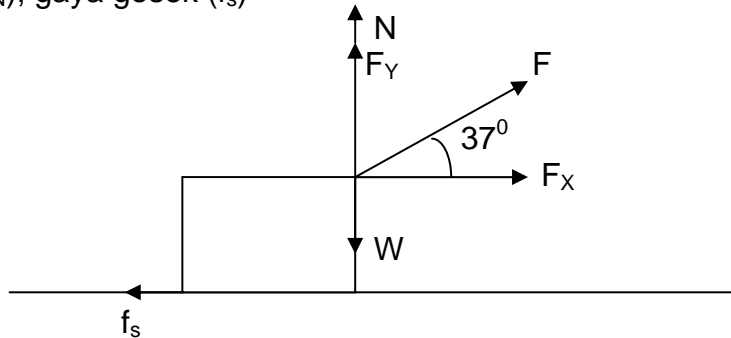
$$\begin{aligned} W &= W_1 + W_2 + W_3 \\ &= F_1 s \cos \alpha_1 + F_2 s \cos \alpha_2 + F_3 s \cos \alpha_3 \end{aligned} \quad 6.4$$

Contoh Soal :

1. Benda dengan massa 5 kg berada pada bidang datar dikenai gaya sebesar 60 newton. Gaya tersebut membentuk sudut 37° dengan arah horisontal (lihat gambar). Pada keadaan gerak, benda mengalami gaya friksi 5 newton dengan arah melawan gerak. Setelah beberapa saat, benda menempuh jarak 10 meter. Jika percepatan gravitasi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ maka :
 - a. Gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada benda
 - b. Usaha yang dilakukan oleh masing-masing gaya
 - c. Usaha yang dilakukan oleh sistem gaya-gaya

Jawab

- a. Gaya- gaya yang bekerja pada benda gaya berat (F_W), gaya normal (F_N), gaya gesek (f_s)



Gambar : Benda bermassa m ditarik dengan gaya F membentuk sudut 37° dan mengalami gaya gesek

$$\begin{aligned} W &= mg \\ &= 5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 49 \text{ newton} \end{aligned}$$

$$F = 60 \text{ newton}$$

$$\begin{aligned} F_x &= F \cos 37^\circ \\ &= 60 \cdot (0,8) \\ &= 48 \text{ newton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= F \sin 37^\circ \\ &= 60 \cdot (0,6) \\ &= 36 \text{ newton} \end{aligned}$$

$$f_s = 5 \text{ newton}$$

Karena $F_x > f_s$, maka benda dapat bergerak ke kanan. Jika F_y lebih kecil dari W , maka benda masih menyentuh lantai ($N > 0$). Jika F_y sama dengan W , maka benda tepat tidak menyentuh lantai ($N = 0$). Jika F_y lebih besar dari W , maka benda bergerak lepas dari lantai ($N < 0$). Pada kasus di atas $F_y < W$, oleh karena itu benda masih menyentuh lantai / menekan lantai

$$\begin{aligned} N + F_y &= W \\ N &= W - F_y \\ N &= 49 \text{ newton} - 36 \text{ newton} \\ &= 13 \text{ newton} \end{aligned}$$

- b . Usaha oleh masing-masing gaya

Usaha mempunyai rumus umum $W = F s \cos \alpha$

Usaha oleh gaya normal N

$$\begin{aligned} W_N &= N \cdot s \cos \alpha \\ &= 13 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times \cos 90^\circ \\ &= 13 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times 0 \\ &= 0 \text{ joule} \end{aligned}$$

Usaha oleh gaya F_y

$$\begin{aligned} W_{F_y} &= F_y s \cos \alpha \\ &= 36 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times \cos 90^\circ \\ &= 36 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times 0 \\ &= 0 \text{ joule} \end{aligned}$$

Usaha oleh gaya berat benda W_B

$$\begin{aligned} W_B &= W s \cos \alpha \\ &= 36 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times \cos 90^\circ \\ &= 36 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times 0 \\ &= 0 \text{ joule} \end{aligned}$$

Usaha oleh gaya F_x

$$\begin{aligned} W_{F_x} &= F_x s \cos \alpha \\ &= 48 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times \cos 0^\circ \\ &= 480 \text{ newton meter} \times 1 \\ &= 480 \text{ joule} \end{aligned}$$

Usaha oleh gaya friksi f_s

$$\begin{aligned} W_f &= f_s \cdot s \cos \alpha \\ &= 5 \text{ newton} \times 10 \text{ meter} \times \cos 180^\circ \\ &= 50 \text{ newton meter} \times (-1) \\ &= -50 \text{ joule} \end{aligned}$$

c. Usaha yang dilakukan oleh sistem gaya-gaya

Usaha yang dilakukan oleh sistem gaya-gaya, merupakan jumlah skalar dari semua usaha gaya-gaya yang ada.

Usaha oleh sistem gaya-gaya

$$\begin{aligned} W &= W_N + W_{F_y} + W_B + W_{F_x} + W_f \\ &= 0 + 0 + 0 + 480 \text{ j} + -50 \text{ j} \\ &= 430 \text{ joule} \end{aligned}$$

Usaha ini dapat dicari dengan cara mencari resultan gaya-gayanya terlebih dahulu, yaitu jumlah gaya-gaya pada arah vertikal sama dengan nol.

