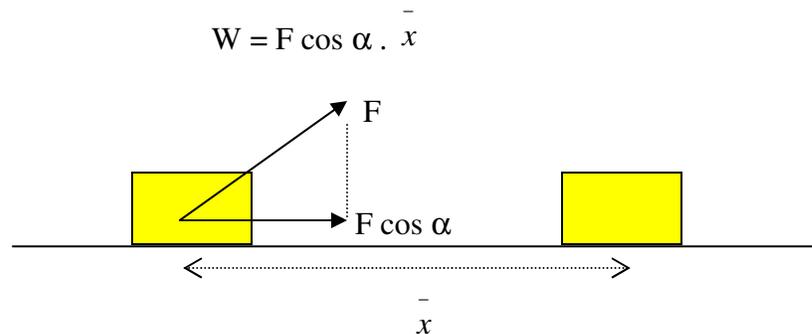


USAHA DAN ENERGI

U S A H A

Usaha adalah hasil kali komponen gaya dalam arah perpindahan dengan perpindahannya.

Jika suatu gaya F menyebabkan perpindahan sejauh \vec{x} , maka gaya F melakukan usaha sebesar W , yaitu



W = usaha ; F = gaya ; \vec{x} = perpindahan , α = sudut antara gaya dan perpindahan

SATUAN

BESARAN	SATUAN MKS	SATUAN CGS
Usaha (W)	joule	erg
Gaya (F)	newton	dyne
Perpindahan (\vec{x})	meter	cm

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

Catatan : Usaha (work) disimbolkan dengan huruf besar W

Berat (weight) disimbolkan dengan huruf kecil w

Jika ada beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda, maka usaha total yang dilakukan terhadap benda tersebut sebesar :

Jumlah usaha yang dilakukan tiap gaya, atau

Usaha yang dilakukan oleh gaya resultan.

DAYA

Daya (P) adalah usaha yang dilakukan tiap satuan waktu.

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

P = daya ; W = usaha ; t = waktu

Daya termasuk besaran scalar yang dalam satuan MKS mempunyai satuan watt atau J/s

Satuan lain adalah : 1 HP = 1 DK = 1 PK = 746 watt

HP = Horse power ; DK = Daya kuda ; PK = Paarden Kracht

1 Kwh adalah satuan energi besarnya = $3,6 \cdot 10^6$ watt.detik = $3,6 \cdot 10^6$ joule

KONSEP ENERGI

Suatu system dikatakan mempunyai energi/tenaga, jika system tersebut mempunyai kemampuan untuk melakukan usaha. Besarnya energi suatu system sama dengan besarnya usaha yang mampu ditimbulkan oleh system tersebut. Oleh karena itu, satuan energi sama dengan satuan usaha dan energi juga merupakan besaran scalar.

Dalam fisika, energi dapat digolongkan menjadi beberapa macam antara lain : Energi mekanik (energi kinetik + energi potensial) , energi panas , energi listrik, energi kimia, energi nuklir, energi cahaya, energi suara, dan sebagainya.

Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan yang terjadi hanyalah transformasi/perubahan suatu bentuk energi ke bentuk lainnya, misalnya dari energi mekanik diubah menjadi energi listrik pada air terjun.

ENERGI KINETIK.

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh setiap benda yang bergerak. Energi kinetik suatu benda besarnya berbanding lurus dengan massa benda dan kuadrat kecepatannya.

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

$E_k =$ Energi kinetik ; $m =$ massa benda ; $v =$ kecepatan benda

SATUAN

BESARAN	SATUAN MKS	SATUAN CGS
Energi kinetik (E_k)	joule	erg
Massa (m)	Kg	gr
Kecepatan (v)	m/det	cm/det

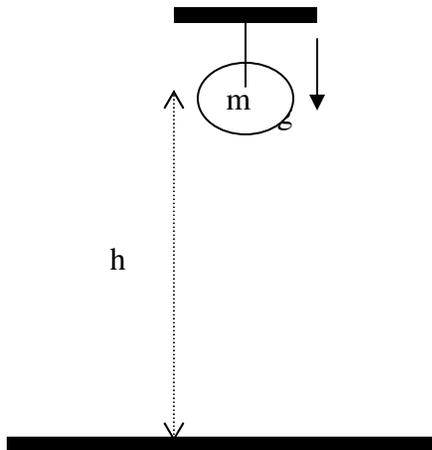
Usaha = perubahan energi kinetik.

$$W = \Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1}$$

ENERGI POTENSIAL GRAFITASI

Energi potensial grafitasi adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena pengaruh tempatnya (kedudukannya). Energi potensial ini juga disebut energi diam, karena benda yang diam-pun dapat memiliki tenaga potensial.

