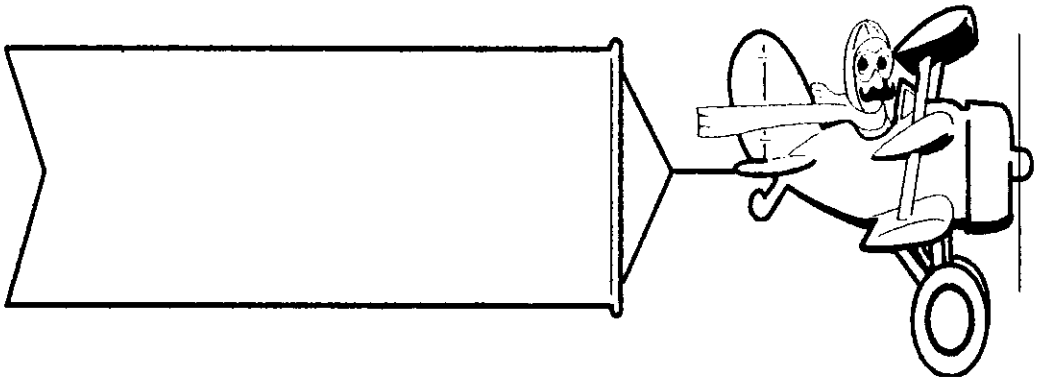
DINAMIKA

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



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 disebabkab 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, tarnsformasi energi dan transfer energi dan diakhiri dengan daya dan effisiensi. Bab 4, mengungkapkan proses tentang keadaan benda yang satu melakukan gaya pada benda yang lain, sejajar dengan permukaan singgung

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

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 hukun 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 dijalan 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.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

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 kg = 1000 gram,

1 Mg = 1000 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 :

$$M = m \cdot V, \qquad (2.1)$$

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_o ke V di dalam waktu t dengan gaya konstan, maka :

momentum mula-mula = $m \cdot V_o$, (2.2)

momentum akir = $m \cdot V$, (2.3)

perubahan momentum = (momentum akhir) - (momentum mula-mula),

= $(m \cdot V) - (m \cdot V_o)$,

bila waktu yang dibutuhkan t detik, diperoleh :

jumlah perubahan momentum = (perubahan momentum) / waktu

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

Dari hukum Newton kedua, yaitu :

$$F = \frac{m(V - V_o)}{t} \quad , \tag{2.5}$$

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

$$V = V_o + a.t \quad ,$$

$$a = (V - V_o)/t, \tag{2,6}$$

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

$$F = m \, . \, a \quad , \tag{2.7}$$

dengan : F = besar gaya (N),

a = percepatan benda,

m = massa benda.

2. 4. 2. Gaya Grafitasi

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 :

$$W = m. g, \tag{2.8}$$

dengan W = gaya berat (Newton),

m = massa benda (kg),

g = percepatan grafitasi (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 :

massa mobil = 2 Mg ,

= $2 . 10^3$ kg,

kecepatan awal = 27 . (5/18),

= 7,5 m/dt,

kecepatan akhir = 72 . (5/178),

= 20 m/dt,

waktu (t) = 28 detik

percepatan yang terjadi, yaitu :

$a = (V - V_o) / t,$

$= (20 - 7,5) / 28,$

$= 0,625 \text{ m/dt}^2,$

gaya yang dibutuhkan adalah :

$F = m . a,$

$= 2000 . 0,625,$

$= 1,25$ kN.

Jarak yang ditempuh adalah :

$$s = \left(\frac{V_o + V}{2}\right).t,$$

$$= \left(\frac{7,5 + 20}{2}\right).20,$$

= 275 meter.

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: $F = m.\ a$, maka :

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

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

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

Persamaan (2.9) dinamakan perubahan momentum atau Impuls, yang artinya mobil yang bermassa m kg bergerak dari titik A dengan awal V_o, setelah sampai di titk 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 :

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

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 :

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

Impuls A = -Impuls B,

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

$$m_A V_A' + m_B \cdot V_B' = m_A \cdot V_A + m_B \cdot V_B , \qquad (2.12)$$

persamaan (2.12) menunjukkan bahwa : "jumlah momentum sesudah tumbukan sama dengan jumlah momentum sebelum tumbukan", hal ini dimaksud dengan Hukum Kekekalan 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 :

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

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

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

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 :

$$m_A \cdot V_A + m_B \cdot V_B = m_A V_A' - m_B \cdot V_B' , \qquad (2.14)$$

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

$$e = -\frac{\left(V_A' - V_B'\right)}{V_A - V_B}, \qquad (2.15)$$

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 :

$m_1 = 200$ kg,

$m_2 = 1000$ kg,

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

$= \sqrt{2.9,8.3}$,

$= 58,8$ m/dt

$V_2 = 0$,

$m_1 . V_1 = (m_1 + m_2) . V_2$,

$V_1 = (11760) / (1200)$,

$= 9,8$ m/dt.

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 kecepatana 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 mempunayi 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. Hiyung besar dan arah kecepatan, bila keduanya bergerak bersama-sama sesudah tubrukan.

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 perpindah yang segaris 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:

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

dengan : W = usaha,

F = gaya (newton),

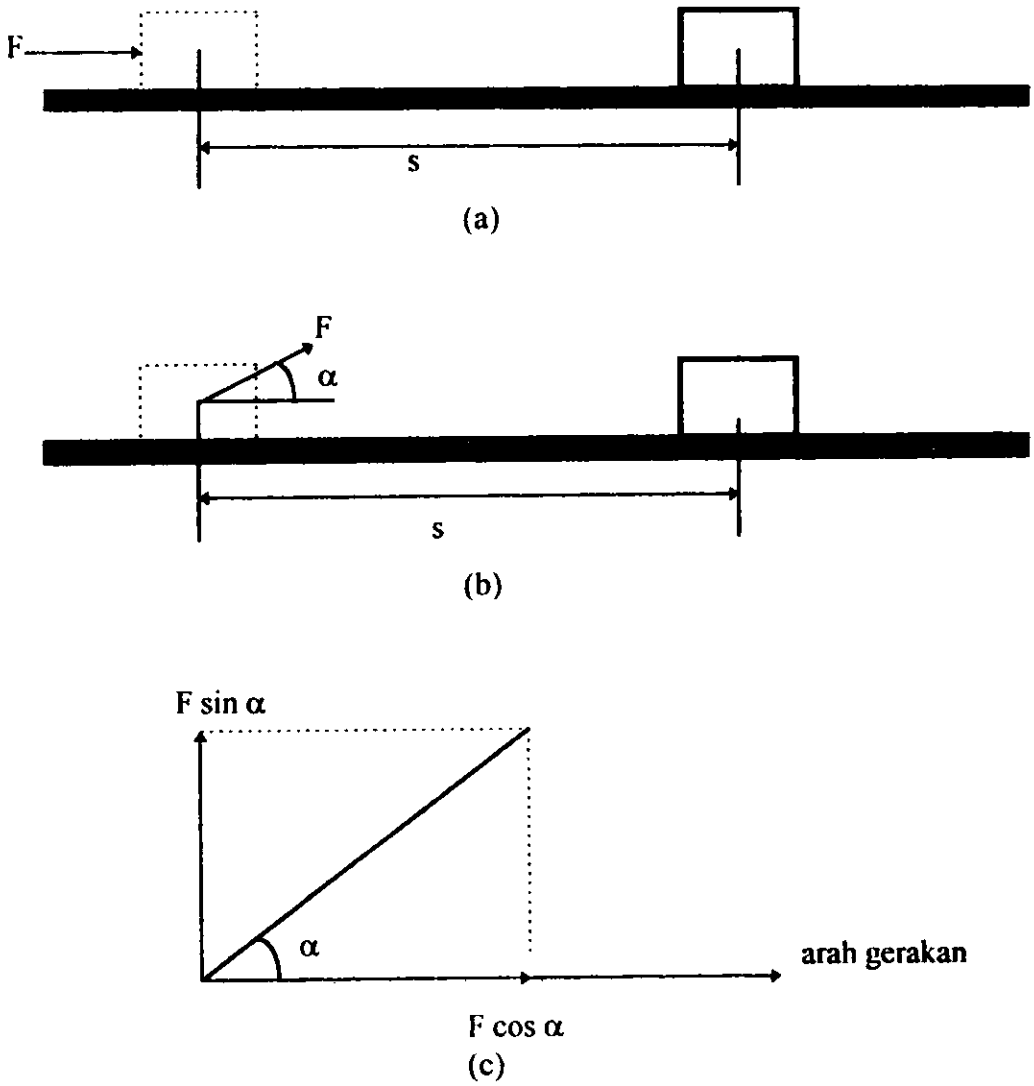
s = perpindahan (meter).