Jumlah gaya-gaya pada arah horisontal

$$\begin{aligned} \Sigma \mathbf{F} &= \mathbf{F}_x - f \\ &= 48 \text{ newton} - 5 \text{ newton} \\ &= 43 \text{ newton, arahnya searah perpindahan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \Sigma \mathbf{F} \cdot s \cos \alpha \\ &= 430 \text{ newton} \times 10 \text{ newton} \times \cos 0^\circ \\ &= 430 \text{ joule} \end{aligned}$$

2. Sebuah balok yang bermassa 1,5 kg didorong keatas sebuah bidang miring ($\theta = 53^\circ$) kasar oleh gaya konstan 15 N yang bekerja searah dengan bidang miring melawan gaya gesekan 2,7 N. Balok berpindah sejauh 2 m pada bidang miring, jika $g=10 \text{ m/s}^2$ hitunglah :
- Usaha oleh tiap-tiap gaya
 - Usah total

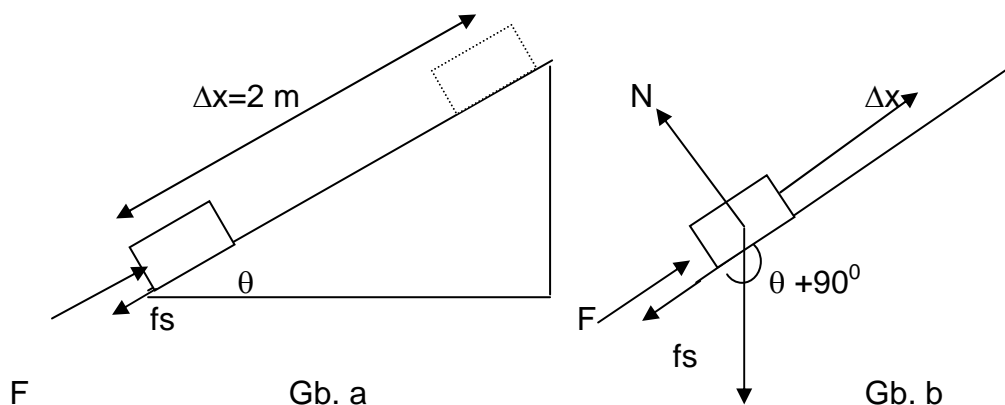
Penyelesaian :

Diketahui :

$$\begin{aligned} m &= 1,5 \text{ kg} \\ F &= 15 \text{ N} \\ f_s &= 2,7 \text{ N} \\ \Delta x &= 2 \text{ m} \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \\ \theta &= 53^\circ \end{aligned}$$

Ditanya : W masing masing? dan W total ?

Jawab :



a. perhatikan gambar a diatas :

$$\sin \theta = \frac{h}{\Delta x}$$

ada empat gaya yang bekerja pada balok perhatikan gambar b yaitu :

- gaya berat mg , membentuk sudut $(\theta+90^\circ)$ terhadap perpindahan Δx .
 - Gaya normal N membentuk sudut 90° dengan perpindahan Δx
 - Gaya gesek f membentuk sudut 180° dengan perpindahan Δx
 - Gaya dorong F searah dengan perpindahan Δx
- Usah oleh setiap gaya dihitung sebagai beriku :

$$\begin{aligned} W_{mg} &= mg \cdot \Delta x \cos (\theta+90^\circ) \\ &= mg \cdot \Delta x (-\sin \theta) \\ &= 1,5 (10)(2) (-\sin 53^\circ) \\ &= 30 (-0,8) \\ &= -24 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_N &= mg \cdot \Delta x \cos 90^\circ \\ &= 1,5 (10).(2). 0 \\ &= 0 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_f &= f \cdot \Delta x \cos 180^\circ \\ &= 2,7 (2).(-1) \\ &= -5,4 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_F &= F \cdot \Delta x \cos 0^\circ \\ &= 15 (2) 1 \\ &= 30 \text{ Joule} \end{aligned}$$

b. Usaha total :

$$\begin{aligned} W_{total} &= W_{mg} + W_N + W_f + W_F \\ &= -24 + 0 + (-5,4) + 30 \\ &= 0,6 \text{ Joule} \end{aligned}$$

6.5. Energi

Energi sering juga disebut dengan tenaga. Dalam kehidupan sehari-hari energi dihubungkan dengan gerak, misal orang yang energik artinya orang yang selalu bergerak tidak pernah diam. Energi dihubungkan juga dengan kerja. Jadi **Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja.**

Dalam Fisika energi dihubungkan dengan gerak, yaitu kemampuan untuk melakukan kerja mekanik. Energi dialam adalah besaran yang kekal, dengan sifat-sifat sebagai berikut :

- Transformasi energi : energi dapat diubah menjadi energi bentuk lain, tidak dapat hilang misal energi pembakaran berubah menjadi energi penggerak mesin
- Transfer energi : energi dapat dipindahkan dari suatu benda ke benda lain atau dari sistem ke sistem lain, misal kita memasak air, energi dari api pindah ke air menjadi energi panas, energi panas atau kalor dipindah lagi ke uap menjadi energi uap

3. Kerja : energi dapat dipindah ke sistem lain melalui gaya yang menyebabkan pergeseran, yaitu kerja mekanik
4. Energi tidak dapat dibentuk dari nol dan tidak dapat dimusnahkan

Sumber-sumber energi yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari misalnya: energi minyak bumi, energi batubara, energi air terjun, energi nuklir dan energi kimia.

6.6. Macam-macam Energi

6.6.1. Energi Potensial Gravitasi

Energi potensial adalah energi yang dimiliki akibat kedudukan benda tersebut terhadap bidang acuannya. Sedangkan yang dimaksud dengan bidang acuan adalah bidang yang diambil sebagai acuan tempat benda mempunyai energi potensial sama dengan nol. Sebagai contoh dari energi potensial, adalah energi pegas yang diregangkan, energi karet ketapel, energi air terjun.