Sebuah benda bermassa m digantung seperti di bawah ini.



Jika tiba-tiba tali penggantungnya putus, benda akan jatuh.

Maka benda melakukan usaha, karena adanya gaya berat (w) yang menempuh jarak h . Besarnya Energi potensial benda sama dengan usaha yang sanggup dilakukan gaya beratnya selama jatuh menempuh jarak h .

$$E_p = w \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

E_p = Energi potensial , w = berat benda , m = massa benda ; g = percepatan grafitasi
; h = tinggi benda

SATUAN

BESARAN	SATUAN MKS	SATUAN CGS
Energi Potensial (E_p)	joule	erg
Berat benda (w)	newton	dyne
Massa benda (m)	Kg	gr
Percepatan grafitasi (g)	m/det ²	cm/det ²
Tinggi benda (h)	m	cm

Energi potensial grafitasi tergantung dari :
percepatan grafitasi bumi
kedudukan benda
massa benda

ENERGI POTENSIAL PEGAS.

Energi potensial yang dimiliki benda karena elastik pegas.

$$\begin{aligned} \text{Gaya pegas (F)} &= k \cdot x \\ E_p \text{ Pegas (} E_p) &= \frac{1}{2} k \cdot x^2 \end{aligned}$$

k = konstanta gaya pegas ; x = regangan

Hubungan usaha dengan Energi Potensial :

$$W = \Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$$

ENERGI MEKANIK

Energi mekanik (E_m) adalah jumlah antara energi kinetik dan energi potensial suatu benda.

$$E_m = E_k + E_p$$

HUKUM KEKALKAN ENERGI MEKANIK (pada medan gravitasi homogen)

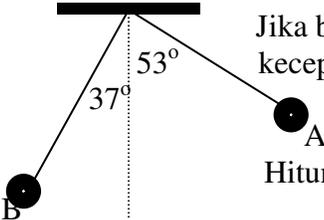
Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan.
Jadi energi itu adalah KEKAL.

$$\begin{aligned}
 E_{m_1} &= E_{m_2} \\
 E_{k_1} + E_{p_1} &= E_{k_2} + E_{p_2} \\
 \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 &= \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \\
 \frac{1}{2}v_1^2 + gh_1 &= \frac{1}{2}v_2^2 + gh_2
 \end{aligned}$$

CONTOH SOAL.

(akan dibahas di kelas)

01. Sebuah mobil dengan massa 1 ton bergerak dengan kecepatan 108 km/jam, kemudian direm dengan gaya rem konstan, ternyata setelah bergerak sejauh 100 m kecepatannya menjadi 36 km/jam. Hitung besar usaha gaya rem tersebut.
02. Sebuah benda dari ketinggian 25 m di atas tanah dilemparkan ke bawah dengan kecepatan awal 10 m/s. hitunglah ketinggiannya pada saat $E_k = \frac{1}{4} E_p$

03.  Jika benda dilepaskan dari A dengan kecepatan awal 4 m/s
Hitung kecepatan saat di B
Panjang tali 5 meter.

04. Sebuah bom yang bermassa 10 kg dijatuhkan dari pesawat yang terbang horizontal dengan kelajuan 270 km/jam. Ketinggian pesawat 100 m di atas tanah. Tentukan energi kinetik ketika bom mencapai ketinggian 25 m di atas tanah.
05. Berapa lama akan diperlukan oleh sebuah motor 1.700 watt untuk mengangkat sebuah piano 350 kg ke suatu jendela lantai keenam setinggi 16,0 meter di atas ?

TUGAS / LATIHAN SOAL.