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 α, diperoleh:

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

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

Kemudian komponen gaya F sin α yang arah tegak lurus terhadap arah gerakan , sejauh tidak 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 :

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

dengan : F = Newton (N),

s = meter,

W = Newton . meter = Nm (Joule).

Harga satu Joule didefinisikan sebagai hasil kali gaya F yang bekerja sebesar 1 N dan menyebabkan benda perpindah 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 perpindah sejauh s disebabkan gaya variabel atau berubah-rubah, jika gaya F membentuk sudut α terhadap jarak s, maka usaha yang dilakukan adalah dW yang dirumuskan sebagai berikut:

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

dengan : dW = perubahan usaha yang terjadi (Joule),

F = gaya yang diberikan (Newton),

ds = 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:

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

Jika gaya F searah dengan perpindahan s, maka

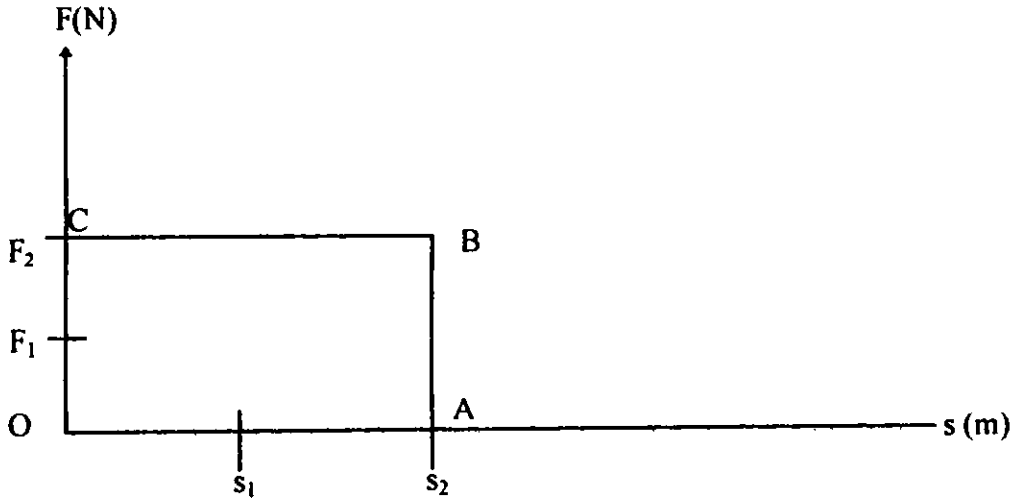
$$W_{AB} = \int_A^B F ds \quad . \qquad (3.6)$$

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 :

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG



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

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

$$OABC = OA \cdot OC,$$

$$= F_2 \cdot s_2,$$

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

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

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

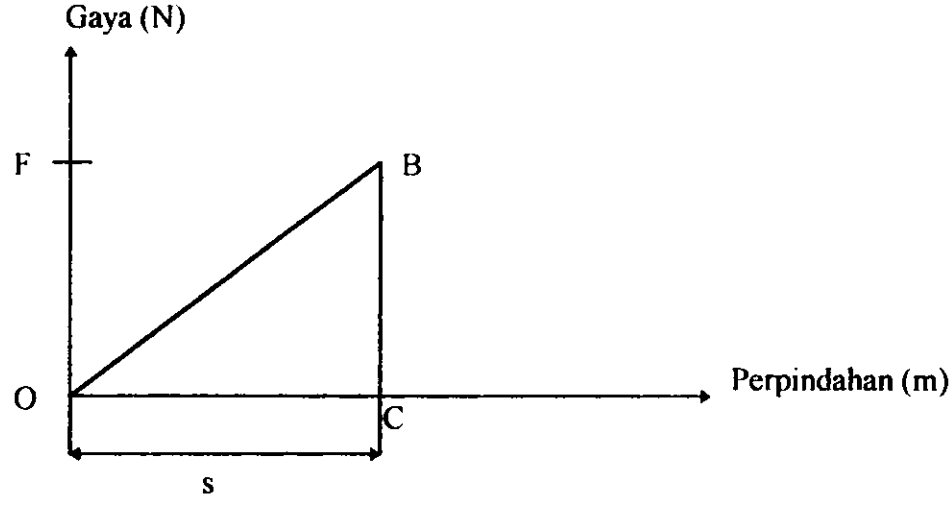
$$\text{Luas segitiga OBC} = 1/2 \cdot OC \cdot BC,$$

$$= 1/2 \cdot F \cdot S \quad ,$$

jadi usaha dilakukan adalah :

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

K/
17 531.11
HEN
841/K/97-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 perpindah sejauh 12 m.

Penyelesaian:

Usaha (W) = F . s ,

W = 80 . 12 ,

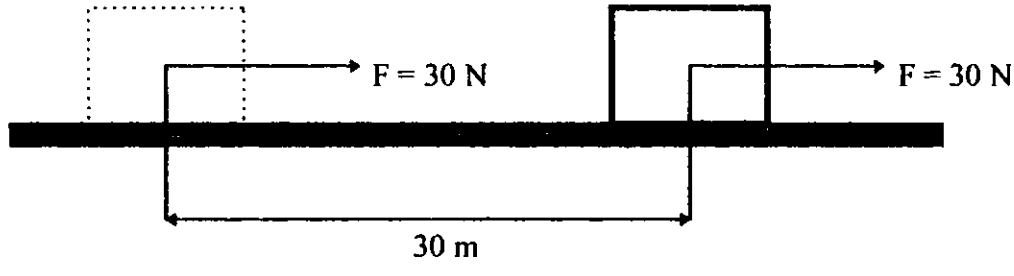
= 960 Joule.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

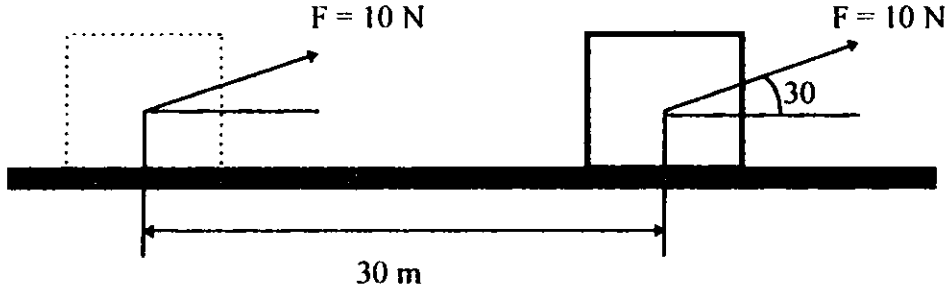
Jadi usaha yang dilakukan sama dengan 960 Joule.

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 . 30 = 300 Joule

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

= 10 . 0,866 . 30 = 259,8 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:

a. sejajar,

b. tegak lurus,

c. berlawanan arah.

Penyelesaian:

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

W = F cos 0 . s ,

= 600 . 1. 2,

= 1200 Joule,

= 1,2 KJ.

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

W = 600 . 0. 2,

= 0.

