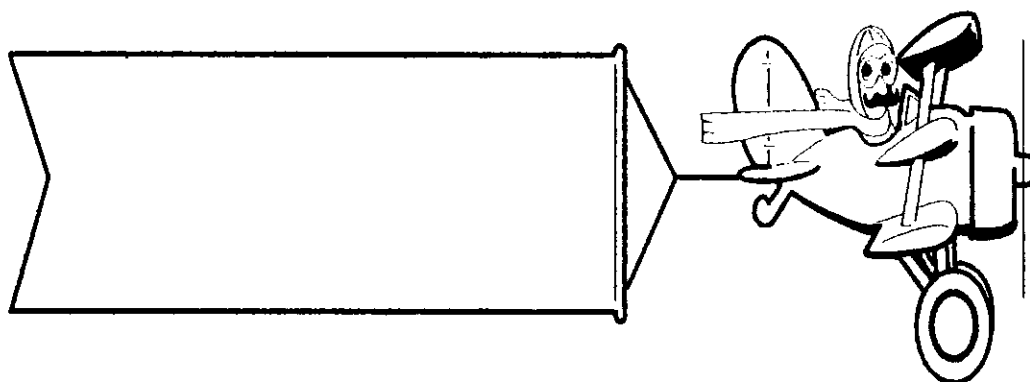

DINAMIKA

8

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TGL. :	14 MAY 1997
SUMBER / HARGA :	H /
KOLEKSI :	K
NO. INVENTARIS :	841/K/97-dj(2)
KLASIFIKASI :	531.11 HEN 1



Oleh:
Drs. Jon Hendri, M. Si.
Drs. Usmeldi, M. Pd.

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG

1996

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Pengetahuan Dinamika ini merupakan bagian dari *Basic Science* yang dipergunakan sebagai salah satu sarana di dalam memahami konsep-konsep ilmu teknik untuk mengantisipasi masalah-masalah bidang keteknikan yang semakin canggih dewasa ini.

Berdasarkan pernyataan di atas, penulis mencoba menulis buku serial Fisika Teknik, yaitu Dinamika yang membahas hal-hal yang berkaitan dengan prinsip-prinsip aplikasi gaya yang mendasari ilmu keteknikan.

Kemudian penulis mengharapkan buku ini benar-benar dapat membantu membaca di dalam memahami dan menyelesaikan masalah lebih jauh lagi tentang pengetahuan dinamika serta aplikasinya di dalam bidang keteknikan.

Pada kesempatan ini perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan tim Fisika Teknik FPTK IKIP Padang atas bantuan di dalam menyelesaikan penulisan buku ini.

Karena keterbatasan pengetahuan dan kurangnya pengalaman dalam penyusunan buku ini penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan baik isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, sumbangan saran serta kritik yang konstruktif dari pembaca demi perbaikan tulisan ini, penulis sambut dengan senang hati.

Padang, November 1996

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
BAB 2. HUKUM NEWTON.....	3
2.1. Hukum Newton Pertama.....	3
2.2. Massa dan Berat.....	4
2.3. Momentum.....	4
2.4. Hukum Newton Kedua.....	5
2.5. Hukum Kekekalan Momentum.....	8
2.6. Soal Latihan.....	11
BAB 3. USAHA, ENERGI DAN DAYA.....	13
3.1. Usaha.....	13
3.2. Energi.....	21
3.3. Daya.....	32
3.4. Soal Latihan.....	37
BAB 4. GAYA GESEKAN.....	40
4.1. Terjadinya Gesekan.....	40
4.2. Sudut Gesekan.....	42
4.3. Gaya Gesekan Pada Bidang Miring.....	43
4.4. Contoh Soal.....	47
4.5. Soal Latihan.....	52
BAB 5. MESIN SEDERHANA.....	55
5.1. Keuntungan Mekanik.....	55

5.2. Grafik Persamaan Usaha Beban.....	56
5.3. Grafik Beban dan Effisiensi.....	57
5.4. Screw Jack.....	58
5.5. Sistem Blok Kerek.....	59
5.6. Roda dan Tromol Differensial.....	61
5.7. Contoh-Contoh Soal.....	62
5.8. Soal Latihan.....	68
DAFTAR ACUAN.....	70

BAB 1

PENDAHULUAN

Di dalam era perkembangan bidang keteknikan, sangat diperlukan ilmu teknik yang lebih mendalam guna mengantisipasi masalah-masalah yang akan timbul di bidang tersebut. Seperti yang sudah diketahui bahwa perkembangan ilmu teknik tidak terlepas dari *Basic Science*, salah satunya adalah prinsip-prinsip dinamika yang merupakan bagian dari ilmu fisika teknik. Ilmu dinamika merupakan dasar dari prinsip-prinsip yang akan diterapkan untuk pengembangan bidang keteknikan lebih jauh lagi.

Mempelajari ilmu dinamika akan dilibatkan pada banyak hal yang menyangkut kehidupan manusia. Misalnya, mobil yang dikendarai dapat bergerak di jalan, hal ini disebabkan karena adanya pengaruh gesekan antara ban mobil dengan jalan. Mesin bubut yang dapat digunakan untuk memotong benda kerja dengan pahat, bisa terlaksana karena adanya perubahan energi listrik menjadi energi mekanik. Begitu juga tentang listrik tenaga air yang memanfaatkan energi potensial yang dikandung sejumlah air.

Materi buku ini, yaitu mencakup konsep dasar tentang dinamika serta membahas masalah aplikasi gaya yang sesuai dengan hukum Newton. Secara ringkas materi buku ini adalah :

Bab 1, mengungkapkan tentang latar belakang dan ringkasan buku ini. Bab 2, mengungkapkan tentang hukum Newton secara teoritis dan aplikasinya pada bidang keteknikan. Bab3, mengungkapkan tentang akibat bekerjanya gaya pada suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berpindah disebut dengan istilah usaha dan membahas prinsip-prinsip energi, transformasi energi dan transfer energi dan diakhiri dengan daya dan efisiensi. Bab 4, mengungkapkan proses tentang keadaan benda yang satu melakukan gaya pada benda yang lain, sejajar dengan permukaan singgung

dengan arah berlawanan terhadap benda yang lain, hal ini ini dikenal dengan istilah gaya gesekan. Bab 5, merupakan bab yang terakhir dari buku ini, mengungkapkan tentang hubungan antara gaya usaha dengan gaya beban serta bagaimana gaya usaha dan gaya gesekan berpengaruh terhadap bekerjanya suatu mesin.

BAB 2

HUKUM NEWTON

Sebuah benda akan bergerak apabila ada perlakuan gaya pada benda tersebut. Hubungan antara gaya dan gerak didasarkan atas 3 hukum yang telah dirumuskan oleh Sir Isaac Newton, dikenal dengan hukum Newton.

2. 1. Hukum Newton Pertama

Pada hukum pertamanya Newton menyatakan “bahwa suatu benda akan cenderung diam atau bergerak selaras pada garis lurus atau keadaan gerakannya berubah yang disebabkan oleh bekerja gaya luar pada benda tersebut”. Pernyataan ini akan mudah dimengerti dengan mengamati beberapa fakta, misalnya sebuah mobil berjalan di jalan datar, mobil tersebut akan tetap pada keadaan demikian, jika tidak digunakan rem atau dengan kata lain jika mobil di dalam keadaan bergerak, hanya gesekan yang dapat mengimbangi sehingga mobil tersebut dapat berjalan dengan kecepatan yang sama. Tetapi apabila gaya pada roda lebih besar dari pada gaya gesekan mobil, maka mobil akan dipercepat dengan arah resultan gaya yang tak seimbang. Tetapi jika rem dipergunakan mengakibatkan gaya dorong lebih kecil dari gaya tahan, sehingga resultan gaya akan beraksi berlawanan arah dengan arah gerakan mobil semula, sampai mobil berhenti.

Dari hukum Newton pertama ini dapat didefinisikan bahwa gaya adalah sesuatu yang mengubah atau cenderung untuk mengubah keadaan suatu benda dari keadaan diam atau dengan kata lain akan menyebabkan suatu benda bergerak dari keadaan diam. Gaya juga dapat menghentikan suatu benda dari keadaan bergerak menjadi diam atau mengubah arah gerakan, misalnya dari keadaan lurus menjadi berbelok.

2. 2. Massa dan Berat

Kecenderungan benda untuk tetap pada keadaan semula, diam atau bergerak tetap seperti telah yang dijelaskan oleh hukum pertama Newton disebut inersia atau kelembaman, sifat ini tergantung pada massa benda itu sendiri.

Sebagaimana telah didefinisikan terdahulu, bahwa massa merupakan jumlah materi yang dikandung benda. Hal ini jangan sampai membingungkan dengan istilah berat yang umum dipakai di dalam istilah kehidupan sehari-hari. Kedua istilah ini tidak sama, berat benda adalah gaya atau massa yang dipengaruhi oleh gaya tarik bumi. Gaya ini bekerja secara vertikal ke arah pusat bumi, sehingga berat suatu benda bervariasi pada setiap tempat, karena harganya tergantung pada jarak benda dari pusat bumi. Sedangkan massa benda selalu tetap.