Energi Potensial gravitasi suatu benda yang bermassa m dan berada di dalam medan gravitasi benda lain yang bermassa M (dalam kasus ini diambil bumi yang bermassa M)

$$E_p = -G \frac{M \cdot m}{r} \quad 6.5$$

Dengan titik acuan di tak hingga

Jika G = tetapan gravitasi umum = $6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$

M = massa bumi

m = massa benda

r = jarak benda dari pusat bumi

Apabila permukaan bumi sebagai bidang potensial nol dan ketinggian tidak melebihi 1000 km (percepatan gravitasi tidak terlalu berbeda, dianggap konstan), perumusan energi potensial, secara matematis dapat ditulis

$$E_p = m g h \quad 6.6$$

Ket :

E_p = energi potensial (joule)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian dari muka bumi (m)

Untuk lebih memahaminya, mari kita perhatikan sebuah buku yang berada di atas sebuah meja, maka dapat dikatakan bahwa buku tersebut mempunyai energi potensial gravitasi terhadap lantai. Jika buku tersebut mempunyai energi potensial gravitasi berarti gaya gravitasi pada benda tersebut mampu melakukan usaha dari tempat semula ke lantai. Dalam kasus ini, bidang lantai dianggap sebagai bidang acuan.

Energi potensial buku

a. Jika lantai sebagai bidang acuan

$$E_p = m g h$$

b. Jika bidang meja sebagai bidang acuan

$$E_p = 0$$

Dalam hal ini $h = 0$

Contoh Soal :

1. Seorang pembalap dan sepeda balapnya mempunyai massa 100 kg, bergerak menanjak mendaki sebuah gunung dengan ketinggian 500 m, kemudian menuruni sebuah lereng sejauh 750 m. Tentukanlah :

a. Berapakah energi potensial dipuncak gunung dan ditempat pembalap berhenti dimana titik acuannya adalah ditempat sebelum pembalap menanjak ?

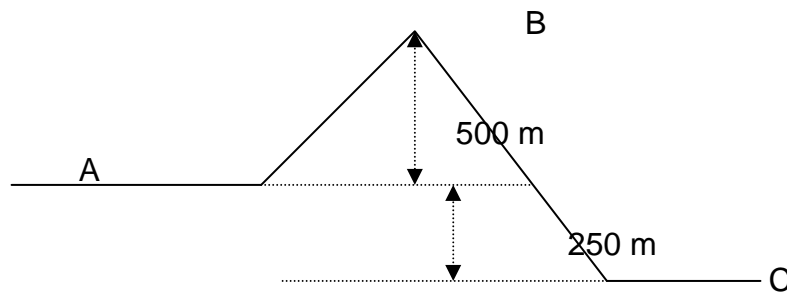
b. Berapakah perubahan energi potensial ketika pembalap menuruni lereng sampai berhenti ?

Jawab :

Massa pembalap dan sepeda $m = 100 \text{ kg}$

Percepatan gravitasi $g = 9.8 \text{ m/s}$

Misalkan pada awal tanjakan titik A, puncak gunung titik B dan tempat berhenti titik C lihat gambar :



Gambar

a. Titik A kita ambil sebagai acuan, artinya pada kedudukan A tingginya $h_A = 0$, ketinggian B dan C terhadap A adalah :

$$h_B = \pm 500 \text{ m dan } h_C = - 250 \text{ m}$$

Maka energi potensial B dan C adalah :

$$\begin{aligned} EP_B &= m.g.h_B \\ &= 100 \times 9.8 \times 500 \\ &= 490\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EP_C &= m.g.h_C \\ &= 100 \times 9.8 \times (-250) \\ &= - 245\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

b. Perubahan energi potensial dari B ke C

$$\begin{aligned} \Delta EP &= EP_C - EP_B \\ &= -245\,000 - 490\,000 \end{aligned}$$

$$= - 735\,000 \text{ J}$$

Tanda minus menyatakan bahwa energi potensial berkurang sebesar 735000 J ketika pembalok menuruni lereng dari puncak gunung sampai dia berhenti.

2. Sebuah roket mempunyai massa 200 000 kg ditembakkan dengan kecepatan 1000 m/s. Berapakah energi potensial roket tersebut setelah mencapai ketinggian 2 km dari permukaan bumi ?

Jawab :

Massa $m = 200\,000 \text{ kg}$

Percepatan gravitasi $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Ketinggian dari muka bumi $h = 2 \text{ km} = 2000 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_p &= m \cdot g \cdot h \\ &= 200\,000 \times 9.8 \times 2000 \\ &= 392\,000\,000 \text{ J} \\ &= 3.92 \times 10^8 \text{ J} \end{aligned}$$

6.6.2. Energi Potensial Pegas

Energi potensial pegas adalah energi potensial karena adanya tarikan atau penekanan pegas atau kemampuan suatu benda yang dihubungkan dengan pegas untuk berada pada suatu tempat karena panjang pegas berubah sepanjang x

$$E_{\text{pegas}} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

Dimana :

E_{pegas} = energi potensial pegas (joule)

k = konstanta pegas (N/m)

x = perubahan panjang pegas (m)

Contoh :

Sebuah balok 1 kg berada diatas meja yang licin, pada ujungnya diikatkan sebuah pegas mendatar dengan $k = 400 \text{ N/m}$. Pegas ditekan keposisi $x = -5 \text{ cm}$ dan dibebaskan sehingga bergerak bolak balik sepanjang meja licin. Hitunglah :

- a. Usaha yang dilakukan pegas ketika balok bergerak dari $x = -5 \text{ cm}$ ke $x = +3 \text{ cm}$
 b. kecepatan balok pada $x = +3 \text{ cm}$

Penyelesaian :