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

W = F cos 180. s,

= 600 . (-1). 2,

= -1200 Joule,

= -1,2 kJ,

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:

Berat mobil = 1500 . 9,81,

= 14715 N.

Usaha (W) = F . S,

= 14715 . 3,

= 44145 Joule,

= 44,145 kJ

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

Penyelesaian:

Usaha (W) = F . s,

= 3 . 12,

= 36 Joule.

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

Penyelesaian:

Usaha (W) = gaya F . perpindahan s

= 5000 . 100,

= 500000 Joule,

= 500 kJ.

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

Penyelesaian:

Usaha (W) = gaya F . perpindahan s

= 660 . 20,

= 13200 Joule,

= 13,2 kJ.

8. Besar usaha yang terjadi pada Gambar 3.6 adalah:

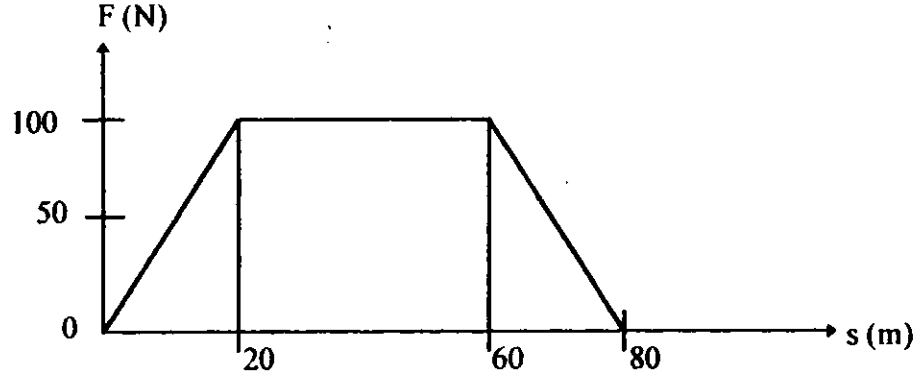
Penyelesaian:

Usaha (W) = (1/2 . 20 . 100) + (40 . 100) + (1/2 . 100),

= 1000 + 4000 + 1000,

= 6000 Joule,

= 6 kJ.



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.

Penyelesdaian:

Usaha (W) = F . s,

dengan: s = θ . r (gerak melingkar),

$\theta = 2 \tau N$,

dengan : N= banyaknya putaran,

W = 2 π r. N. F,

= 2 . 3,14 . 0,1 . 200 . 5000,

= 628000 Joule,

= 628 kJ .

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:

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

dengan: C = kecepatan cahaya $\approx 3 \cdot 10^8$ m/dt^2,

m = massa inti atom (kg).

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

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

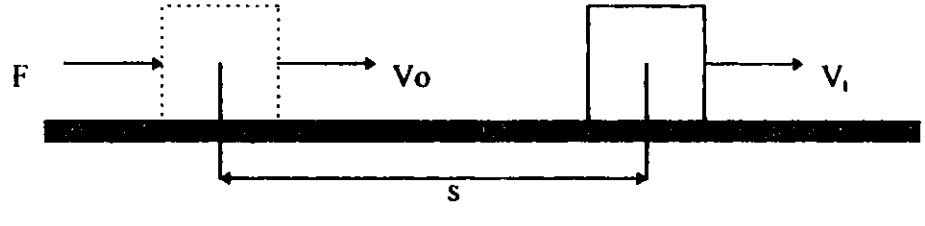
Energi listrik ini dapat diperoleh, misalnya: energi kimia yang tersimpan dalam bateray (accu), energi mekanik melalui generator listrik dan lain-lain.

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:

$$V_t^2 - V_0^2 = 2as \qquad (3.10)$$

dengan V_t = kecepatan pada waktu t,

V_o = kecepatan mula-mula,

a = percepatan benda,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$1/2 . m . V_o^2$ = Energi kinetik pada keadaan awal,

$F . s$ = Usaha yang dilakukan atau usaha kinetik,

maka persamaan (3.13) dapat ditulis menjadi:

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

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).

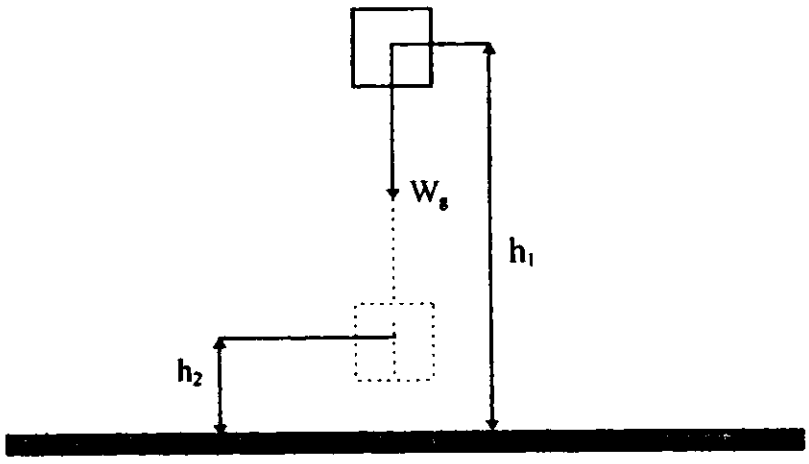
Pada Gambar 3.8 terlihat sebuah benda diletakkan ditempat setinggi h_1 dari tanah, kemudian dilepaskan, maka benda akan bergerak ke bawah. Untuk mencapai tempat setinggi h_2, gaya berat (W_g) benda akan melakukan usaha:

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

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

besaran m.g.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

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

dengan: m = massa benda,

g = percepatan grafitasi 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 keadan akhir,

W_g = Usaha potensial,

maka persamaan (3. 18) dapat ditulis menjadi:

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

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 ketingggian 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:

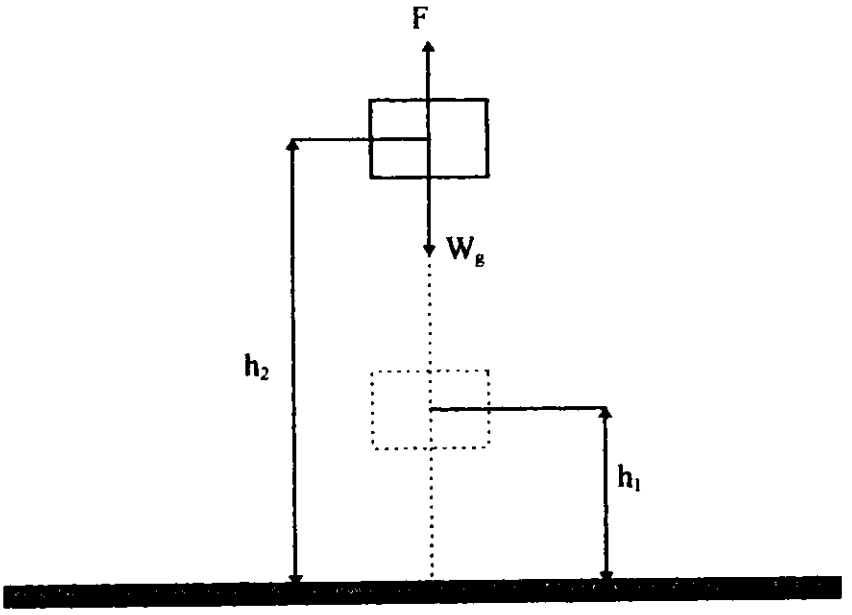
$$\text{Usaha (W)} = (E_{k2} - E_{k1}) + (E_{p2} - E_{p1}),$$

$$= \left(1/2.m.V_2^2 - 1/2.m.V_1^2\right) + (m.g.h_2 - m.g.h_1),$$

$$= \left(1/2.m.V_2^2 + m.g.h_2\right) - (1/2.m.V_1^2 + m.g.h_1),$$

$$W = (E_{k2} + E_{p2}) - (E_{k1} + E_{p1}) \quad , \qquad (3.20)$$

besaran ($1/2\ m\ v^2$ + m.g.h) dinamakan energi mekanik.