Di dalam satuan SI, satuan massa, yaitu kg atau gram :

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ gram},$$

$$1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}.$$

2. 3. Momentum

Momentum suatu benda didefinisikan sebagai hasil kali massa benda dengan kecepatan. Momentum adalah besaran vektor yang mempunyai besaran dan arah, di formulasikan sebagai berikut :

$$M = m \cdot V, \tag{2.1}$$

dengan : M = momentum (kg .m/dt),

V = kecepatan (m/dt),

m = massa benda (kg).

Apabila terjadi momentum, maka gaya termasuk di dalamnya, sebagai contoh: sebuah truk yang berjalan sepanjang jalan datar akan berkurang kecepatannya,

sebagai akibat dari gaya gesekan. Jika secara tiba-tiba truk tersebut menabrak truk yang lain, momentumnya akan berubah, sehingga kecepatan berkurang terus sampai berhenti.

2. 4. Hukum Newton Kedua

Perubahan momentum selalu diikuti oleh perubahan gaya, mengakibatkan besarnya gaya akan tergantung dari besarnya perubahan momentum. Sebagai contoh : jika sebuah truk sedang berjalan, kemudian menabrak sebuah bumper pejal, perlambatannya sangat besar sekali, mengakibatkan kecepatan truk akan berkurang dengan cepat menjadi nol, hal ini disebabkan truk mengalami gaya pukul (*impact*) yang sangat besar, tetapi apabila bumper berpegas, maka kecepatan truk berubah tidaklah terlalu cepat dan truk mengalami gaya pukul kecil.

Dari contoh di atas dapat disimpulkan bahwa gaya yang timbul akan lebih besar apabila perubahan momentum sangat cepat. Kemudian Newton menyatakan hukumnya yang kedua, yaitu : “jumlah perubahan momentum suatu benda berbanding lurus dengan gaya yang menyebabkan perubahan tersebut dan searah dengan gaya tersebut”.

2. 4. 1. Hubungan antara Gaya, Massa dan Percepatan

Jika massa m mengalami perubahan kecepatan dari V_0 ke V di dalam waktu t dengan gaya konstan, maka :

$$\text{momentum mula-mula} = m \cdot V_0, \quad (2.2)$$

$$\text{momentum akir} = m \cdot V, \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \text{perubahan momentum} &= (\text{momentum akhir}) - (\text{momentum mula-mula}), \\ &= (m \cdot V) - (m \cdot V_0), \end{aligned}$$

bila waktu yang dibutuhkan t detik, diperoleh :

$$\text{jumlah perubahan momentum} = (\text{perubahan momentum}) / \text{waktu}$$

$$\Delta M = \frac{m(V - V_0)}{t} \quad (2.4)$$

Dari hukum Newton kedua, yaitu :

$$F = \frac{m(V - V_0)}{t} \quad (2.5)$$

bila besar gaya F konstan, maka besar percepatan juga konstan, yaitu :

$$\begin{aligned} V &= V_0 + a.t \quad , \\ a &= (V - V_0)/t, \end{aligned} \quad (2.6)$$

dari persamaan (2.5) dan (2.6), diperoleh persamaan hukum Newton kedua, yaitu :

$$F = m \cdot a \quad , \quad (2.7)$$

dengan : F = besar gaya (N),

a = percepatan benda,

m = massa benda.

2. 4. 2. Gaya Gravitasi

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa gaya tarik antara bumi dan benda disebut gaya berat. Sir Isaac Newton menyatakan bahwa gaya ini berbanding lurus dengan massa benda, sehingga percepatan akibat gaya tarik adalah sama untuk semua massa benda, tetapi tergantung dimana massa benda tersebut berada.

Akibatnya hukum Newton kedua dapat digunakan untuk menentukan gaya berat yang bekerja pada benda, yaitu :

$$W = m \cdot g \quad , \quad (2.8)$$

dengan W = gaya berat (Newton),

m = massa benda (kg),

g = percepatan gravitasi (m/dt^2).

Harga g, menurut pengukuran dipermukaan laut di London adalah $9,81 m/dt^2$.

Contoh soal

Sebuah mobil bermassa 2 Mg dipercepat beraturan dari 27 km/jam menjadi 72 km/jam dalam waktu 20 detik. Hitung gaya yang dibutuhkan dan jarak yang ditempuh.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{massa mobil} &= 2 \text{ Mg} , \\ &= 2 \cdot 10^3 \text{ kg}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kecepatan awal} &= 27 \cdot (5/18), \\ &= 7,5 \text{ m/dt}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kecepatan akhir} &= 72 \cdot (5/178), \\ &= 20 \text{ m/dt}, \end{aligned}$$

$$\text{waktu (t)} = 28 \text{ detik}$$

percepatan yang terjadi, yaitu :

$$\begin{aligned} a &= (V - V_0) / t, \\ &= (20 - 7,5) / 28, \\ &= 0,625 \text{ m/dt}^2, \end{aligned}$$

gaya yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a, \\ &= 2000 \cdot 0,625, \\ &= 1,25 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Jarak yang ditempuh adalah :

$$\begin{aligned} s &= \left(\frac{V_0 + V}{2} \right) \cdot t, \\ &= \left(\frac{7,5 + 20}{2} \right) \cdot 20, \\ &= 275 \text{ meter}. \end{aligned}$$

2. 5. Hukum Kekekalan Momentum

Setiap benda yang bergerak mempunyai momentum, contoh : mobil berjalan, lokomotif yang sedang menarik gerbongnya, pejalan kaki dan lain-lain, sehingga momentum dapat didefinisikan sebagai “kuantitas gerak sebuah benda yang besarnya berbanding lurus dengan massa dan kecepatan”.

Sebagai contoh lihat Gambar 2.1, apabila sebuah mobil bergerak dari titik A dengan kecepatan tertentu menuju titik B di dalam waktu Δt detik, maka kecepatan di B, yaitu :

$$V_t = V_0 + a \cdot \Delta t,$$

jika: $F = m \cdot a$, maka :

$$V_t = V_0 + (F/m) \cdot \Delta t,$$

$$m \cdot V_t = m \cdot V_0 + F \cdot \Delta t,$$

$$F \cdot \Delta t = m \cdot V_t - m \cdot V_0. \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) dinamakan perubahan momentum atau Impuls, yang artinya mobil yang bermassa m kg bergerak dari titik A dengan awal V_0 , setelah sampai di titik B kecepatan menjadi V_t , sehingga perubahan kecepatan tersebut menyebabkan terjadi perubahan momentum.

Contoh yang kedua, apabila sebuah gerbong kereta api menabrak gerbong lainnya, maka kedua gerbong tersebut akan mengalami perubahan momentum, akibatnya gerbong pertama berhenti atau berkurang kecepatannya, sedangkan gerbong kedua akan bergerak. Hal ini berarti gerbong pertama kehilangan momentum sedangkan gerbong kedua menerima momentum.



Gambar 2. 1. Momentum.

Contoh selanjutnya, jika benda A yang massanya m_A bergerak dengan kecepatan V_A , menabrak benda B yang bermassa m_B mempunyai kecepatan V_B , bergerak searah, dengan kecepatan V_A lebih besar dari kecepatan V_B . Setelah bertumbukan akan terjadi perubahan kecepatan di kedua benda tersebut, yaitu : kecepatan benda A menjadi V'_A dan B menjadi V'_B .

Jika besar gaya benda A menabrak B adalah F_A dan gaya benda B menabrak benda A adalah F_B , maka waktu terjadi tumbukan :

$$F_A = - F_B , \quad (2.10)$$

persamaan (2.10) sesuai dengan hukum Newton ketiga, dikenal dengan istilah aksi sama dengan minus reaksi. Apabila hal tersebut berlangsung di dalam waktu Δt , maka :

$$F_A \cdot \Delta t = - F_B \cdot \Delta t, \quad (2.11)$$

Impuls A = -Impuls B,

$$m_A V'_A - m_A \cdot V_A = - (m_B \cdot V'_B - m_A \cdot V_B),$$

$$m_A V'_A + m_B \cdot V'_B = m_A \cdot V_A + m_B \cdot V_B , \quad (2.12)$$

persamaan (2.12) menunjukkan bahwa : “jumlah momentum sesudah tumbukan sama dengan jumlah momentum sebelum tumbukan”, hal ini dimaksud dengan Hukum Kekalkan Momentum.

Pada peristiwa tumbukan ada 3 kemungkinan yang akan terjadi setelah tumbukan berlangsung, yaitu :

1. Tumbukan Tidak Elastis (tidak melenting), di dalam hal ini setelah tumbukan, benda satu akan bergerak bersama dan searah dengan benda kedua, bentuk persamaan yang menyatakan hubungan antara momentum benda pertama dan kedua sebagai berikut :

$$m_1 \cdot V_1 = (m_1 + m_2) V_{12} , \quad (2.13)$$

dengan : V_{12} = kecepatan bersama antara benda satu dan dua.

Tabel 2. 1. harga koefisien restitusi (Besari, 1987)

Jenis Tumbukan	Kofisien Restitusi (e)
tidak elastis	0
elastis sebagian	$0 < e < 1$
elastis sempurna	1

2. Tumbukan Elastis Sebagian, di dalam hal ini setelah tumbukan benda satu akan kembali pada arahnya semula dan benda kedua akan bergerak berlawanan arah dengan benda satu, bentuk persamaannya sebagai berikut :

$$m_A \cdot V_A + m_B \cdot V_B = m_A V'_A - m_B \cdot V'_B , \quad (2.14)$$

untuk menyelesaikan persamaan (2.14) dipakai koefisien restitusi (e), yaitu :

$$e = - \frac{(V'_A - V'_B)}{V_A - V_B} , \quad (2.15)$$

3. Tumbukan Elastis Sempurna, di dalam hal ini tumbukan tidak mengalami perubahan energi mekanik, pada kenyataan jarang terjadi.