1. Sebuah benda meluncur di atas papan kasar sejauh 5 m, mendapat perlawanan gesekan dengan papan sebesar 180 newton. Erapa besarnya usaha dilakukan oleh benda tersebut.
(jawab : 900 joule)
2. Gaya besarnya 60 newton bekerja pada sebuah gaya. Arah gaya membentuk sudut 30° dengan bidang horizontal. Jika benda berpindah sejauh 50 m. Berapa besarnya usaha ?
(jawab : $1500\sqrt{3}$ joule)
3. Gaya besarnya 60 newton menyebabkan benda yang massanya 15 kg ($g = 10 \text{ m/s}^2$) berpindah horizontal sejauh 10 m. Berapa besarnya usaha dan besarnya perubahan energi potensial.(jawab : 600 joule , nol)
4. Berapa besar usaha jika sebuah elevator yang beratnya 2000 N dinaikkan setinggi 80 m ? Berapa besar energi potensial elevator setelah dinaikkan ? (jawab : 160.000 joule, 160.000 joule)
5. Berapa besar usaha untuk menaikkan 2 kg setinggi 1,5 m di atas lantai ? Berapa besar energi potensial benda pada kedudukan yang baru ? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
(jawab : 30 joule, 30 joule)
6. Berapa besar gaya diperlukan untuk menahan 2 kg benda, tetap 1,5 m di atas lantai dan berapa besar usaha untuk menahan benda tersebut selama 5 detik
($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) (jawab : Nol)
7. Untuk menaikkan kedudukan benda yang massanya 200 kg ke tempat x meter lebih tinggi, diperlukan kerja sebesar 10.000 joule. Berapa x ? ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) (jawab : 5,1 m)
8. Gaya besarnya 300 newton dapat menggerakkan benda dengan daya 1 HP. Berapa besarnya kecepatan benda. (jawab : 2,49 m/s)
9. Berapa besar energi kinetik suatu benda yang bergerak dengan kecepatan 20 m/s, jika massa benda 1000 kg ? (jawab : 200.000 joule)
10. Benda massanya 1 kg mempunyai energi kinetik besarnya 1 joule berapa kecepatan benda ? (jawab : $\sqrt{2}$ m/s)
11. Benda yang massanya 2 kg ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) jatuh dari ketinggian 4 m di atas tanah. Hitung besar energi potensial benda dalam joule dan dalam erg. 9jawab : 78,4 joule, $78,4 \cdot 10^7$ erg)
12. Benda massanya 5 kg, jatuh dari ketinggian 3 m di atas tanah ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) Berapa energi kinetik benda pada saat mencapai tanah ?(jawab : 147 joule)

13. Sebuah bom yang massanya m kg ditembakkan dengan kecepatan 600 m/s oleh meriam yang panjangnya 6 m. Berapa besar gaya yang diperlukan untuk menembakkan bom tersebut ? (jawab : 30.000 m newton)
14. Gaya besarnya 80 newton bekerja pada benda massanya $50\sqrt{3}$ kg. Arah gaya membentuk sudut 30° dengan horizontal. Hitung kecepatan benda setelah berpindah sejauh 10 m. (jawab : 4 m/s)
15. Benda beratnya w Newton ($g = 9,8$ m/s²) mula-mula dalam keadaan diam. Gaya besarnya 10 newton bekerja pada benda selama 5 detik. Jika gaya telah melakukan usaha sebesar 2500 joule, berapa w dan berapa besarnya daya dalam watt dan HP. (jawab : $4,9$ N, 500 watt , $1,05$ HP)
16. Benda yang massanya 2 kg sedang bergerak. Berapa besar usaha untuk :
menaikkan kecepatan benda dari 2 m/s menjadi 5 m/s (jawab : 21 joule)
Menghentikan gerak benda yang kecepatannya 8 m/s ($g = 9,8$ m/s²) (jawab : 64 joule)
17. Kereta api beratnya 196.000 newton bergerak dengan kecepatan 54 km/jam. Kereta api itu dihentikan oleh rem yang menghasilkan gaya gesek besarnya 6000 newton. Berapa besar usaha gaya gesek dan berapa jarak ditempuh kereta api selama rem, bekerja ($g = 9,8$ m/s²) (jawab : 2250000 joule, 375 m)
18. Sebuah batu massanya $0,2$ kg ($g = 9,8$ m/s²) dilemparkan vertical ke bawah dari ketinggian 25 m dan dengan kecepatan awal 15 m/s. Berapa energi kinetik dan energi potensial 1 detik setelah bergerak ? ($61,504$ joule, $39,396$ joule)
19. Di dalam suatu senapan angin terdapat sebuah pegas dengan konstanta pegas 25.000 dyne/cm. Ketika peluru dimasukkan, per memendek sebanyak 2 cm. Hitunglah berapa kecepatan peluru ketika keluar dari senapan itu. Gesekan peluru dengan dinding senapan diabaikan, massa peluru 5 gram. (jawab : $100\sqrt{2}$ cm/s)
20. Sebuah benda dijatuhkan bebas dari ketinggian 200 m jika grafitasi setempat 10 m/s² maka hitunglah kecepatan dan ketinggian benda saat $E_k = 4 E_p$ ($g = 10$ m/s²)
(jawab : $40\sqrt{2}$ m/s, 40 m)
21. Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian $78,4$ m ($g = 9,8$ m/s²) Hitunglah kecepatan benda waktu tiba di tanah ? (jawab : $39,2$ m/s)
22. Sebuah peluru massa 10 gram mengenai paha dan menembus sedalam 3 cm dengan kecepatan 600 m/s. Hitunglah gaya yang diderita paha tersebut. (jawab : 60.000 N)