Gambar 3. 9. Hukum kekelan 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:

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

Jadi energi total suatu benda adalah penjumlahan energi kinetik dan energi potensial yang konstan atau dengan kata lain pertambahan 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 ketingggian 6 meter. Berapakah energi potensial (E_p) yang dihasilkan.

Penyelesaian :

Energi potensial (E_p) = m. g. h,

$= 20 \cdot 9{,}81 \cdot 6,$

$= 1177{,}2$ Joule,

$= 1{,}177$ kJ,

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:

Energi Kinetik (Ek) $= 1/2 \ m \ V^2,$

$= 1/2 \ . \ 400 \ . \ 4^2,$

$= 3200$ Joule,

$= 3{,}2$ kJ,

jadi energi yang dihasilkan 3,2 kJ.

3. Massa atomik ${}^3_1H$ = 3,016050 u. Hitung energi ikatnya.

Penyelesaian:

Energi ikat ${}^3_1H$ = - massa (H) + 1 massa proton + 2 massa neutron.

$= -3{,}016050 \text{ u} + 1{,}007825 \text{ u} + (2 \cdot 1{,}0086654 \text{ u}),$

$= 0{,}0091058$ u.

Energi ikat $= m \cdot C^2$

$= 0{,}91058 \cdot 10^{-2} \cdot (1{,}66 \cdot 10^{-27}) \cdot (3 \cdot 10^8) \cdot (3 \cdot 10^8),$

$= 13{,}6 \cdot 10^{-13}$ Joule.

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

Penyelesaian:

Energi kinetiknya (E_k) = $1/2 \cdot m \cdot V^2$,

= $1/2 \cdot 50 \cdot 2^2$,

= 100 Joule,

jadi energi kinetiknya 100 Joule.

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

Penyelesaian:

Energi potensial (E_p) = $m \cdot g \cdot h$, berat = $m \cdot g$,

= $80 \cdot 30$,

= 2400 Joule,

= 2,4 kJ,

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 :

a. Kecepatan akhir benda (V_2)
b. Usaha yang dilakukan
c. Perubahan energi kinetik yang terjadi.

Penyelesaian:

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

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

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

$= 10^2 + 2 \,.\, 2{,}5 \,.\, 25,$

$= 100 + 125,$

$= 225$

$V_2 = \sqrt{225}$

$= 15$ m/dt,

jadi kecepatan akhir benda 15 m/dt.

b. Usaha yang dilakukan (W) = Gaya F . perpindahan s,

$= 10 \,.\, 25,$

$= 250$ Joule,

jadi usaha yang dilakukan 250 Joule.

c. Perubahan energi kinetik

$\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1},$

$= 1/2 \,.\, m \,.\, V_2^2 - 1/2 \,.\, m \,.\, V_1^2,$

$= 1/2 \,.\, 4 \,.\, 15^2 - 1/2 \,.\, 4 \,.\, 10^2,$

$= 450 - 200,$

$= 250$ Joule.

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:

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

tanda (+) menunjukkan terjadi pengurangan energi potensial.

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

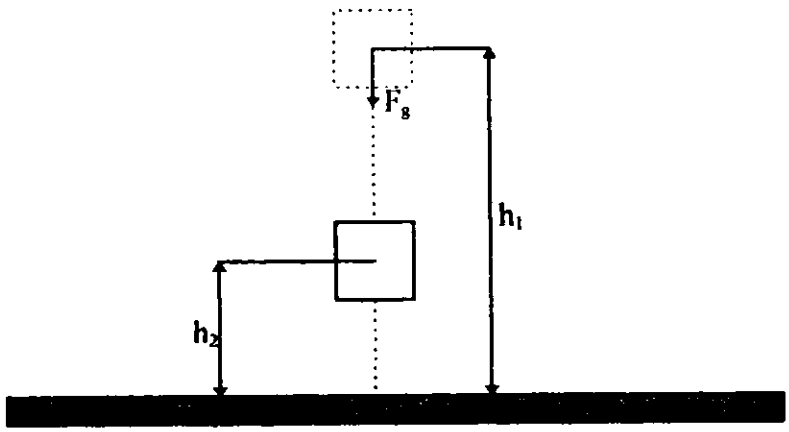
$$W = 1/2\ .\ 8.\ (12{,}5)^2 - 0,$$
$$= +\ 627{,}2 \text{ Joule},$$

tanda (+) menunjukkan terjadi penambahan energi kinetik.

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

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

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



Gambar 3. 10. Benda jatuh bebas.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

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, perelatan 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), satauan 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 Hp = 746 Watt = 0,746 kW. (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 :

Effisiensi (η) = 800/1000 . 100 %,

= 80 %,

jadi effisiensi adalah:

Effisiensi (η) = (energi keluaran) / (energi masukan) . 100 %. (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:

a. Usaha putar (W) = 2. π . r. n. F,

= 2. 3,14 .0,15 . 60/60. 2,4. 10^3,

= 2260,8 Joule,

jadi daya setiap satu detik, adalah :

P = W/t,

= 2,26 kJ/1 dt,

= 2,26 kW.

b. Jika effisiensi 80 %, maka :

Erffisiensi (η) = daya keluaran/daya masukan,

daya masukan = daya keluaran / η,

= 2,26 kW / 80 %,

= 2,26 kW / 0,8,

= 2,826 kW,

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.

Peneyelesaian :

V = 36 km/jam,

= 36000/3600,

= 10 m/dt,

P = w/t,

= F. V,

F = P/V,

= 100 . 746/10,

= 7560 Newton

= 7,46 kN,

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 effisiensi 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 :

$$E_{k2} = E_{k1} = 1/2 \,.\, m.\, V^2,$$

$$= 1/2.\ 50 \,.\, (0{,}8)^2,$$

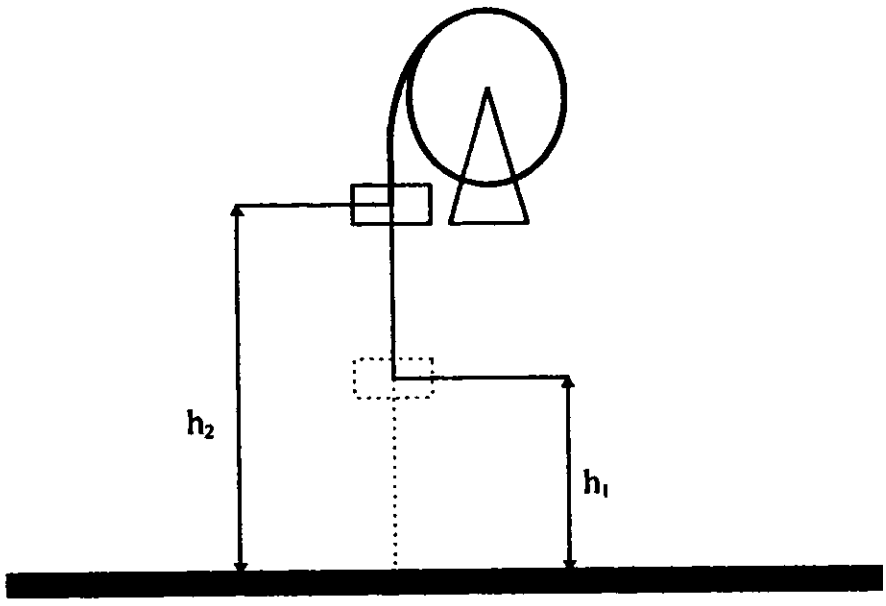
$$= 16 \text{ Joule},$$

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

b. usaha potensial sama dengan perubahan energi potensial.

$$W_g = -(E_{p2} - E_{p1}),$$

$$= -(m\,.\,g\,.\,h_2 - m\,.\,g\,.\,h_1),$$



Gambar 3. 11. Kerek.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

$= -(50 . 9{,}8 . 20 - 50 . 9{,}8 . 2),$

$= -8820$ Joule,

$= 8{,}82$ kJ.

tanda (+) berati terjadi penambahan energi potensial.