Pada Tabel 2.1 diperlihatkan harga koefisien restitusi untuk jenis tumbukan tersebut.

Contoh soal

Sebuah beton yang massanya 200 kg jatuh dari ketinggian 3 m, menimpa sebuah tiang pancang yang massanya 1000 kg. Hitung kecepatan tiang pancang dan beton yang bergerak bersama.

Penyelesaian :

$$m_1 = 200 \text{ kg,}$$

$$m_2 = 1000 \text{ kg,}$$

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} ,$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 3}, \\
 &= 58,8 \text{ m/dt} \\
 V_2 &= 0, \\
 m_1 \cdot V_1 &= (m_1 + m_2) \cdot V_2, \\
 V_1 &= (11760) / (1200), \\
 &= 9,8 \text{ m/dt}.
 \end{aligned}$$

2. 6. Soal Latihan

1. Dua buah truk A dan B, truk A bermassa 15 ton dengan kecepatan 3 m/dt, sedangkan truk B mempunyai massa 20 ton dengan kecepatan 1,2 m/dt. Hitung :
 - a. jika A mengejar B,
 - b. jika A dan B bergerak berlawanan.
2. Hitung besar gaya yang diperlukan menambah kecepatan benda yang bermassa 5 kg dari 15 m/dt menjadi 23 m/dt di dalam 10 detik. Hitung juga seberapa jauh jarak yang ditempuh benda tersebut.
3. Selama penerbangan awalnya, sebuah roket mempunyai kecepatan beraturan dari 650 sampai 700 km/jam di dalam 3 detik. Bila diperkirakan roket bergerak menurut garis lurus selama waktu tersebut. Hitunglah percepatan rata-rata di dalam m/dt^2 , hitung juga jarak tempuhnya.
4. Sebuah bus massanya 10 ton mencapai kecepatan 65 km/jam di dalam 20 detik dari keadaan diam. Bus tersebut menempuh jarak tertentu pada kecepatan tersebut, kemudian diberhentikan di dalam jarak 120 meter. Hitung :
 - a. momentum pada kecepatan 65 km/jam,
 - b. percepatan dan gaya pengereman yang dibutuhkan.
5. Sebuah kereta api bermassa 165 ton berjalan dengan kecepatan 75 km/jam. Hitung:
 - a. momentum kereta api,

- b. gaya yang dibutuhkan untuk mengurangi kecepatannya menjadi 30 km/jam dalam waktu 15 detik.
6. Sebuah benda bermassa 4 kg, bergerak dengan kecepatan 9 m/dt selama 10 detik, kemudian arah gerakannya berubah 30° dari keadaan semula disebabkan oleh sebuah gaya, mengakibatkan kecepatannya berubah menjadi 12 m/dt. Hitung :
 - a. percepatan benda tersebut,
 - b. besar dan arah gaya konstan yang dihasilkan percepatan.
7. Hitung momentum yang dihasilkan, apabila gaya sebesar 50 kN bekerja pada benda selama 5 detik. Hitung pula kecepatan yang terjadi, apabila benda tersebut mempunyai muatan 200 kg.
8. Lori A bermassa 4 Mg berjalan dengan kecepatan 18 m/dt di belakang lori B yang massanya 6 Mg dengan kecepatan 7 m/dt pada arah yang sama. Hitung :
 - a. waktu yang diperlukan lori A untuk menabrak lori B,
 - b. momentum setiap lori sebelum tumbukan.
 - c. kecepatan akhir setelah tumbukan, jika diperkirakan kedua lori bergerak bersama.
9. Sebuah palu mempunyai massa 1 kg dan bergerak dengan kecepatan 12 m/dt, memukul sebuah benda, setelah 0,009 detik benda tersebut berhenti. Hitung gaya rata-rata pukulan.
10. Sebuah mobil A bermassa 1,8 Mg berjalan ke arah utara dengan kecepatan 50 km/jam, kemudian mobil tersebut menabrak mobil B yang massanya 2,4 Mg yang bergerak ke arah selatan dengan kecepatan 20 km/jam. Hitung besar dan arah kecepatan, bila keduanya bergerak bersama-sama sesudah tumbukan.

BAB 3

USAHA, ENERGI DAN DAYA

3. 1. Usaha

Pada kehidupan sehari-hari untuk mencapai tujuan diperlukan suatu usaha, begitu juga di dalam ilmu fisika dikenal istilah usaha. Usaha yang dimaksud tersebut adalah pengaruh gaya luar terhadap suatu benda, akibatnya benda tersebut berpindah yang sejaris kerja dengan gaya yang diberikan (Beiser, 1964 :85).

3. 1. 1. Besaran Usaha

Jika sebuah benda bergerak sejauh s meter akibat pengaruh gaya F yang bekerja pada benda tersebut, maka usaha yang dilakukan (lihat Gambar 3.1a) adalah:

$$W = F \cdot s \quad , \quad (3.1)$$

dengan : W = usaha,

F = gaya (newton),

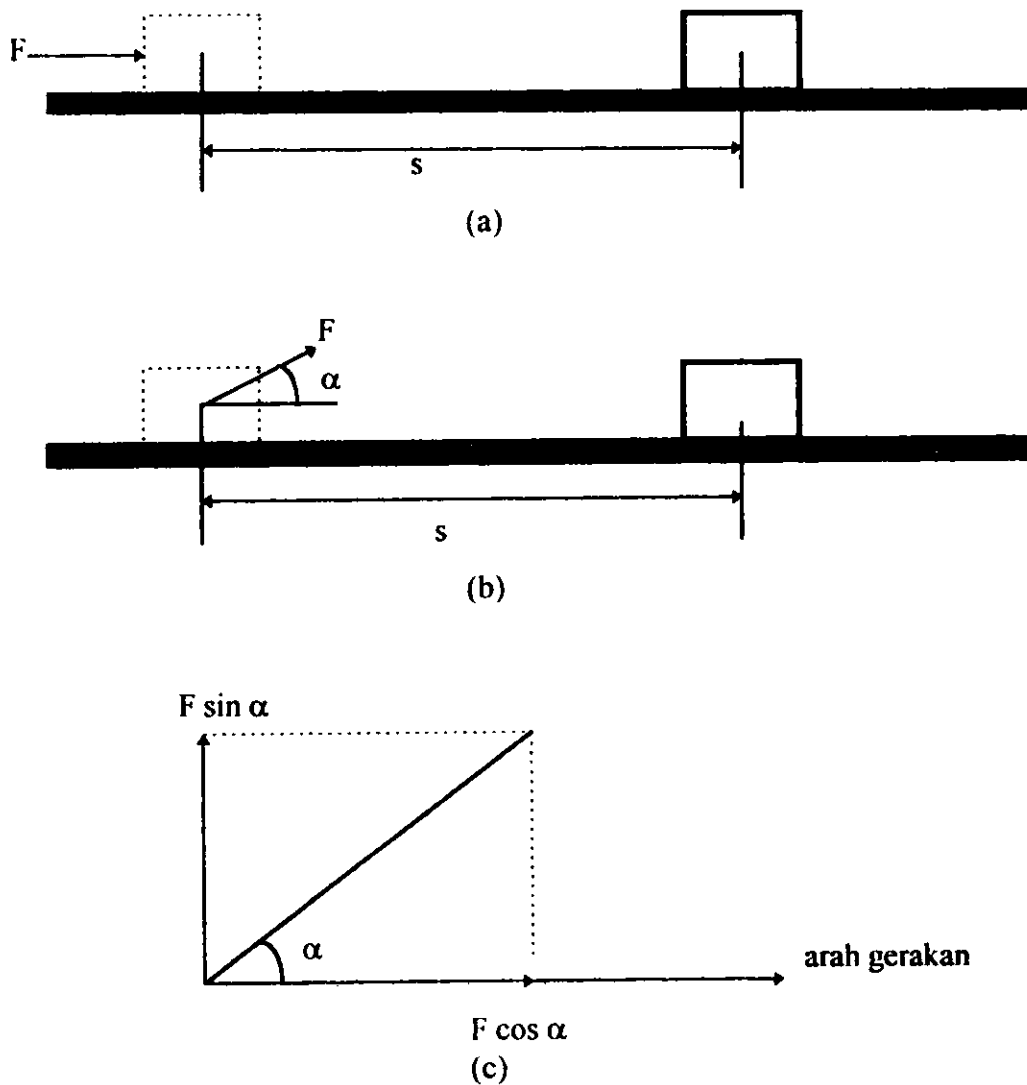
s = perpindahan (meter).

Apabila gaya yang bekerja membuat sudut α terhadap arah gerakan benda, maka besar usaha yang terjadi adalah (lihat Gambar 3.1b) dengan menguraikan komponen gaya F pada arah gerakan benda (lihat Gambar 3.1c), yaitu $F \cos \alpha$, diperoleh:

$$W = F \cos \alpha \cdot s \quad , \quad (3.2)$$

dengan : α = sudut yang dibentuk antara gaya F dengan arah perpindahan s .