Diketahui :

$$x_1 = -5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$x_2 = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

$$k = 400 \text{ N/m}$$

Jawab :

a. usaha yang dilakukan pegas untuk berpindah dari $x=-5$ cm ke $x=3$ cm :

$$\begin{aligned}
 W &= -\Delta E_p \\
 &= -(E_{p_2} - E_{p_1}) \\
 &= -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2) \\
 &= -\frac{1}{2}(400).(0,005^2 - 0,003^2) \\
 &= -200 (-1,6 \times 10^{-3}) \\
 &= 0,32 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

b. Selain gaya pegas juga ada gaya berat, sehingga berlaku

$$\begin{aligned}
 W_{res} &= \Delta E_k \\
 &= \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2
 \end{aligned}$$

$$W_{res} = W_{elastik}$$

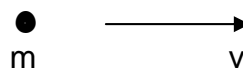
Pada $x = -5$ benda diam $v_1 = 0$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 W_{elastik} &= \frac{1}{2}mv_2^2 \\
 v_2 &= \sqrt{\frac{2.W_{elastik}}{m}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,32}{1}} \\
 &= 0,8 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

6.6.3. Energi Kinetik

Sebuah benda yang bermassa m dan bergerak dengan laju v , mempunyai energi kinetik sebesar E_k dengan kata lain, energi kinetik suatu benda adalah energi yang dipunyai benda yang bergerak. Berarti setiap benda yang bergerak, mempunyai energi kinetik E_k , secara matematis, energi kinetik dapat ditulis sebagai:



Gambar 6.3 : Benda bermassa m bergerak dengan kecepatan v

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

Dimana

m = massa benda (kg)

v = laju benda (m/s)

E_k = energi kinetik (joule)

Contoh Soal :

1. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 30 m/s, jika massa mobil 750 kg, berapakah energi kinetik mobil tersebut?. Ketika mobil direm berapakah energi kinetik mobil tersebut ?

Jawab :

Massa $m = 750$ kg

Kelajuan $v = 30$ m/s

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} \cdot mv^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 750 \cdot (30)^2 \\ &= 337\,500 \text{ joule} \end{aligned}$$

Ketika mobil tersebut direm maka energi kinetiknya adalah nol karena mobil diam, tapi energi kinetik tersebut tidak hilang begitu saja tetapi berubah menjadi energi kalor dan energi bunyi

2. Sebuah kereta gerbong kereta api mempunyai energi kinetik sebesar 600000 J, jika massa gerbong tersebut 1000 kg. Hitunglah kecepatan mobil tersebut ?

Jawab :

Energi kinetik $E_k = 600\,000$ J

Massa $m = 1000$ kg

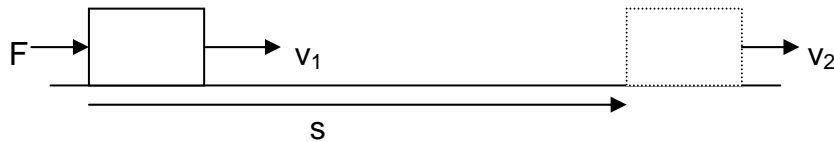
$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\begin{aligned} \text{maka } v &= \sqrt{\frac{2E_k}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 600000}{1000}} \\ &= \sqrt{1200} \\ &= 34.64 \text{ m/s} \end{aligned}$$

6.6.5. Hubungan Usaha dengan Energi Kinetik

Untuk melihat hubungan antara usaha oleh sistem gaya-gaya (Resultan gaya total) dengan energi kinetik, perhatikan contoh di bawah ini.

Sebuah benda bermassa m berada di atas bidang datar tanpa gesekan. Pada benda bekerja gaya F konstan sejajar bidang dan benda dapat bergerak lurus berubah beraturan



Gambar 6.4 : Benda yang bergerak GLBB

Pada suatu saat, kecepatan benda v_1 dan setelah menempuh jarak s kecepatannya menjadi v_2 turunan hubungan antara Usaha yang dilakukan resultan gaya yang menjadi pada benda dengan perubahan energi kinetiknya adalah sebagai berikut : Resultan gaya yang bekerja pada benda (benda tidak mengalami gaya friksi)

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F \\ \text{Usaha } W & \\ W &= F s \cos \alpha \\ W &= F s \cos \alpha \\ &= m a s \cos 0^\circ \\ &= m (a s) (1) \\ &= m (a S) \end{aligned}$$

Ingat hubungan

$$\begin{aligned} v_2^2 - v_1^2 &= 2 a s \\ W &= F s \cos \alpha \\ &= m a s (1) \\ &= m (as) \\ &= m \frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 &= E_{k2} - E_{k1} \\ &= \Delta E_k \end{aligned}$$

Dengan kata lain, usaha yang dilakukan oleh sistem gaya-gaya yang bekerja pada benda sama dengan perubahan energi kinetik

$$\begin{aligned} W_{\text{oleh resultan gaya}} &= \text{perubahan energi kinetik} \\ W &= F s \cos \alpha \\ &= \Delta E_k \\ W &= F s \cos \alpha \\ W &= \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \\ &= \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) \end{aligned}$$

Jadi $W_{\text{oleh resultan gaya}} = \Delta E_k = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$

Jika

$W_{\text{oleh resultan gaya}} = 0$ Tidak ada perubahan energi kinetik (kecepatan konstan)

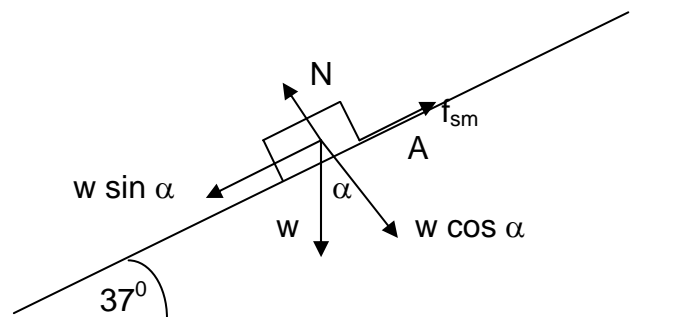
$W_{\text{oleh resultan gaya}} > 0$ Usaha yang dilakukan mengakibatkan penambahan energi kinetik