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

$W = (E_{k2} - E_{k1}) + (E_{p2} - E_{p2}),$

$= 0 + (9800 - 980),$

$= 8820$ Joule.

$= 8{,}82$ kJ,

jadi usaha sama dengan 8,82 kJ.

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

$W = F . (h_2 - h_1),$

$8820 = F . (20 - 2),$

$F = 8820/18,$

$= 490$ N,

jadi gaya putar yang terjadi pada kerek adalah 490 N.

e. daya yang dilakukan kerek

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

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

maka $P = F . V,$

$= 490 . 0{,}8,$

$= 392$ Watt.

sedangkan daya yang diberikan motor pada kerek.

daya masukan = daya keluaran/effisiensi

$= 392/0{,}8,$

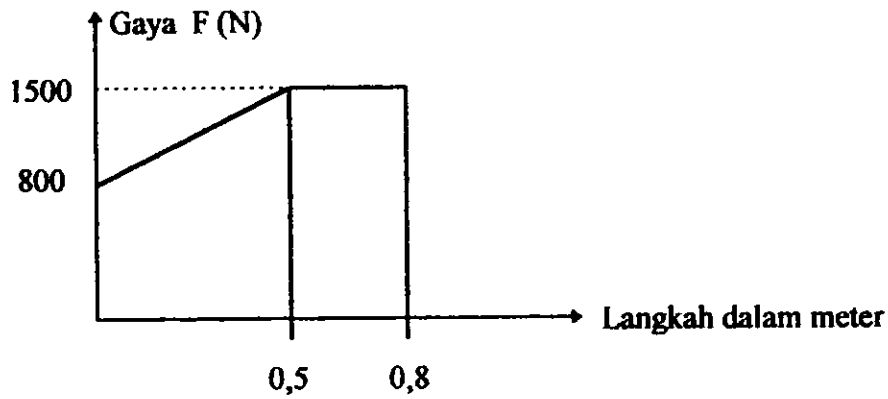
= 490 Watt,

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 jaka 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.

7. Sebuah mobil dengan massa 10 ton bergerak dengan kecepatan 30 km/jam dari keadaan diam, setelah 5 detik gigi dari mobil tersebut ditukar, sehingga pada 5 detik berikutnya kecepatannya menjadi 108 km/jam, kemudian mobil direm dan berhenti pada jarak 75 m. Hitunglah:

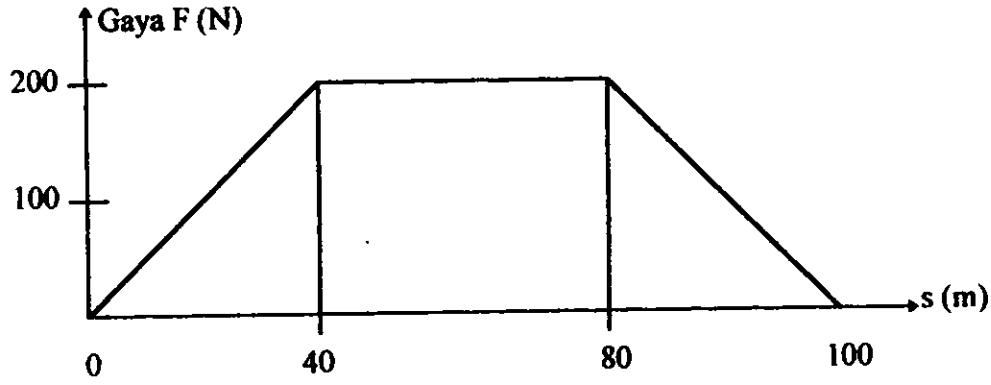
a. percepatan mobil pada setiap pertukaran gigi, b. perlambatan, dan c. Usaha yang dilakukan mobil.

8. Berapa kenaikan energi potensial sebuah benda yang massa 5 kg, apabila diangkat dari lantai keatas meja yang tingginya 1m ($g = 9{,}8$ m/dk^2).

9. Sebuah beban yang massanya 200 kg jatuh dari ketinggian 3 meter menimpa sebuah tiang pancang. Hitunglah energi potensial yang diterima tiang pancang ($g = 9{,}8$ m/dt^2).

10. Sebuah truk mempunyai massa 15 ton, bergerak diatas suatu permukaan horizontal dengan kecepatan 60 km/jam. Hitunglah energi kinetik yang dihasilkan truk.

11. Hitunglah besar usaha yang terjadi pada Gambar 3.13, yang memperlihatkan grafik antara gaya F dan perpindahan s.



Gambar 3. 13 Grafik gaya vs perpindahan s.

12. Sebuah peluru dengan massa 0,02 kg mempunyai kecepatan 500 m/dt. Hitunglah energi kinetik.
13. Air mancur Niagara mempunyai tinggi 50 m. Hitunglah energi potensial untuk 5 kg air dari puncak relatif terhadap bawahnya.
14. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 50 km/jam, bila pada kecepatan ini daya yang dihasilkan mobil adalah 80 Hp. Hitung gaya tarik mobil.
15. Mesin bubut berputar 80 Rpm membubut benda kerja berdiameter 100 mm. Gaya yang bekerja pada poros 3 kN.

    Hitunglah :

a. daya yang dibutuhkan motor setiap satu detik

b. daya yang diperlukan motor, jika Effisiensi 90 %.

16. Sebuah bus mempunyai massa 3 ton, kecepatannya berubah dari 18 km/jam menjadi 4,5 km/jam.

    Hitunglah :

a. energi kinetik bus yang hilang.

b. gaya yang terjadi oleh kehilngan energi kinetik dalam waktu 12 detik.

17. Sebuah generator digerakkan oleh turbin uap dan jumlah uap yang dibutuhkan rata-rata 10 kg setiap 1 detik. Tiap 1kg uap memiliki daya 1270 kw. Apabila effisiensi turbin 85 % dan effisiensi generator 96 %. Hitunglah daya pengeluaran
18. Sebuah *Skeping machine* dengan kecepatan potong 360 mm/dt, gaya potong 1,6 kN. Menggunakan elektrometer berkekuatan 0,8 kW. Hitung effisiensi skeping machine selama bekerja.
19. Sebuah balok massa 75 kg didorong sejauh 20 m diatas permukaan harizontal tanpa gesekan oleh gaya sebesar 28 N yang membentuk sudut 30° terhadap bidang horizontal, balok bergerak dari keadaan diam. Hitunglah: a. Percepatan balok., b. usaha yang dilakukan, c. kecepatan akhir, dan d. energi kinetik.

BAB 4

GAYA GESEKAN

Sebuah benda yang diluncurkan di atas suatu lantai yang rata dan horizontal kecepatan akan berkurang dan akhirnya berhenti. Jelas bahwa ada suatu gaya dalam arah horizontal yang bekerja pada benda dengan arahnya berlawanan terhadap gerak benda. Gaya ini adalah gaya gesekan yang bekerja pada benda yang disebabkan oleh lantai (Sutrisno, 1978 : 47).

Gaya gesekan ini juga terjadi pada kendaraan roda empat berjalan di atas aspal yang berpelumas tebal, kenyataanya menunjukan bahwa roda belakang mobil berputar dengan cepat namun mobil tidak bergerak. Dengan kejadian tersebut gaya gesekan antara ban mobil dengan jalan yang berpelumas menjadi sangat kecil, sehingga tidak cukup untuk membuat mobil bergerak. Dari keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa gaya gesekan antara ban mobil dengan permukaan jalan aspal memegang peranan agar mobil dapat bergerak.

Bila permukaan subuah benda meluncur di atas permukaan yang lain, maka masing-masing benda akan saling melakukan gaya gesekan yang sejajar dengan permukaan.