Kemudian komponen gaya $F \sin \alpha$ yang arah tegak lurus terhadap arah gerakan , sejauh tidak ada gerakan kearah tersebut, maka tidak ada usaha yang dilakukan.



Gambar 3. 1. (a) Gaya F sejajar dengan arah perpindahan, (b) Gaya F membuat sudut terhadap arah perpindahan dan (c) Arah gerakan.

3. 1. 2. Satuan Usaha

Satuan usaha adalah Joule yang disimbulkan dengan J , harga tersebut diperoleh dari :

$$W = F \cos \alpha \cdot s \quad , \quad (3.3)$$

dengan : $F = \text{Newton (N)}$,

$s = \text{meter}$,

$W = \text{Newton} \cdot \text{meter} = \text{Nm (Joule)}$.

Harga satu Joule didefinisikan sebagai hasil kali gaya F yang bekerja sebesar 1 N dan menyebabkan benda berpindah sejauh 1 meter dari posisi semula (Nelkon, 1977 : 55). Jadi harga satu Joule = 1 N . 1 m = 1 Nm (Joule).

3. 1. 3. Usaha Variabel

Benda berpindah sejauh s disebabkan gaya variabel atau berubah-ubah, jika gaya F membentuk sudut α terhadap jarak s , maka usaha yang dilakukan adalah dW yang dirumuskan sebagai berikut:

$$dW = F \cos \alpha \cdot ds \quad , \quad (3.4)$$

dengan : $dW = \text{perubahan usaha yang terjadi (Joule)}$,

$F = \text{gaya yang diberikan (Newton)}$,

$ds = \text{perubahan jarak (meter)}$.

Usaha yang terjadi dari titik awal A dan titik akhir B adalah jumlah kontinu yang dapat ditulis sebagai integral (Soetrisno, 1978 : 109), yaitu:

$$W_{AB} = \int_A^B F \cos \alpha ds \quad . \quad (3.5)$$

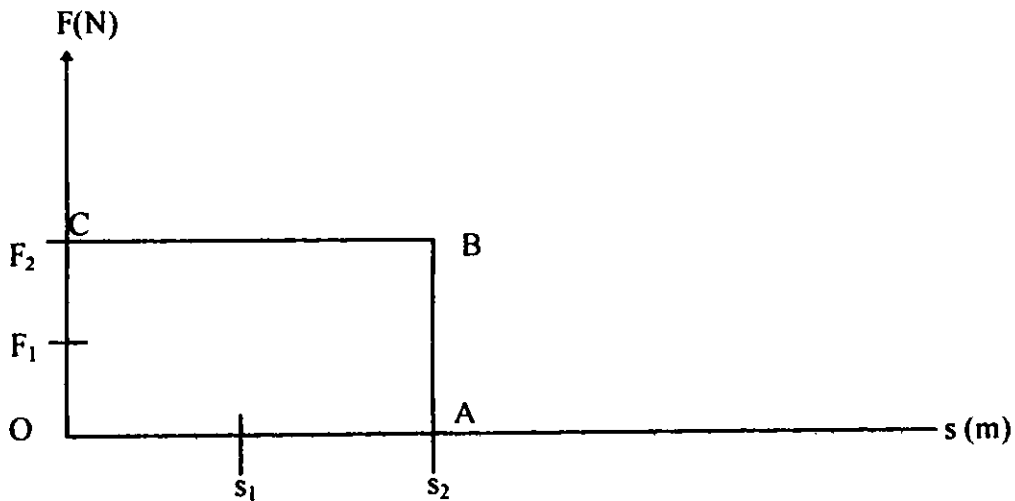
Jika gaya F searah dengan perpindahan s , maka

$$W_{AB} = \int_A^B F ds \quad . \quad (3.6)$$

Persamaan ini menyatakan bahwa usaha yang dilakukan oleh gaya W_{AB} di dalam perpindahan dari A ke B sama dengan luas bagian luar antara A dan B .

3. 1. 4. Grafik

Gaya F yang dilakukan di dalam memindahkan benda sejauh s dapat dilukiskan dalam bentuk grafik Gaya F vs perpindahan s , misalnya benda bergerak sejauh s akibat pengaruh gaya F , maka usaha adalah :



Gambar 3. 2. Grafik gaya F vs perpindahan s.

Luas segi empat OABC (lihat Gambar 3.2), yaitu:

$$\begin{aligned} \text{OABC} &= \text{OA} \cdot \text{OC}, \\ &= F_2 \cdot s_2, \end{aligned}$$

jadi usaha yang dilakukan sama dengan luas bidang segi empat OABC, yaitu :

$$W = F \cdot s \text{ (Joule)} \quad (3.7)$$

Apabila pertambahan jaraknya atau perpindahan berbanding lurus dengan besarnya gaya yang bekerja, maka usaha yang dilakukan, merupakan sebuah bidang segitiga (lihat Gambar 3.3), yaitu:

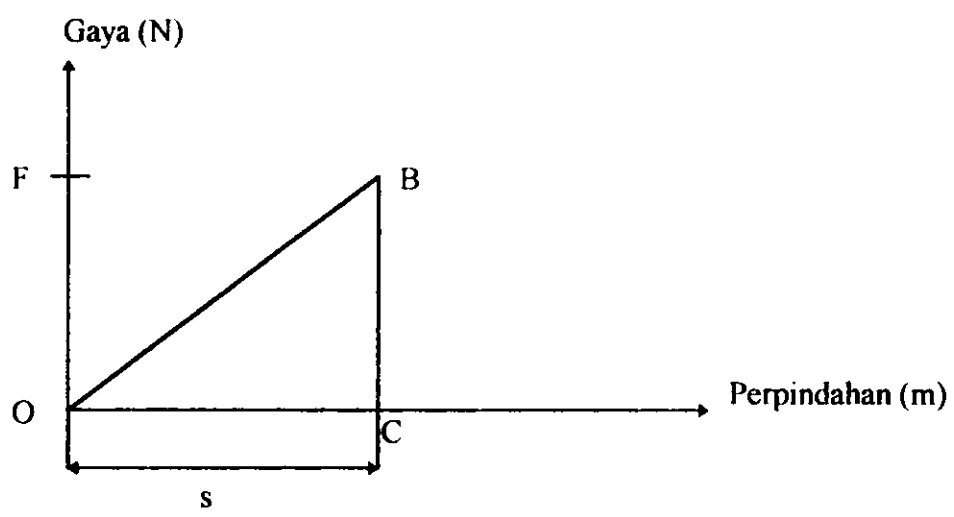
$$\begin{aligned} \text{Luas segitiga OBC} &= 1/2 \cdot \text{OC} \cdot \text{BC}, \\ &= 1/2 \cdot F \cdot s, \end{aligned}$$

jadi usaha dilakukan adalah :

$$W = 1/2 \cdot F \cdot s \text{ (Joule)} \quad (3.8)$$

KI
17 531.11
HEN
dy

841/K197-d, (2)



Gambar 3. 3. Grafik F vs s berbentuk segitiga.

3. 1. 5. Contoh-Contoh Soal

1. Hitunglah besar usaha yang dilakukan gaya 80 N setelah berpindah sejauh 12 m.

Penyelesaian:

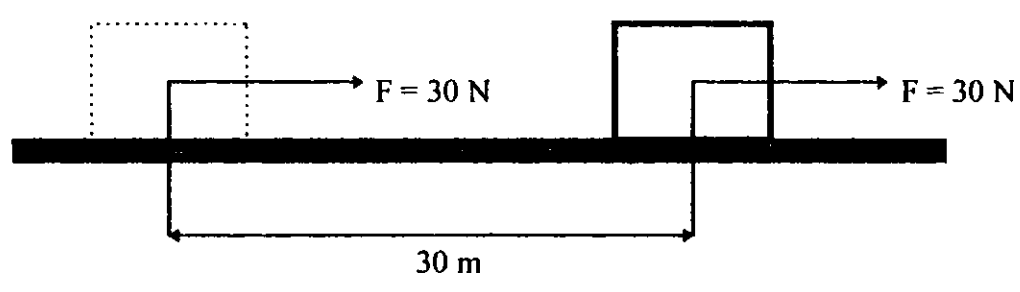
$$\begin{aligned} \text{Usaha (W)} &= F \cdot s, \\ W &= 80 \cdot 12, \\ &= 960 \text{ Joule.} \end{aligned}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

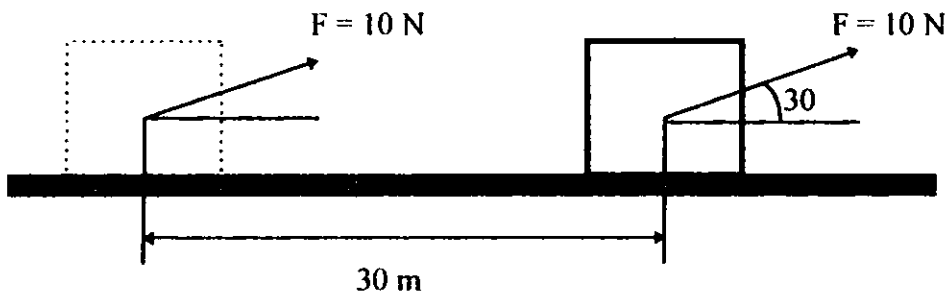
Jadi usaha yang dilakukan sama dengan 960 Joule.