$W_{\text{oleh resultan gaya}} < 0$ Usaha yang dilakukan mengakibatkan pengurangan energi kinetik

Contoh :

Benda bermassa $m = 2$ kg terletak pada bidang miring kasar dengan kemiringan 37° . Jika koefisien gesek kinetik $0,2$, koefisien gesek statis maksimum $0,4$ dan benda mula-mula diberi kecepatan awal $v_0 = 20$ m/s sejajar bidang miring. Tentukan ($g = 10$ m/s²)

- Kecepatan benda pada saat mencapai titik B. jika v_0 ke arah bawah dan jarak AB = 10 meter ?
- Jarak yang ditempuh benda jika arah kecepatan awal ke atas ?



Gambar 6.5 : Benda bermassa m bergerak pada bidang miring

Jawab

a. Besar v_B

Karena benda diberi v_0 maka benda dapat bergerak

Resultan gaya pada arah bidang miring

Usaha oleh resultan gaya sama dengan perubahan energi kinetik

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= mg \sin \alpha - f_k \\
 &= mg \sin \alpha - \mu_k mg \cos \alpha \\
 &= mg \sin \alpha - \mu_k mg \cos \alpha \\
 &= 12 \text{ newton} - 3,2 \text{ newton} \\
 &= 8,8 \text{ newton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \mathbf{F} s \cos \alpha &= \frac{1}{2} m \mathbf{v}_2^2 - \frac{1}{2} m \mathbf{v}_1^2 \\ (mg \sin \alpha - f_k) s &= \frac{1}{2} m (\mathbf{v}_2^2 - \mathbf{v}_1^2) \\ (mg \sin \alpha - \mu_k mg \cos \alpha) s &= \frac{1}{2} m (\mathbf{v}_2^2 - \mathbf{v}_1^2) \\ (2.10 \left(\frac{3}{5}\right) - 0,2 \cdot 2.10 \left(\frac{4}{5}\right)) 10 &= \frac{1}{2} 2 (\mathbf{v}_2^2 - 20^2) \\ 88 \text{ joule} &= \frac{1}{2} 2 (\mathbf{v}_2^2 - 20^2) \\ 88 \text{ joule} &= \mathbf{v}_2^2 - 400 \text{ joule} \\ \mathbf{v}_2^2 &= 88 \text{ joule} + 400 \text{ joule} \\ &= 488 \text{ joule} \\ \mathbf{v}_2 &= \sqrt{488} \\ \mathbf{v}_2 &= 22,1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- b. Jarak yang ditempuh jika arah kecepatan v_0 sejajar bidang miring ke atas. Benda dapat bergerak ke atas yang kemudian setelah menempuh jarak s akan berhenti

$$\begin{aligned} -\mathbf{F} s &= \frac{1}{2} m (\mathbf{v}_2^2 - \mathbf{v}_1^2) \\ -(mg \sin \alpha - \mu_k mg \cos \alpha) s &= \frac{1}{2} 2 (0^2 - 20^2) \\ -(12 + 3,2) s &= -400 \\ s &= \frac{400}{15,2} \\ &= 26.3 \text{ m} \end{aligned}$$

6.7. Daya dan Efisiensi

Daya didefinisikan sebagai besar usaha persatuan waktu. Jika usaha diberi notasi W , waktu t dan daya P , maka secara matematis dapat ditulis

$$P = \frac{W}{t}$$

Jika rumus di atas dijabarkan, diperoleh

$$P = \mathbf{F} \cdot \frac{s}{t} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

Satuan W = joule
 t = sekon
 \mathbf{P} = joule/sekon = watt = $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$
 \mathbf{v} = kecepatan

Satuan daya yang lain

kilowatt (kw) = 1000 watt

Daya kuda (hp, horse power) : 1 hp = 746 watt

Ingat bahwa kwh (kilowatthour atau kilowatt jam) bukan satuan daya tetapi satuan energi.

Kalau kita perhatikan lampu pijar, maka energi listrik yang diberikan kepada lampu lebih besar dari energi cahaya yang dihasilkan lampu. Perbandingan antara daya keluaran (output) dengan daya masukan (input) dikali 100%, disebut **efisiensi**

$$\text{Efisiensi } \eta = \frac{\text{daya keluaran (output)}}{\text{daya masukan (input)}} \times 100 \%$$

Efisiensi tidak mempunyai satuan maupun dimensi

Contoh Soal :

1. Air terjun dengan ketinggian 50 meter, mengalirkan air sebanyak 300.000 kg tiap menit. Air terjun ini digunakan untuk memutar generator, dan menghasilkan daya 650 kilowatt. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan efisiensi generator tersebut

Jawab:

Energi kinetik air yang jatuh untuk memutar turbin sama dengan perubahan energi potensialnya

Massa air yang jatuh persekonnnya $m = 300.000 \text{ kg}/60 \text{ sekon} = 5.000 \text{ kg/sekon}$

$$\begin{aligned} W &= E_p \\ &= mgh \\ &= 5.000 \text{ kg/s} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 50 \text{ m} \\ &= 2.500.000 \text{ joule/sekon} \end{aligned}$$

Besaran ini sebagai fungsi input untuk generator tiap sekonnnya

Ternyata, generator hanya menghasilkan listrik sebesar 650 kilowatt = 650.000 joule per sekon. Merupakan keluaran (output) dari generator tiap sekonnnya.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } \eta &= \frac{\text{daya keluaran (output)}}{\text{daya masukan (input)}} \times 100 \% \\ &= \frac{650.000}{2.500.000} \times 100 \% \\ &= 26 \% \end{aligned}$$

2. Sebuah mobil mempunyai massa 1500 kg memiliki daya 10 hp (1hp = 750 watt). Jika pengaruh gaya luar diabaikan, tentukan waktu minimum yang dibutuhkan agar mencapai kecepatan 20 m/s dari keadaan dim ?