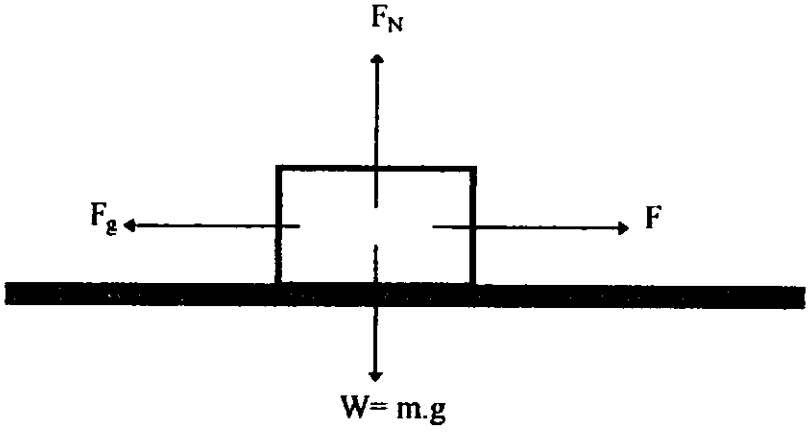
4. 1. Terjadinya Gesekan

Jika suatu benda diletakan pada permukaan yang kasar, kemudian benda tersebut ditarik dengan subuah gaya F, maka akan terjadi gaya lawan yang disebut dengan gaya gesekan. Besarnya gaya gesekan tergantung pada :

a. kekasaran permukaan,

b. reaksi normal antara permukaan,

untuk menentukan besar gaya gesekan tersebut (lihat Gambar 4.1).



Gambar 4. 1. Gaya gesekan

Jadi gaya gesekan adalah :

$$F_g = \mu \cdot F_N , \qquad (4.1)$$

dengan : μ = koefisien gesekan,

F_N = gaya normal yang besarnya sama dengan gaya berat.

Arah gaya gesekan selalu berlawann dengan arah gaya penyebabnya, bila:

$F_{tarik} < F_g$, tidak terjadi gerakan,

$F_{tarik} = F_g$, benda tepat akan bergerak,

$F_{tarik} > F_g$, benda bergerak.

Disaat gaya tarik F yang menyebabkan benda cenderung untuk bergerak, maka besar gaya tarik sama dengan besar gaya gesekan ($F = F_g$), sehingga koefisien gesekan statis maksimal dapat ditentukan dengan persaman berikut :

$$F_g = F = \mu \cdot F_N,$$

$$\mu = F_g / F_N , \qquad (4.2)$$

koefesien gesekan (μ) ada dua jenis :

1. koefisien gesekan statis (μ_s) dipergunakan bila benda dalam keadaan diam (statis).
2. koefesien gesekan kinetis (μ_k) dipergunakan bila benda dalam keadaan bergerak,

dari dua jenis koefisien gesekan tersebut mengakibatkan gaya gesekanpun ada dua jenis, yaitu gaya gesekan statis dan gaya gesekan kinetis:

Gaya gesekan statis (F_s) = μ_s . F_N ,

Gaya gesekan kinetis (F_k) = μ_k . F_N ,

dengan : $\mu_s \geq \mu_k$, sebab dalam keadaan bergerak koefesien gesekan antara benda dengan bidang akan menjadi lebih kecil.

4. 2. Sudut Gesekan

Gambar 4.2 memperhatikan sebuah benda dengan massa m yang bergerak dengan kecepatan yang sama sepanjang bidang datar. Pada benda bekeja dua buah gaya, yaitu gaya tarik dan gaya berat W.

Berat dari benda W mempunyai reaksi FN dan gaya tarik F mempunyai gaya gesekan F_g yang dihasilkan antara dua permukaan.

Gaya gesekan F_g dan F_N membentuk sebuah gaya resultante F_R, kemudian gaya F_R dengan gaya F_N membentuk sudut sebesar ϕ, sudut ini dinamakan sudut gesekan, yaitu:

$$tg\,\phi = F/F_N, \qquad (4.3)$$

dengan: ϕ = sudut antara F_N dan F_{reaksi}.

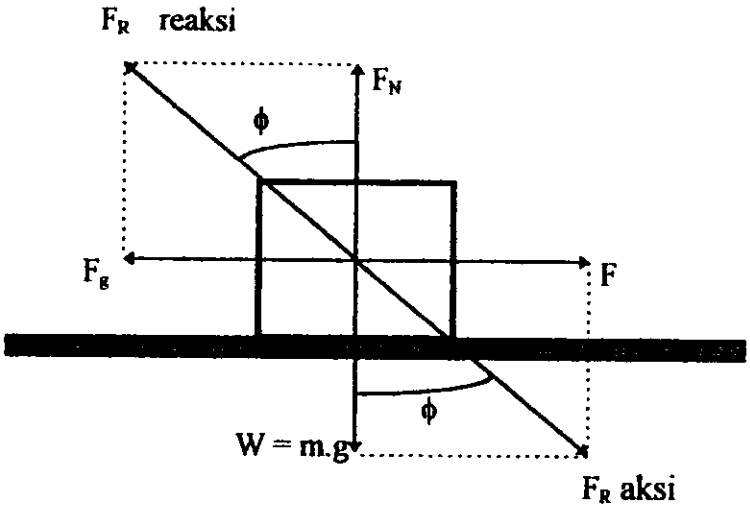
Bila benda bergerak sepanjang bidang datar, maka benda mempunyai gaya tarik F, gaya berat W dan resultante F_r diperoleh :

$$tg\,\phi = F/W, \qquad (4.4)$$

dikombinasikan persamaan (4.3) dan (4.4) akan menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$tg\,\phi = F/F_N,$$

$$= F/W \qquad (4.5)$$



Gambar 4. 2. Sudut gesekan

4. 3. Gaya Gesekan pada Bidang Miring

Bila dua permukaan bersentuhan, yaitu antara sebuah benda dengan permukaan miring, maka besar gaya gesekan yang terjadi akan dipengaruhi oleh sudut kemiringannya.

Berikut ini akan kita bahas tentang besar gaya F yang berkerja menahan benda yang terletak pada bidang miring, gaya tersebut bekerja :

a. sejajar dengan bidang miring,

b. horizontal,

4. 3. 1. Arah Gaya F Sejajar dengan Bidang Miring.

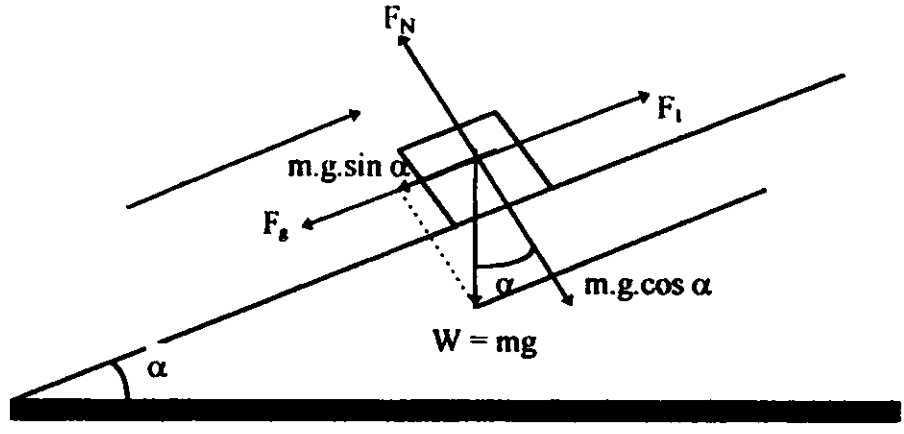
Dimisalkan benda saat akan bergerak keatas, maka gaya gesekan F_g bekerja kebawah, sejajar dengan bidang miring. Kemudian besar gaya dinyatakan dengan F_1 (lihat Gambar 4.3).