2. Diketahui gaya yang bekerja, seperti pada Gambar 3.4 dan 3.5.

Hitunglah : a. Usaha pada Gambar 3.4 dan b. Usaha pada Gambar 3.5



Gambar 3. 4. Gaya F dan arah perpindahan sejajar.



Gambar 3. 5. Gaya F membentuk sudut dengan arah perpindahan.

Penyelesaian :

a. Usaha (W) = F . s

$$= 10 \cdot 30 = 300 \text{ Joule}$$

b. Usaha (W) = F cos 30 . s

$$= 10 \cdot 0,866 \cdot 30 = 259,8 \text{ Joule}$$

3. Gaya sebesar 600 N dipergunakan oleh Usman untuk mendorong sebuah peti, sehingga peti bergerak sejauh 2 meter. Hitunglah besar usaha, bila kondisi gaya dan perpindahan seperti berikut:

- sejajar,
- tegak lurus,
- berlawanan arah.

Penyelesaian:

a. Bila F sejajar dengan s, maka $\cos 0 = 1$,

$$W = F \cos 0 \cdot s ,$$

$$= 600 \cdot 1 \cdot 2,$$

$$= 1200 \text{ Joule},$$

$$= 1,2 \text{ KJ}.$$

b. Bila F tegak lurus terhadap s , maka $\cos 90 = 0$,

$$\begin{aligned} W &= 600 \cdot 0 \cdot 2, \\ &= 0. \end{aligned}$$

c. Bila F berlawanan arah dengan s , maka $\cos 180 = -1$

$$\begin{aligned} W &= F \cos 180 \cdot s, \\ &= 600 \cdot (-1) \cdot 2, \\ &= -1200 \text{ Joule}, \\ &= -1,2 \text{ kJ}, \end{aligned}$$

peti memindahkan Usman sejauh 2 meter.

4. Hitunglah kerja usaha dalam kJ, jika sebuah mobil bermassa 1,5 kg diangkat setinggi 3 meter dengan Hidrolik.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Berat mobil} &= 1500 \cdot 9,81, \\ &= 14715 \text{ N}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Usaha (W)} &= F \cdot S, \\ &= 14715 \cdot 3, \\ &= 44145 \text{ Joule}, \\ &= 44,145 \text{ kJ} \end{aligned}$$

5. Jika sebuah 3 N bekerja pada suatu benda, sehingga benda tersebut dapat berpindah sejauh 12 m searah dengan gaya. Hitunglah usaha yang dilakukan, terhadap benda tersebut.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Usaha (W)} &= F \cdot s, \\ &= 3 \cdot 12, \\ &= 36 \text{ Joule}. \end{aligned}$$

6. Jika sebuah mesin memberikan gaya sebesar 5000 N, untuk menarik kereta api sejauh 100 meter. Hitunglah usaha mesin tersebut (Joule).

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Usaha (W)} &= \text{ gaya F . perpindahan s} \\ &= 5000 \cdot 100, \\ &= 500000 \text{ Joule,} \\ &= 500 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

7. Sebuah Pile Driver mengangkat benda seberat 660 N setinggi 20 meter. Hitunglah usaha yang dilakukan alat tersebut.

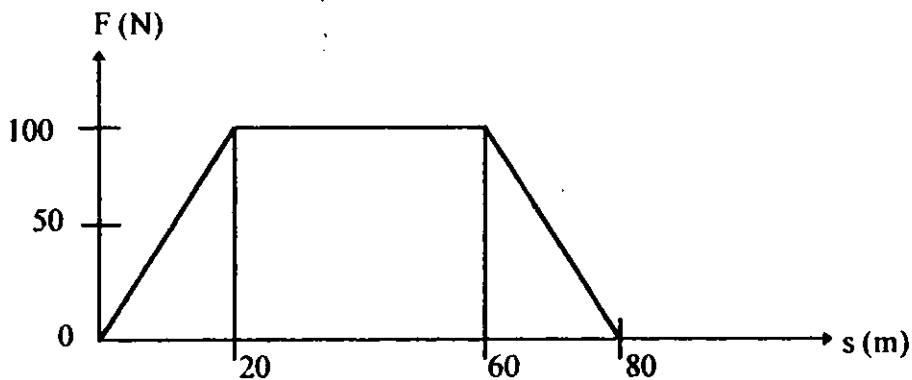
Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Usaha (W)} &= \text{ gaya F . perpindahan s} \\ &= 660 \cdot 20, \\ &= 13200 \text{ Joule,} \\ &= 13,2 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

8. Besar usaha yang terjadi pada Gambar 3.6 adalah:

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Usaha (W)} &= (1/2 \cdot 20 \cdot 100) + (40 \cdot 100) + (1/2 \cdot 100), \\ &= 1000 + 4000 + 1000, \\ &= 6000 \text{ Joule,} \\ &= 6 \text{ kJ.} \end{aligned}$$



Gambar 3. 6. Grafik gaya F vs perpindahan s.

9. Sebuah poros diameter 20 cm, diputar dengan gaya 5000 N sebanyak 200 putaran.
Hitunglah usaha dilakukan.

Penyelesaian:

$$\text{Usaha (W)} = F \cdot s,$$

dengan: $s = \theta \cdot r$ (gerak melingkar),

$$\theta = 2 \pi N,$$

dengan : $N =$ banyaknya putaran,

$$\begin{aligned} W &= 2 \pi r \cdot N \cdot F, \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot 200 \cdot 5000, \\ &= 628000 \text{ Joule}, \\ &= 628 \text{ kJ} . \end{aligned}$$

3. 2. Energi

Energi merupakan kemampuan suatu benda untuk melakukan usaha atau dengan kata lain energi adalah usaha. Akhir-akhir ini kita banyak mendengar tentang krisis bahan bakar. Bahan bakar adalah sesuatu yang menyimpan energi, apabila dibakar bahan bakar tersebut diperoleh energi, selanjutnya dapat digunakan untuk menjalankan mesin pada suatu pabrik.

Sedangkan di dalam kehidupan sehari-hari pengertian energi dihubungkan dengan gerak. Seorang anak yang banyak bergerak dan berlari-lari, dikatakan anak tersebut penuh dengan energi. Energi juga dihubungkan dengan kerja, seorang yang mampu bekerja keras dikatakan mempunyai energi yang besar, tetapi yang kurang energi tampak lesu dan tidak kuat melakukan kerja.

Energi di alam adalah suatu besaran yang kekal. Energi hanya dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain, misalnya energi yang didapat dari pembakaran berubah menjadi energi gerak pada mobil. Perubahan bentuk energi ini disebut

taransformasi energi. Energi juga dapat dipindahkan dari satu benda ke benda yang lain atau lebih umum dari satu sistem ke sistem yang lainnya, perpindahan energi ini disebut transfer energi (Soetrisno, 1978 : 100).

3. 2. 1. Bentuk-Bentuk Energi

Bentuk-bentuk energi ini dapat dibagi atas dua kelompok besar, yaitu:

- a. Energi tersimpan (Energi Potensial),
- b. Energi gerak (Energi Kinetik).

Di dalam ilmu fisika kedua bentuk energi ini dapat pula dibagi atas bermacam-macam bentuk energi yang bergantung dari sumber energinya, yaitu:

a. Energi Kimiawi

Unsur kimia yang ada pada bahan bakar merupakan energi potensial yang akan melakukan reaksi secara cepat dengan oksigen (O_2), kemudian hasil reaksinya membentuk energi kinetik yang berbentuk energi panas.

b. Energi Nuklir

Bentuk energi nuklir merupakan energi potensial yang tersimpan di dalam inti atom, misalnya atom uranium yang sangat kecil mengalami proses pemecahan inti-inti menjadi partikel-partikel yang sangat kecil, sehingga energi dapat dilepaskan. Hal ini disebabkan inti atom yang baru terbentuk akan mempunyai massa yang lebih kecil dari inti uranium mula-mula.

Perbedaan massa ini menurut Einstein akan diubah menjadi sejumlah energi E, yaitu:

$$E = m \cdot C^2 \quad (3.9)$$

dengan: C = kecepatan cahaya $\approx 3 \cdot 10^8$ m/dt²,

m = massa inti atom (kg).

Energi yang dilepaskan merupakan energi kinetik yang dapat menjadi energi penghancur yang kuat.

c. Energi Panas

Reaksi kimia dari unsur bahan bakar dengan oksigen akan menghasilkan energi kinetik yang berbentuk energi panas. Kemudian energi panas ini dapat pula diubah menjadi energi listrik, mekanik dan lain-lain.

d. Energi Listrik

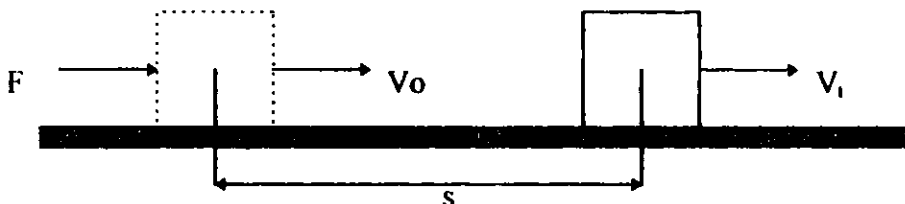
Energi listrik ini dapat diperoleh, misalnya: energi kimia yang tersimpan dalam baterai (accu), energi mekanik melalui generator listrik dan lain-lain.

e. Energi Mekanik

Energi ini merupakan pejumlahan energi potensial dan energi kinetik, dengan energi potensial dipengaruhi tempatnya (kedudukan), sedangkan energi kinetik dipengaruhi oleh kecepatan gerak benda tersebut.