HUKUM KEKALKAN ENERGI
(pada medan gravitasi tidak homogen)

Untuk gerakan benda dalam medan gravitasi yang tidak sama kekuatan di semua titik, hendaknya dipecahkan dengan perhitungan potensial gravitasi atau tenaga potensial gravitasi. Jika gaya-gaya gesekan diabaikan, dasar persangkutannya hanyalah kekekalan energi, yaitu :

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

$$E_{k(1)} + E_{p(1)} = E_{k(2)} + E_{p(2)}$$

Disini pembicaraan akan kita batasi hanya mengenai gerakan massa m dalam medan gravitasi yang ditimbulkan oleh titik tunggal yang tetap atau bola homogen bermassa m . Sehingga :

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{dan} \quad E_p = m V = - G \frac{M m}{r}$$

Akhirnya kita dapatkan bahwa :

$$\frac{1}{2} m (v_1)^2 - G \frac{M m}{r_1} = \frac{1}{2} m (v_2)^2 - G \frac{M m}{r_2}$$

$$(v_2)^2 = (v_1)^2 + 2G M \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

CONTOH SOAL.

(akan dibahas di kelas)

01. Hitunglah kecepatan sebuah benda yang dilempar keatas dari sebuah permukaan bumi yang harus diberikan agar sampai pada ketinggian $2 R$ dari permukaan bumi.
02. Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian $4 R$ dari permukaan bumi. Jika massa bumi M dan R adalah jari-jari Bumi. Hitunglah kecepatan benda ketika sampai di permukaan bumi.

LATIHAN SOAL.

1. Massa bulan kira-kira $6,7 \times 10^{22}$ kg dan radiusnya $1,5 \times 10^6$ meter. Hitunglah dengan kecepatan berapa suatu benda harus ditembakkan dari permukaan bulan hingga mencapai jarak yang sama dengan radius bulan.

(jawab : $1,7 \times 10^3$ m/det)

2. Berapakah kecepatan penembakkan keatas sebuah benda dari permukaan bumi agar benda itu dapat mencapai tinggi 640 Km. Percepatan grafitasi di anggap konstan dan besarnya sama dengan 10 m/det^2 . Jari-jari bumi 6.400 Km.

(jawab : $3,4 \times 10^3$ m/det)

3. Sebuah titik bermassa dilepaskan dari jarak $3R$ dari pusat bola rongga berdinding tipis dari keadaan berhenti. Bola itu radiusnya R , massanya M dan letaknya tetap. Gaya yang bekerja pada titik bermassa tersebut hanyalah gaya grafitasi yang ditimbulkan oleh bola rongga tadi. Pada bola itu ada lubangnya kecil yang dapat dilalui titik bermassa waktu jatuh.

a. Berapakah kecepatannya ketika tepat sampai pada lubang itu ?

b. Berapakah kecepatannya ketika lewat titik pusat bola.

(jawab : a. $\sqrt{\frac{4GM}{3R}}$ b. $\sqrt{\frac{2GM}{3R}}$)

4. Berapakah kecepatannya yang diperoleh sebuah benda yang jatuh dari ketinggian h menuju ke permukaan bumi ? Abaikan gesekan. Nyatakan jawabnya dengan percepatan g dipermukaan Bumi dan radius bumi R . Dalam hal ini h dianggap demikian besar, hingga perubahan percepatan grafitasi harus diperhitungkan.

(jawab : $\sqrt{\frac{2 g.R.h}{R+h}}$)

5. Tentukan dengan kecepatan berapa suatu benda harus ditembakkan dari permukaan bumi sehingga mencapai ketinggian sama dengan 2 kali jari=jari bumi.

(jawab : $\sqrt{\frac{4GM}{3R}}$)

=====o0o=====