Syarat-syarat kesetimbangan adalah :

$$F_1 - m \cdot g \cdot \sin\alpha - F_g = 0 \quad , \qquad (4.6)$$

$$F_N - m \cdot g \cdot \cos\alpha = 0 \quad , \qquad (4.7)$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG



Gambar 4. 3. Benda saat akan bergerak keatas

dengan :

$$F_N = m \,.\, g \,.\, \cos\alpha \,,$$

jadi $$F_s = \mu \,.\, m \,.\, g \,.\, \cos\alpha \quad , \qquad (4.\ 8)$$

jika persamaan (4. 8) di subsitusikan ke dalam persamaan (4.6), maka diperoleh :

$$F_1 = m \,.\, g \,.\, \sin\alpha + \mu \,.\, m \,.\, g \,.\, \cos\alpha,$$

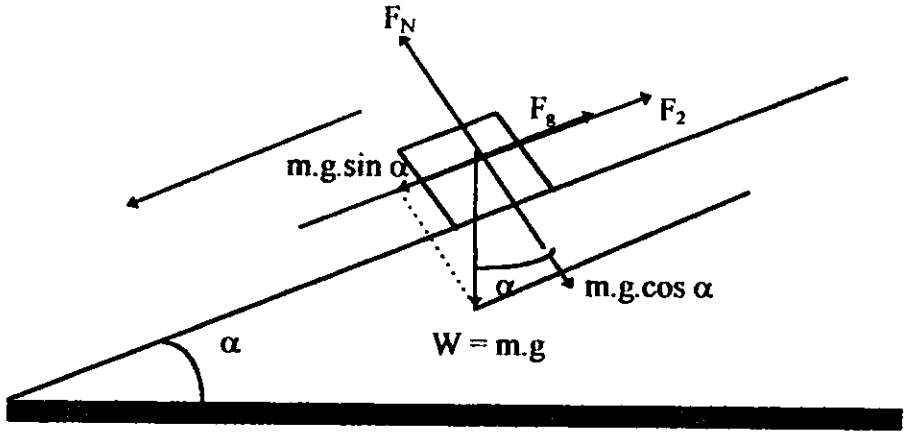
kalau μ diganti dengan tg ϕ, diperoleh:

$$F_1 = m \,.\, g \,.\, \sin\alpha = m \,.\, g \,.\, \cos\alpha \,\mathrm{tg}\,\phi,$$

$$= m.g.\left(\frac{\sin\alpha.\cos\phi + \cos\alpha.\sin\phi}{\cos\phi}\right),$$

$$F_1 = m \,.\, g \,\frac{\sin(\alpha + \phi)}{\cos\phi}. \qquad (4.9)$$

Untuk benda saat akan meluncur (lihat Gambar 4.4) dengan gaya F_2 masih dapat menahannya, maka gaya gesekan F_s akan bekerja dengan arah keatas yang sejajar bidang miring, supaya setimbang diperlukan, yaitu:



Gambar 4. 4. Benda saat akan meluncur

$$F_2 + F_g - m.\ g.\ \sin\alpha = 0 \quad , \tag{4.10}$$

$$F_N - m.\ g.\ \cos\alpha = 0 \quad , \tag{4.11}$$

dengan cara menguraikan seperti sebelumnya, maka diperoleh persamaan berikut, yaitu:

$$F_2 = m.g\,\frac{\sin(\alpha - \phi)}{\cos\phi}. \tag{4.12}$$

4. 3. 2. Arah Gaya F Horizontal

Jika gaya F arah horizontal dengan benda pada saat akan bergerak ke atas (lihat Gambar 4.5). Untuk memenuhi syarat-syarat kesetimbangan, yaitu:

$$F_1\ \cos\alpha - m.g\ \sin\alpha - F_g = 0, \tag{4.13}$$

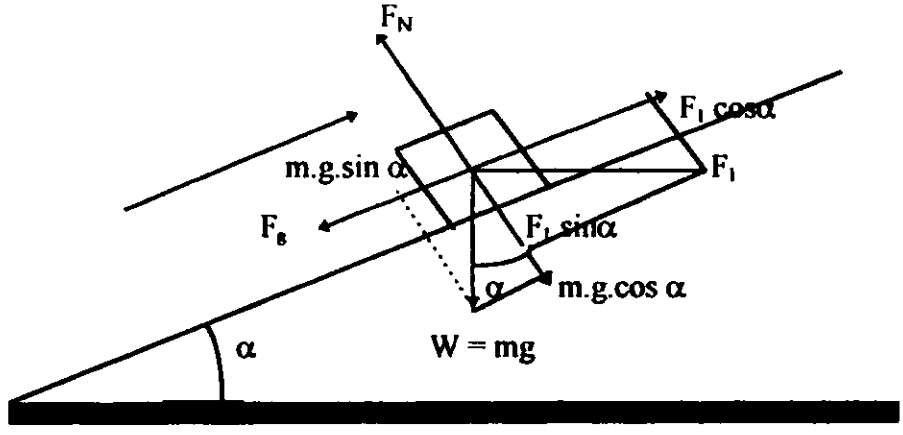
$$F_N = F_1\ \sin\alpha + m.g.\cos\alpha\ , \tag{4.14}$$

$$F_g = tg\,\phi\,(F_1\ \sin\alpha + m.g.\ \cos\alpha)\ , \tag{4.15}$$

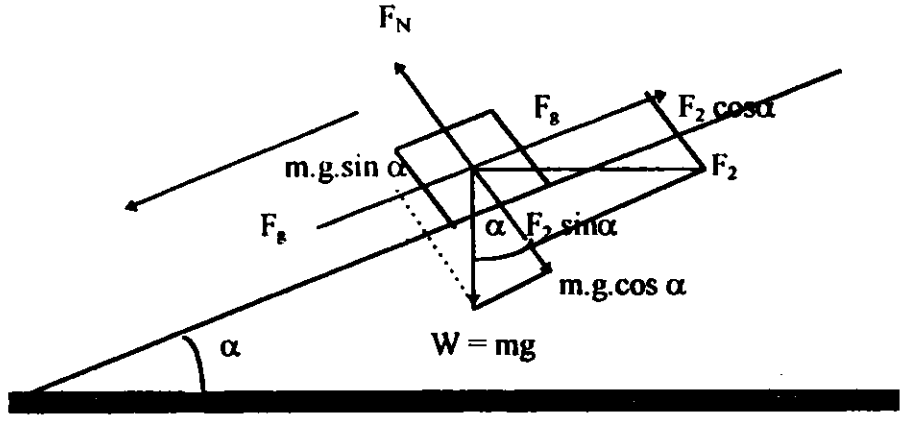
jika persamaan (4.15) disubtitusikan ke persamaan (4.13), diperoleh :

$$F_1 = m.g.\frac{(\sin\alpha.\cos\phi + \cos\alpha.\sin\phi)}{(\cos\alpha.\cos\phi - \sin\alpha.\sin\phi)},$$

$$F_1 = m.\ g.\ tg\,(\alpha + \phi) \tag{4.16}$$



Gambar 4. 5. Benda saat akan bergerak ke atas



Gambar 4. 6. Benda saat akan meluncur

untuk benda pada saat akan meluncur ke bawah, dapat diperoleh dengan cara yang sama seperti proses a (lihat Gambar 4.6), yaitu:

$$F_2 = m.\ g.\ tg\,(\alpha - \phi) \qquad (4.17)$$

Pada Tabel 4.1, dapat dilihat koefisien gesekan μ untuk beberapa bahan.

Tabel 4. 1. Koefisien gesekan (Beiser,1964).

No	Bahan	Koefisen Gesekan μ
1	Kayu di atas kayu	0,3
2	Kayu di atas batu	0,4
3	Logam di atas batu	0,15
4	Logam di atas kayu	0,5
5	Kulit di atas kayu	0,4
6	Seng di atas besi tuang	0,85

4. 4. Contoh Soal

1. Sebuah peti pada Gambar 4.7, mempunyai berat 200 N, peti tersebut ditarik pada lantai mendatar. Apa bila koefisien gesek dari lantai 0,2. Hitunglah gaya yang dibutuhkan sesaat peti akan bergerak.