3. 2. 2. Energi Kinetik

Energi kinetik dihasilkan oleh sebuah benda yang sedang bergerak dengan kecepatan tertentu, misalnya sebuah gaya F melakukan usaha pada sebuah benda yang bergerak pada lintasan tertentu (lihat Gambar 3.7).



Gambar 3. 7. Energi kinetik

Benda yang sedang bergerak tersebut mempunyai kecepatan pada waktu t ,
yaitu:

$$V_t^2 - V_0^2 = 2 a s \quad (3.10)$$

dengan V_t = kecepatan pada waktu t ,

V_0 = kecepatan mula-mula,

a = percepatan benda,

Kemudian persamaan (3.10), diubah bentuk menjadi, yaitu:

$$a = \frac{V_t^2 - V_0^2}{2s} \quad (3.11)$$

sedangkan gaya F tersebut mempunyai hubungan dengan percepatan dan massa,
yaitu:

$$F = m \cdot a \quad (3.12)$$

persamaan (3.11) dieliminasi ke persamaan (3.12), diperoleh :

$$F = m \cdot \left(\frac{V_t^2 - V_0^2}{2s} \right)$$

$$F \cdot s = 1/2 \cdot m (V_t^2 - V_0^2),$$

$$W = 1/2 \cdot m \cdot V_t^2 - 1/2 \cdot m \cdot V_0^2 \quad (3.13)$$

besaran $(1/2 \cdot m \cdot V^2)$ dinamakan energi kinetik (E_k), maka bentuk persamaan energi kinetik, yaitu:

$$E_k = 1/2 \cdot m \cdot V^2 \text{ (Joule)} \quad (3.14)$$

Energi kinetik sebuah benda berbanding lurus dengan massa dan kuadrat kecepatannya.

Jika : $1/2 \cdot m \cdot V_t^2$ = Energi kinetik pada keadaan akhir,

$1/2 \cdot m \cdot V_0^2$ = Energi kinetik pada keadaan awal,

$F \cdot s$ = Usaha yang dilakukan atau usaha kinetik,

maka persamaan (3.13) dapat ditulis menjadi:

$$\text{Usaha kinetik (W)} = E_{kt} - E_{k_0} = \Delta E_k \quad (3.15)$$

Usaha yang dilakukan oleh suatu gaya F terhadap sebuah benda sama dengan perubahan energi kinetik dari benda tersebut.

3. 2. 3. Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda karena pengaruh tempatnya (kedudukan). Energi potensial juga disebut juga disebut energi diam, karena benda diampun dapat memiliki energi. Jadi energi potensial ini dipengaruhi oleh ketinggian dan grafitasi bumi (lihat Gambar 3.8).

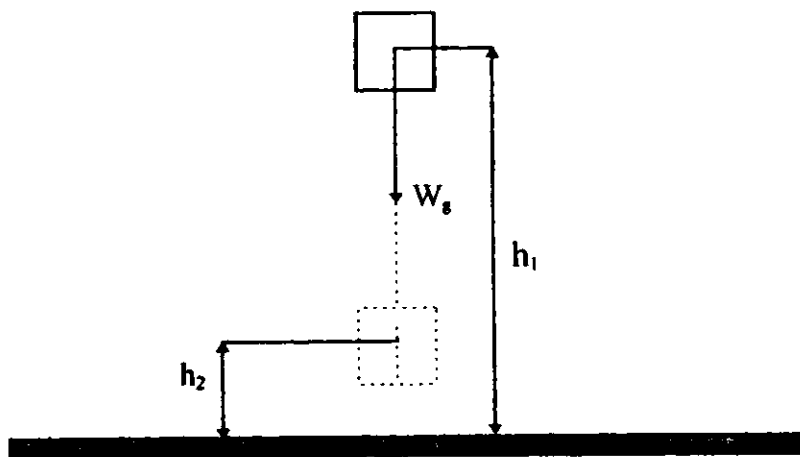
Pada Gambar 3.8 terlihat sebuah benda diletakkan ditempat setinggi h_1 dari tanah, kemudian dilepaskan, maka benda akan bergerak ke bawah. Untuk mencapai tempat setinggi h_2 , gaya berat (W_g) benda akan melakukan usaha:

$$W_g = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) , \quad (3.16)$$

$$W_g = -(m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1) \quad , \quad (3.17)$$

besaran $m \cdot g \cdot h$ dinamakan energi potensial (E_p) atau energi tempat.

Besarnya energi potensial tergantung dari percepatan grafitasi bumi (g) dan massa benda, yaitu:



Gambar 3. 8. Energi potensial

$$E_p = m \cdot g \cdot h, \quad (3.18)$$

dengan: m = massa benda,

g = percepatan gravitasi bumi,

h = ketinggian benda dari tanah.

Jika: $m \cdot g \cdot h_1$ = Energi potensial pada keadaan awal,

$m \cdot g \cdot h_2$ = Energi potensial pada keadaan akhir,

W_g = Usaha potensial,

maka persamaan (3. 18) dapat ditulis menjadi:

$$W_g = -(E_{p2} - E_{p1}) = \Delta E_p, \quad (3.19)$$

usaha yang dilakukan oleh gaya berat sebuah benda sama dengan perubahan energi potensial benda tersebut.

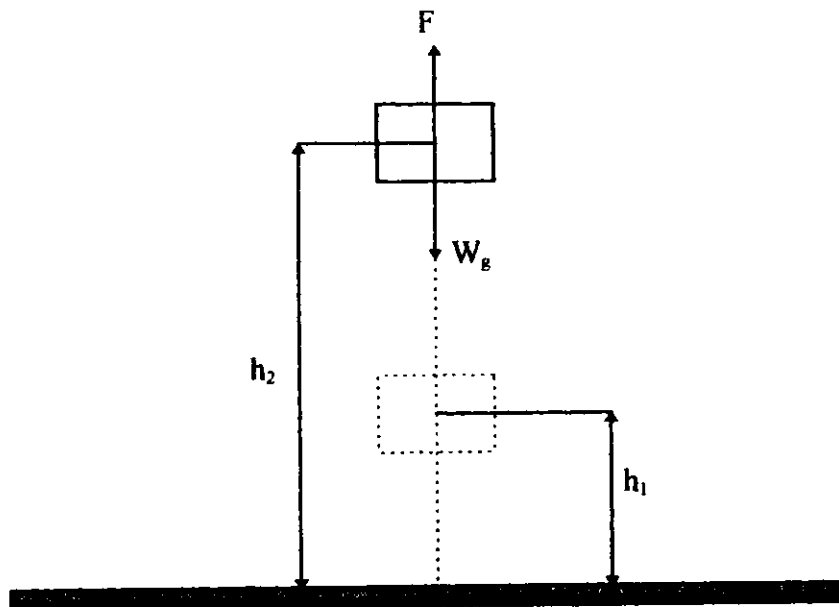
3. 2. 4. Hukum Kekekalan Energi

Jika sebuah benda bergerak sepanjang lintasan dibawah pengaruh gaya dari suatu titik dan sampai ketitik awal kembali, maka energi yang dipindahkan kepada benda sama dengan nol.

Pada Gambar 3.9, gaya F bekerja pada sebuah benda dengan massa m , sehingga benda tersebut bergerak dari ketinggian h_1 ke ketinggian h_2 , maka usaha (W) yang dilakukan oleh gaya F tersebut sama dengan jumlah perubahan energi kinetik dan perubahan energi potensial benda tersebut. Dapat dituliskan persamaannya, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Usaha (W)} &= (E_{k2} - E_{k1}) + (E_{p2} - E_{p1}), \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_1^2 \right) + (m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1), \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_2^2 + m \cdot g \cdot h_2 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 \right), \\ W &= (E_{k2} + E_{p2}) - (E_{k1} + E_{p1}), \end{aligned} \quad (3.20)$$

besaran $(\frac{1}{2} m v^2 + m \cdot g \cdot h)$ dinamakan energi mekanik.



Gambar 3. 9. Hukum kekekalan energi

Dari persamaan (3.20) dapat diambil suatu kesimpulan, bahwa usaha luar yang dilakukan terhadap suatu sistem sama dengan perubahan energi mekanik yang terjadi pada sistem tersebut.

Jika usaha luar (W) = 0, maka persamaan (3.20) menjadi:

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1} \quad (3.21)$$

Jadi energi total suatu benda adalah penjumlahan energi kinetik dan energi potensial yang konstan atau dengan kata lain penambahan energi kinetik sama dengan pengurangan energi potensial atau sebaliknya (Hukum Kekekalan Energi).

3. 2. 5. Contoh-Contoh Soal

1. Sebuah massa 20 kg dijatuhkan pada ketinggian 6 meter. Berapakah energi potensial (E_p) yang dihasilkan.

Penyelesaian :

$$\text{Energi potensial } (E_p) = m. g. h,$$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \cdot 9,81 \cdot 6, \\
 &= 1177,2 \text{ Joule}, \\
 &= 1,177 \text{ kJ},
 \end{aligned}$$

jadi energi potensial yang dihasilkan 1,177 kJ.