Jawab :

Massa $m = 1500 \text{ kg}$
 Daya $p = 10 \text{ hp} = 10.750 \text{ Watt} = 7500 \text{ W}$
 Kecepatan awal $v_1 = 0$
 Kecepatan akhir $v_2 = 20 \text{ m/s}$
 Jika dianggap lintasan lurus mendatar maka berlaku rumus :

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

karena usaha adalah daya kali waktu maka

$$P \cdot t = \frac{1}{2} m v_2^2 - 0 \quad (\text{karena } v_1 = 0)$$

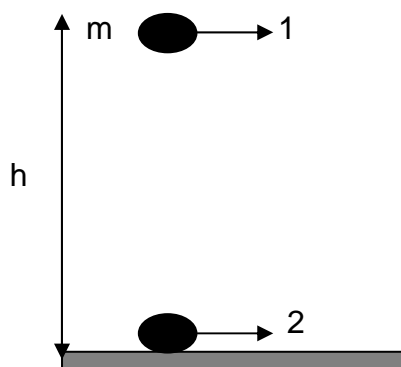
$$\begin{aligned}
 t &= \frac{m v_2^2}{2 \cdot P} \\
 &= \frac{1500(20)^2}{2(7500)} \\
 &= 40 \text{ s}
 \end{aligned}$$

6.9. Hukum kekekalan energi mekanik

Usaha yang dilakukan gaya gravitasi dari suatu titik ke titik lain tidak bergantung pada jalan yang ditempuh. Jumlah energi kinetik dan energi potensial di dalam medan gravitasi konstan. Jumlah energi kinetik dan energi potensial ini disebut energi mekanik. Mari kita lihat contoh di bawah ini.

Benda bermassa m dijatuhkan bebas dari titik A, dari suatu ketinggian h , benda mempunyai energi potensial E_p terhadap permukaan bumi. Energi potensial ini berkurang selama perjalanan menuju bumi dan energi kinetiknya bertambah. Tetapi jumlah energi kinetik dan energi potensialnya di setiap titik pada lintasannya selalu tetap.

Jumlah energi kinetik dan energi potensial dititik 1 sama dengan jumlah energi kinetik dan potensial dititik 2.



Gambar 6.6 : Benda bermassa m jatuh dari ketinggian h .

$$\begin{aligned}
 E_M &= E_k + E_p \\
 &= \text{konstan} \\
 &= C
 \end{aligned}$$

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + m g h_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g h_2$$

Jumlah energi kinetik dan energi potensial ini yang disebut energi mekanik. Hal ini dikenal sebagai **Hukum kekekalan energi mekanik** yang berbunyi : Jika pada suatu sistem hanya bekerja gaya-gaya yang bersifat konservatif, maka energi mekanik sistem pada posisi apa saja selalu tetap dengan kata lain energi mekanik pada posisi akhir sama dengan energi mekanik pada posisi awal.

Contoh Soal :

1. Sebuah benda dengan 2 kg dilemparkan vertikal ke atas dari permukaan bumi dengan kecepatan awal 40 m/s. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$ dan gesekan udara diabaikan, hitunglah ketinggian maksimum yang dapat dicapai benda dengan menggunakan hukum kekekalan energi mekanik.

Jawab

Ambil titik awal berangkat sebagai titik 1 dan titik ketinggian maksimum disebut titik 2, maka menurut hukum kekekalan energi mekanik.

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + m g h_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g h_2$$

Ambil titik awal berangkat sebagai bidang potensial nol dan arah ke atas sebagai arah positif

$$h_1 = 0$$

$$v_2 = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (40)^2 + 2 \cdot 10 \cdot 0 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 0^2 + 2 \cdot 10 h_2$$

$$1600 = 20 h_2$$

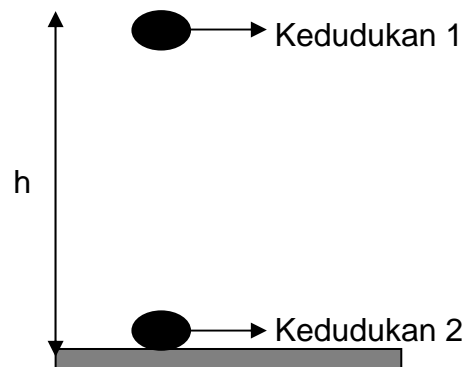
$$h_2 = 80 \text{ meter}$$

Jadi ketinggian maksimum yang dicapai adalah 80 meter

2. Dengan mempergunakan hukum kekekalan momentum, buktikanlah untuk gerak jatuh bebas berlaku $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$?

Jawab :

Perhatikan gambar dibawah ini :



Dengan tanah sebagai acuan maka diperoleh :

$$EP_2 + EK_2 = EP_1 + EK_1$$

$$0 + \frac{1}{2}mv_2^2 = mgh + 0$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = mgh$$

$$v_2^2 = 2gh$$

$$v_2 = v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

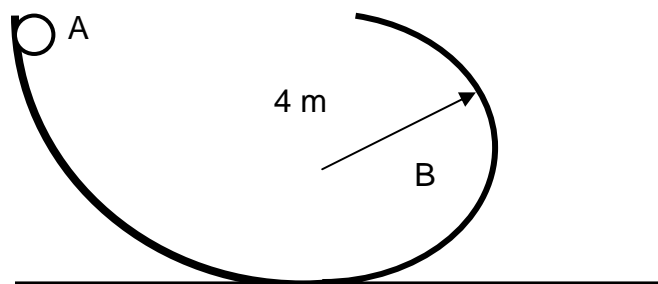
Soal – soal :

1. Jelaskan perbedaan pengertian usaha menurut bahasa sehari-hari dan pengertian menurut Fisika. Berikan contohnya ?.
2. Tuliskan perumusan usaha dengan menggunakan notasi vektor (dot Product atau perkalian skalar). Tentukan pula dimensi dan satuan dari usaha ?.
3. Besaran usaha selalu berhubungan dengan dua besaran vektor yaitu gaya dan perpindahan. Mengapa usaha merupakan besaran vektor ?
4. Menurut definisi usaha, anda dikatakan tidak melakukan usaha jika bergerak dengan kecepatan tetap. Mengapa anda lelah ?
5. Sebuah benda bermassa m ditembakkan dari suatu titik A, vertikal ke atas sampai ketinggian X. usaha yang dilakukan gaya gravitasi sejak ditembakkan sampai kembali lagi pada titik A lagi sebesar nol. Jelaskan ?
6. Gaya gravitasi merupakan gaya konservatif, berarti usaha yang dilakukan gaya tersebut untuk menaikkan benda setinggi 2 meter dari muka bumi melalui berbagai lintasan selalu sama. Dengan mengambil contoh, buktikan kebenaran tersebut ?.
7. Sebutkan 6 macam satuan usaha ?
8. Berikan contoh-contoh dimana
 - a. usaha oleh gaya normal sama dengan nol ?
 - b. usaha oleh gaya normal tidak sama dengan nol ?
9. Apakah usaha oleh gaya gesek harganya selalu negatif, bila ya, mengapa?
10. Pada hukum kekekalan energi, jumlah energi potensial dan energi kinetik selalu tetap, yang secara matematis dapat ditulis :

$$E_k + E_p = \text{konstan} = C$$

11. Apakah C mempunyai dimensi dan satuan?. Bila mempunyai dimensi dan satuan, tuliskan dimensi dan satuan C tersebut ?
12. Suatu benda yang bermassa 5 kg, dikenai gaya $\vec{F} = 2\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$ newton, dan melakukan perpindahan $\vec{s} = 2\hat{i} + 6\hat{j} + \hat{k}$ meter. Dengan menggunakan perumusan $W = \vec{F} \cdot \vec{s}$, tentukan besar usaha W tersebut. Berikan perumusan umumnya ?

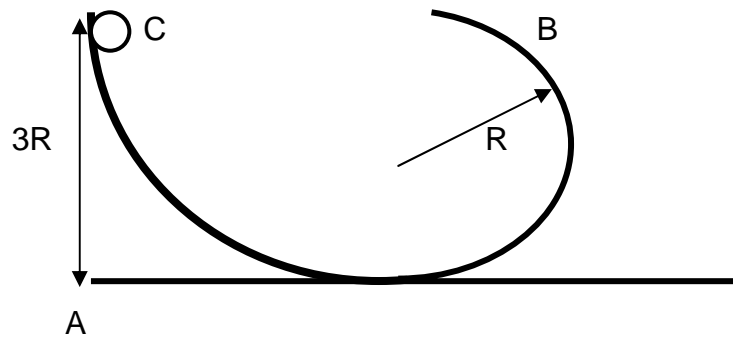
13. Benda dengan massa 3 kg berada di dalam lantai elevator. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, tentukan usaha oleh gaya normal dan gaya gravitasi jika :
- Elevator bergerak ke atas dengan kecepatan konstan 4 m/s sejauh 10 meter ?
 - Elevator bergerak ke atas dengan percepatan konstan 4 m/s^2 sejauh 10 meter ?
 - Elevator bergerak ke bawah dengan percepatan konstan 4 m/s^2 sejauh 10 meter ?
14. Sebuah balok terletak pada lantai yang licin diberi gaya 10 N, sehingga menghasilkan usaha sebesar 36 J dan balok berpindah tempat , jika gaya yang diberikan membentuk sudut 30° dengan bidang datar. Hitunglah berapa jauh balok berpindah tempat ?
15. Barapakah tinggi yang dapat dicapai oleh sebuah benda yang bermassa 60 kg, jika diberi energi sebesar 36 000 J ?
16. Sebuah benda dengan massa 5 kg, berada pada bidang miring yang licin sempurna. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, kemiringan bidang membentuk sudut 53° ($\tan 53^\circ = 4/3$) dengan bidang horisontal, tentukan:
- Usaha oleh gaya berat setelah menempuh 4 meter ?
 - Usaha oleh gaya normal setelah menempuh 4 meter ?
 - Usaha oleh sistem gaya-gaya setelah menempuh 4 meter ?
 - Kecepatan benda setelah menempuh 4 meter ?
17. Sebuah benda ditembakkan dengan sudut elevasi 45° dan energi 1000 J. Jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 . Hitunglah energi kinetik dan energi potensial pada titik tertinggi ?
18. Bola bermassa $m = 1 \text{ kg}$ dilepaskan dari titik A di dalam sebuah bidang lingkaran vertikal dengan jari-jari 4 meter. Jika bidang licin sempurna, tentukan kecepatan bola pada saat mencapai titik B. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
Sampai dimana bola menjalani lingkaran?