2. Sebuah balok mempunyai massa 0,4 ton bergerak di atas suatu permukaan horizontal tanpa gesekan dengan kecepatan 4 m/dt. Hitunglah energi kinetik yang dihasilkan.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Energi Kinetik (Ek)} &= 1/2 m V^2, \\
 &= 1/2 \cdot 400 \cdot 4^2, \\
 &= 3200 \text{ Joule}, \\
 &= 3,2 \text{ kJ},
 \end{aligned}$$

jadi energi yang dihasilkan 3,2 kJ.

3. Massa atomik ${}^3_1\text{H}$ = 3,016050 u. Hitung energi ikatnya.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Energi ikat } {}^3_1\text{H} &= - \text{massa (H)} + 1 \text{ massa proton} + 2 \text{ massa neutron.} \\
 &= - 3,016050 \text{ u} + 1,007825 \text{ u} + (2 \cdot 1,0086654 \text{ u}), \\
 &= 0,0091058 \text{ u}.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energi ikat} &= m \cdot C^2 \\
 &= 0,91058 \cdot 10^{-2} \cdot (1,66 \cdot 10^{-27}) \cdot (3 \cdot 10^8) \cdot (3 \cdot 10^8), \\
 &= 13,6 \cdot 10^{-13} \text{ Joule}.
 \end{aligned}$$

4. Seorang pemuda mempunyai massa 50 kg berlari dengan kecepatan 2 m/dt. Hitung energi kinetiknya.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Energi kinetiknya } (E_k) &= 1/2 \cdot m \cdot V^2, \\ &= 1/2 \cdot 50 \cdot 2^2, \\ &= 100 \text{ Joule,} \end{aligned}$$

jadi energi kinetiknya 100 Joule.

5. Sebuah poros mempunyai berat 80 N, diangkat setinggi 30 m.
Hitunglah energi potensial yang harus diberikan.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Energi potensial } (E_p) &= m \cdot g \cdot h, \text{ berat} = m \cdot g, \\ &= 80 \cdot 30, \\ &= 2400 \text{ Joule,} \\ &= 2,4 \text{ kJ,} \end{aligned}$$

jadi energi potensial yang harus diberikan 2,4 kJ.

6. Sebuah benda dengan massa 4 kg ditarik dengan gaya 10 N, sepanjang 25 meter, kecepatan awal (V_1) = 10 m/dt.

Hitunglah :

- Kecepatan akhir benda (V_2)
- Usaha yang dilakukan
- Perubahan energi kinetik yang terjadi.

Penyelesaian:

$$\text{Percepatan } (a) = \frac{\text{gaya}}{\text{massa}} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ m / dt}^2$$

- a. Kecepatan akhir (V_2) benda setelah menempuh jarak 25 m.

$$V_2^2 = V_1^2 + 2 \cdot a \cdot s$$

$$\begin{aligned}
 &= 10^2 + 2 \cdot 2,5 \cdot 25, \\
 &= 100 + 125, \\
 &= 225 \\
 V_2 &= \sqrt{225} \\
 &= 15 \text{ m/dt},
 \end{aligned}$$

jadi kecepatan akhir benda 15 m/dt.

$$\begin{aligned}
 \text{b. Usaha yang dilakukan (W)} &= \text{Gaya F} \cdot \text{perpindahan s}, \\
 &= 10 \cdot 25, \\
 &= 250 \text{ Joule},
 \end{aligned}$$

jadi usaha yang dilakukan 250 Joule.

c. Perubahan energi kinetik

$$\begin{aligned}
 \Delta E_k &= E_{k2} - E_{k1}, \\
 &= 1/2 \cdot m \cdot V_2^2 - 1/2 \cdot m \cdot V_1^2, \\
 &= 1/2 \cdot 4 \cdot 15^2 - 1/2 \cdot 4 \cdot 10^2, \\
 &= 450 - 200, \\
 &= 250 \text{ Joule}.
 \end{aligned}$$

terbukti bahwa usaha sama dengan perubahan energi kinetik.

7. Sebuah benda pada Gambar 3.10 dengan massa 8 kg, pada ketinggian $h_1 = 10$ m dari tanah, jatuh bebas sampai ketinggian $h_2 = 2$ m dari tanah.

Hitunglah :

- a. usaha potensial,
- b. usaha kinetik,
- c. usaha mekanik.

Penyelesaian:

a. Usaha potensial yang dilakukan benda sama dengan perubahan energi potensial, yaitu:

$$\begin{aligned} W_g &= -(E_{p2} - E_{p1}), \\ &= -(m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1), \\ &= -(8 \cdot 9,8 \cdot 2 - 8 \cdot 9,8 \cdot 10), \\ &= + 627,2 \text{ Joule}, \end{aligned}$$

tanda (+) menunjukkan terjadi pengurangan energi potensial.

b. Usaha kinetik sama dengan perubahan energi kinetik, yaitu:

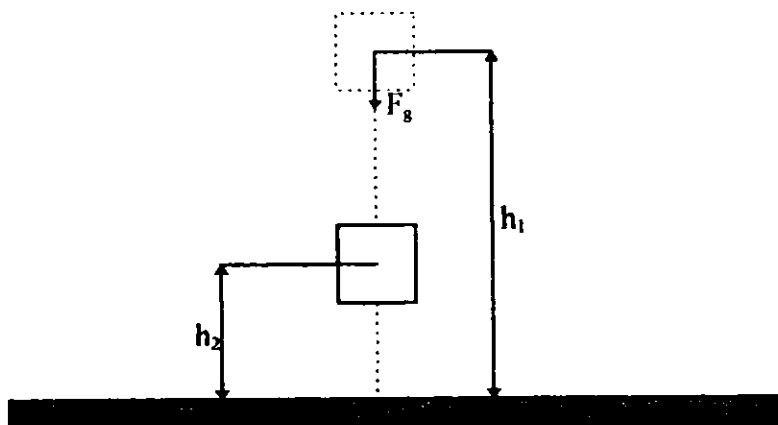
$$\begin{aligned} W &= 1/2 \cdot 8 \cdot (12,5)^2 - 0, \\ &= + 627,2 \text{ Joule}, \end{aligned}$$

tanda (+) menunjukkan terjadi penambahan energi kinetik.

c. Usaha mekanik sama dengan perubahan energi mekanik, yaitu:

$$\begin{aligned} W &= (E_{k2} + E_{p2}) - (E_{k1} + E_{p1}), \\ &= (627,2 + 156,8) - (0 + 784), \\ &= 0, \end{aligned}$$

terlihat perubahan energi mekanik sama dengan 0, berarti tidak ada usaha luar yang bekerja pada benda tersebut.



Gambar 3. 10. Benda jatuh bebas.

3.3. Daya

Di dalam mempelajari energi satu faktor lagi yang belum dibahas, yaitu waktu (t). Waktu tersebut diperlukan untuk melakukan usaha atau dengan kata lain berapa cepat pemindahan energi dari gaya ke benda.

Sekarang perhatikan sebuah mobil yang sedang berjalan dari kota A ke kota B, demikian juga dengan pendaki gunung memerlukan energi untuk menaklukkan puncak gunung yang ketinggian beribu-ribu kilo meter, perlatan mesin juga membutuhkan energi dengan kata lain hampir diseluruh lapangan pekerjaan membutuhkan energi. Bersarnya energi tersebut jika dibandingkan dengan lamanya aktivitas yang dilakukan disebut daya (P), yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya (P)} &= dw/dt, \\
 &= F. ds/dt, \\
 &= F. V, \\
 &= m . a. V ,
 \end{aligned}
 \tag{3.22}$$

dengan : m = massa benda (kg),

a = percepatan benda (m/dt^2),

V = kecepatan benda (m/dt).

atau,

$$P = W/t \tag{3.23}$$

dengan : W = usaha (Joule),

t = waktu (detik).