Gambar

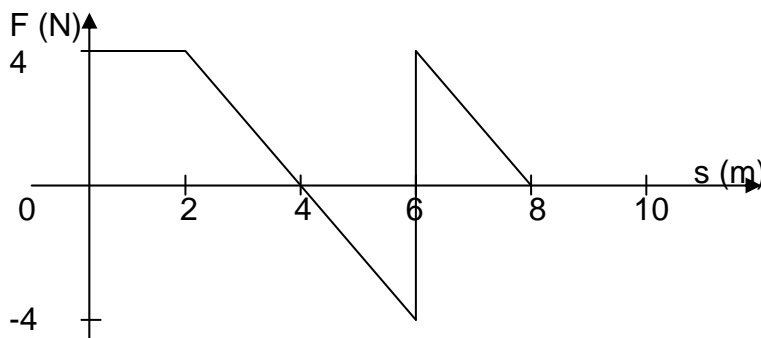
19. Sebuah kelereng bermassa 50 gr bergerak menurun permukaan melengkung seperti gambar dibawah. Jika jari-jari lingkaran 45 cm dan percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 . Hitunglah :
- Kecepatan bola saat meninggalkan titik B ?

b. Gaya tekan permukaan talang pada benda titik B ?



Gambar

20. Sebuah benda dikenai gaya F sepanjang sumbu X, besar gaya tersebut berubah-ubah. Kurva yang menyatakan hubungan antara komponen gaya pada arah perpindahan dengan perpindahan tersebut seperti nampak pada gambar di bawah ini



Gambar

Tentukan

- Usaha yang dilakukan gaya F setelah menempuh 4 m ?
- Usaha yang dilakukan gaya F setelah menempuh 8 m ?

21. Sebuah benda yang bermassa 3 kg terletak pada bidang horisontal yang kasar dengan koefisien gesek kinetik $0,2$. benda dipukul dengan gaya $F = 1000\text{ newton}$ dengan arah sejajar dengan bidang horisontal, sehingga mendapat kecepatan awal 40 m/s

Tentukan

- Usaha yang dilakukan gaya gesek selama pergerakan tersebut ?
- Jarak yang ditempuh benda ?

22. Sebuah peluru ($m = 0,4\text{ kg}$) ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 40 m/s ($g = 10\text{ m/s}^2$). Tentukan energi kinetik peluru tersebut pada saat :

- Ditembakkan ?
- Peluru menempuh jarak 40 m ?
- Peluru mencapai titik tertinggi ?
- Peluru melewati kebalik titik pada saat ditembakkan ?

23. Sebuah peluru dengan massa 0,4 kg ditembakkan dengan kecepatan awal 40 m/s dan dengan sudut elevasi 37° dengan horisontal. Dengan menggunakan hukum kekekalan energi mekanik, hitunglah ketinggian maksimum yang dapat dicapai peluru. ($g = 10 \text{ m/s}^2$) ?
24. Sebuah bola ditendang vertikal keatas sehingga mencapai tinggi maksimum 15 m, jika massa bola 0.75 kg. Hitunglah :
- Energi potensial bola terhadap tanah ketika bola mencapai ketinggian maksimum ?
 - Perubahan energi potensial ketika bola berada pada ketinggian 5 m ? (percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$)
25. Massa 50 kg terletak pada lantai horisontal. Pada benda dikenai gaya 100 newton dengan membentuk sudut 37° dengan horisontal. Jika koefisien gesek kinetiknya 0,2 dan kecepatan awalnya 20 m/s, hitunglah: usaha yang dilakukan gaya normal dan gaya berat dan gaya gesek sejak benda bergerak sampai berhenti?.
26. Sebuah peluru dengan massa 0,2 kg ditembakkan dengan kecepatan awal 400 m/s ke dalam sebuah balok. Jika peluru memasuki balok sedalam 50 cm, dengan menggunakan hubungan usaha dengan perubahan energi kinetik, tentukan besar gaya hambat yang bekerja pada peluru ?
27. Sebuah sepeda motor dan penumpangnya mempunyai massa 200 kg, bergerak dengan kecepatan 20 m/s. Kemudian diber gaya 15 N, gaya tersebut dihilangkan setelah motor menempuh jarak 10 m. Tentukanlah pertambahan energi kinetik akibat aksi gaya tersebut ?
28. Sebuah mobil mainan anak-anak mempunyai massa 5 kg meluncur dengan kecepatan awal 10 m/s, hingga berhenti pada jarak 20 m. Berapakah usaha yang dilakukan gaya gesek antara permukaan lantai dengan mobil mainan ?
29. Air terjun setinggi 10 m dengan debit air $80 \text{ m}^3/\text{s}$ digunakan untuk memutar turbin. Jika efisien generator 5 %, dan percepatan gravitasi 10 m/s^2 . Hitunglah daya rata-rata yang dihasilkan generator (dalam kw) ?
30. Berat benda di bumi $\frac{1}{4}$ kali berat di bulan. Seorang astronot di bumi mampu melempar setinggi 20 m. Berapakah tinggi maksimum yang dapat dicapai jika astronot tersebut melempar di bulan ?
31. Sebuah mobil dengan kecepatan 25 m/s mendaki sebuah bukit, massa mobil 1500 kg (lihat gambar). Jika jarak A dan B 50 m. Setelah menempuh jarak AB, kecepatan mobil menjadi 5 m/s. Berapakah gaya gesek yang dikerjakan jalan dengan permukaan ban mobil, jika percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$?.

32. Sebuah gaya $\mathbf{F} = 3\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ newton bekerja pada sebuah benda sehingga benda tersebut vektor posisinya berubah dari $\mathbf{r}_1 = 14\mathbf{i} + \mathbf{j} + 3\mathbf{k}$ ke $\mathbf{r}_2 = 10\mathbf{i} + 4\mathbf{j} + 6\mathbf{k}$. Hitunglah usaha yang dilakukan gaya tersebut (catatan: perpindahan $\mathbf{s} = \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$) ?