Di dalam sistem satuan Internasional (SI), satuan daya adalah Joule per detik (Watt), satuan ini diambil dari nama James Watt, yaitu orang yang menemukan motor Uap. Sedangkan di dalam satuan Inggris, satuan daya adalah $ft\text{-}lb/dt^2$, satuan ini terlalu kecil untuk pemakaian sehari-hari, sehingga orang menggunakan satuan yang

lebih besar, yaitu tenaga kuda (horse power = Hp). James Watt sendiri menyarankan daya yang diberikan seekor kuda sebagai satuan daya, yaitu:

$$1 \text{ Hp} = 746 \text{ Watt} = 0,746 \text{ kW.} \quad (3.24)$$

3. 3. 1. Effisiensi

Kalau energi listrik yang masuk kedalam suatu motor listrik 1000 Joule, sedangkan energi mekanik yang dihasilkan motor tersebut adalah 800 Joule, maka dikatakan motor tersebut mempunyai effisiensi, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi } (\eta) &= 800/1000 \cdot 100 \%, \\ &= 80 \%, \end{aligned}$$

jadi effisiensi adalah:

$$\text{Effisiensi } (\eta) = (\text{energi keluaran}) / (\text{energi masukan}) \cdot 100 \%. \quad (3.25)$$

3. 3. 2. Contoh Soal

1. Mesin bubut berputar 60 Rpm, membubut benda kerja berdiameter 150 mm. Gaya yang bekerja pada poros 2,4 kN. Hitunglah :

- a. Daya yang dibutuhkan motor setiap satu detik, jika kerugian atau effisiensi diabaikan,
- b. Daya yang diperlukan mesin, jika effisiensi 80 %.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{a. Usaha putar (W)} &= 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \cdot F, \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,15 \cdot 60/60 \cdot 2,4 \cdot 10^3, \\ &= 2260,8 \text{ Joule,} \end{aligned}$$

jadi daya setiap satu detik, adalah :

$$\begin{aligned} P &= W/t, \\ &= 2,26 \text{ kJ/1 dt,} \\ &= 2,26 \text{ kW.} \end{aligned}$$

b. Jika efisiensi 80 %, maka :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= \text{daya keluaran/daya masukan,} \\ \text{daya masukan} &= \text{daya keluaran} / \eta, \\ &= 2,26 \text{ kW} / 80 \%, \\ &= 2,26 \text{ kW} / 0,8, \\ &= 2,826 \text{ kW}, \end{aligned}$$

jadi daya yang diperlukan motor adalah 2,826 kW.

2. Sebuah mobil mempergunakan daya 100 Hp dan bergerak dengan kecepatan 36 km/jam. Berapa gaya dorongan mesin mobil tersebut.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} V &= 36 \text{ km/jam,} \\ &= 36000/3600, \\ &= 10 \text{ m/dt,} \\ P &= w/t, \\ &= F \cdot V, \\ F &= P/V, \\ &= 100 \cdot 746/10, \\ &= 7560 \text{ Newton} \\ &= 7,46 \text{ kN,} \end{aligned}$$

jadi gaya dorongan mesin mobil adalah 7,46 kN.

3. Sebuah kerek (*pulley*) dengan diameter 0,3 m (lihat Gambar 3.11), mengangkat benda dengan massa 50 kg dari ketinggian $h_1 = 2$ m sampai ketinggian $h_2 = 20$ m dari tanah, dengan kecepatan konstan 0,8 m/dt. Kerek digerakkan oleh sebuah motor dengan efisiensi 80 %. Hitunglah :

- a. usaha kinetik yang terjadi,
- b. usaha potensial yang terjadi,
- c. usaha yang dilakukan kerek,

- d. gaya putar yang terjadi pada kerek,
 e. daya yang diberikan motor pada kerek.

Penyelesaian :

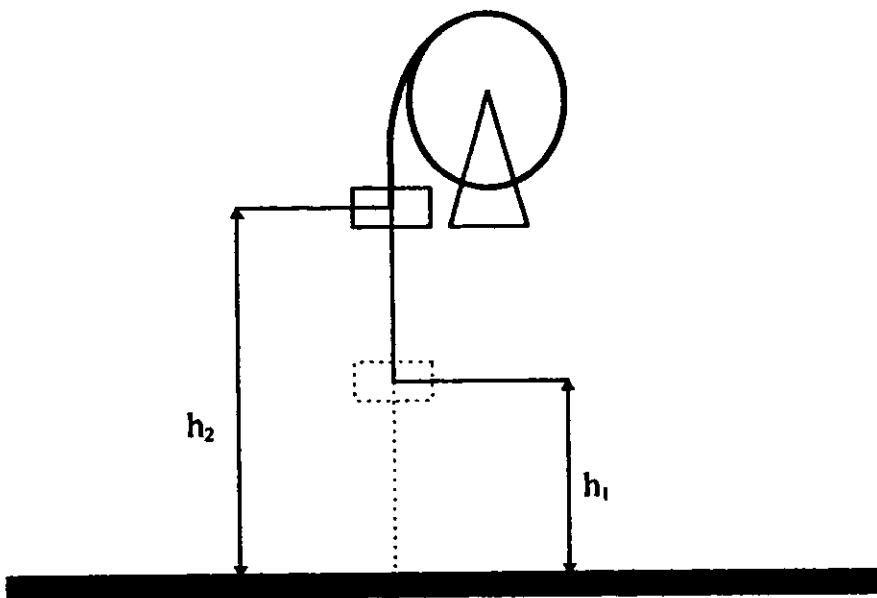
- a. Energi kinetik akhir sama dengan energi kinetik awal, karena kecepatan konstan,
 yaitu :

$$\begin{aligned} E_{k2} &= E_{k1} = 1/2 \cdot m \cdot V^2, \\ &= 1/2 \cdot 50 \cdot (0,8)^2, \\ &= 16 \text{ Joule}, \end{aligned}$$

jadi usaha kinetik sama dengan 0, karena tidak terjadi perubahan kecepatan.

- b. usaha potensial sama dengan perubahan energi potensial.

$$\begin{aligned} W_g &= -(E_{p2} - E_{p1}), \\ &= -(m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1), \end{aligned}$$



Gambar 3. 11. Kerek.

$$\begin{aligned}
 &= - (50 \cdot 9,8 \cdot 20 - 50 \cdot 9,8 \cdot 2), \\
 &= - 8820 \text{ Joule}, \\
 &= 8,82 \text{ kJ}.
 \end{aligned}$$

tanda (+) berarti terjadi penambahan energi potensial.

c. usaha (kerja) yang dilakukan kerek sama dengan perubahan energi mekanik.

$$\begin{aligned}
 W &= (E_{k2} - E_{k1}) + (E_{p2} - E_{p1}), \\
 &= 0 + (9800 - 980), \\
 &= 8820 \text{ Joule}. \\
 &= 8,82 \text{ kJ},
 \end{aligned}$$

jadi usaha sama dengan 8,82 kJ.

d. usaha yang dilakukan oleh putaran kerek (W) sama dengan gaya putar (F) dikali jarak tempuh ($h_2 - h_1$)

$$\begin{aligned}
 W &= F \cdot (h_2 - h_1), \\
 8820 &= F \cdot (20 - 2), \\
 F &= 8820/18, \\
 &= 490 \text{ N},
 \end{aligned}$$

jadi gaya putar yang terjadi pada kerek adalah 490 N.

e. daya yang dilakukan kerek

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n/60 \cdot F$$

$$2 \cdot \pi \cdot n/60 = \text{kecepatan tangensial kerek yang sama dengan kecepatan naik benda yaitu } 0,8 \text{ m/dt.}$$

maka $P = F \cdot V$,

$$\begin{aligned}
 &= 490 \cdot 0,8, \\
 &= 392 \text{ Watt}.
 \end{aligned}$$

sedangkan daya yang diberikan motor pada kerek.

$$\begin{aligned}
 \text{daya masukan} &= \text{daya keluaran/effisiensi} \\
 &= 392/0,8,
 \end{aligned}$$

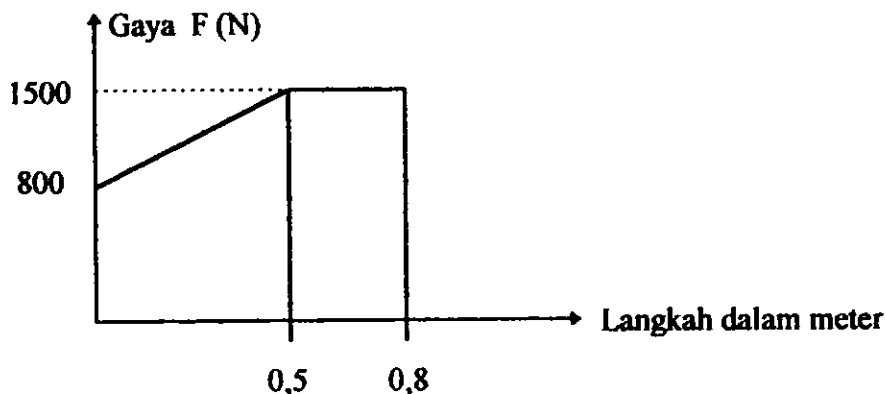
$$= 490 \text{ Watt,}$$

jadi daya yang diberikan motor pada kerek sama dengan 490 Watt.

jadi daya yang diberikan motor pada kerek sama dengan 490 Watt.

3. 4. Soal Latihan

1. Hitunglah besar usaha yang dilakukan gaya sebesar 100 Newton setelah berpindah sejauh 20 meter.
2. Sebuah benda yang massanya 20 kg dijatuhkan dari ketinggian 20 meter. Hitunglah usaha yang dilakukan.
3. Sebuah roda gila berdiameter 300 mm, diputar dengan gaya sebesar 500 N sebanyak 400 putaran. Hitunglah usaha yang dilakukan.
4. Gaya sebesar 10 N bekerja pada sebuah benda, sehingga benda tersebut dapat berpindahan sejauh 12 meter searah dengan arah gaya. Hitunglah usaha yang dilakukan.
5. Seseorang menarik kotak dengan berat 10 N sejauh 10 meter sepanjang permukaan horizontal dengan kecepatan konstan. Hitunglah besar usaha yang dilakukan pada kotak jika tarikan membuat sudut 45° terhadap bidang horizontal.
6. Gambar 3.12 memperlihatkan grafik usaha sebuah mesin penyayat. Hitunglah usaha mesin tersebut.



Gambar 3. 12. Grafik usaha dari mesin menyayat.