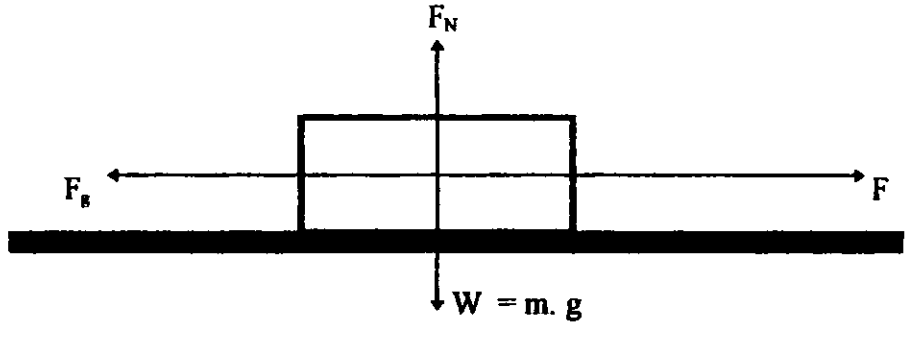
Pneyelesaian:

$F - F_g = 0,$

$F = F_g,$

$F_N - W = 0,$

$F_N = W,$



Gambar 4. 7. Peti di atas lantai.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

$F_N = 200$ N

$F_g = \mu F_N$,

$= 0{,}2 \cdot 200$,

$= 40$ N,

karena $F_g = F$, maka gaya yang dibutuhkan peti saat akan bergerak 40 N.

2. Sebuah benda pada bidang datar ditarik dengan gaya F yang membentuk sudut 30° terhadap bidang datar (lihat Gambar 4.8). Massa benda 200 kg, gaya gesek F_g = 433 N dan percepatan grafitasi 9,81 m/dt.

Hitunglah :

a. gaya yang dibutuhkan,

b. koefesien gesekan bidang datar.

Penyelesaian :

$W = m.g$,

$= 200 \cdot 9{,}81$,

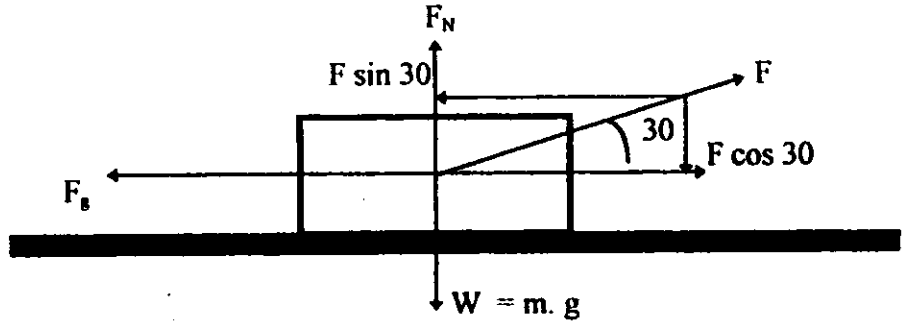
$= 1962$ N.

a. $F \cos 30 = 433$ N,

$F = 433/0{,}866$,

$= 500$ N,

jadi gaya yang diburuhkan adalah 500 N.



Gambar 4. 8. Benda di atas lantai ditarik dengan gaya membentuk sudut.

b. $F_N = W - F \sin 30°$,

$= 1962 - 500 .0,5$,

$= 1462$ N,

koefesien gesekan (μ) = F_g / F_N,

$= 433/1463$,

$= 0,296$,

jadi koefesien gesekan adalah 0,296.

3. Sebuah peti beratnya 250 N, terletak di atas lantai mendatar. Peti tersebut ditarik dengan tali yang membentuk sudut 40° ke bawah bidang datar (lihat Gambar 4.9). Jika gaya yang terjadi pada bidang datar 100 N, hitung koefisien gesekan lantai.

Penyelesaian:

$F_g = F \cos 40$,

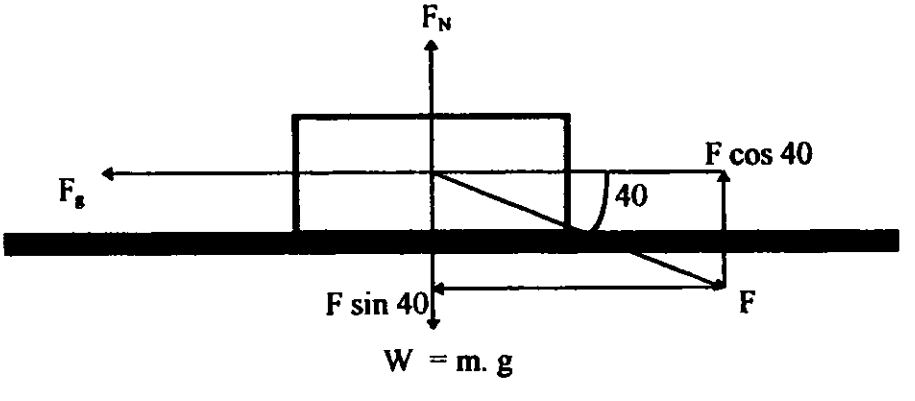
$= 100 . 0,766$,

$= 76,6$ N,

$W - F_N + F \sin 40 = 0$,

$250 - F_N + 100. 0,643 = 0$,

$F_N = 314,3$ N,



Gambar 4. 9. Benda di atas lantai ditarik dengan gaya membentuk sudut ke arah bidang datar

$\mu = F_g / F_N,$

$= 76{,}6 / 314{,}3,$

$= 0{,}244,$

jadi koefisien gesekan alantai adalah 0,244.

4. Sebuah peti yang beratnya 100 N, akan dinaikkan melalui bidang miring dengan sudut 30° terhadap bidang horizontal (lihat Gambar 4.10). Hitunglah besar gaya yang dibutuhkan saat peti akan bergerak naik, jika koefisien gesek 0,25.

Penyelesaian :

$F_N = W \cos 30,$

$= 100 \,.\, 0{,}866,$

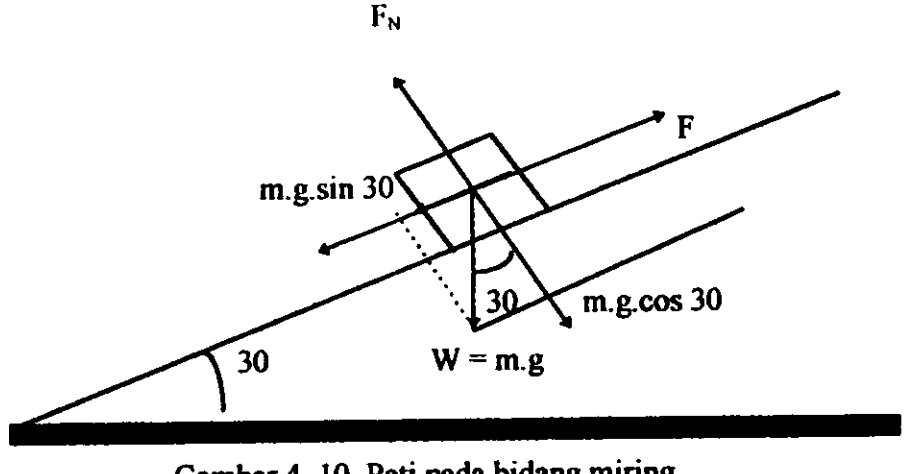
$= 86{,}6 \text{ N},$

$F - F_g - W \sin 30 = 0,$

$F = F_g + 50,$

$F_g = \mu \,.\, F_N,$

$= 0{,}25 \,.\, 86{,}6,$



Gambar 4. 10. Peti pada bidang miring.

$F_g = 21{,}65$ N,

$F = 21{,}65 + 50$,

$= 71{,}65$ N,

jadi gaya yang dibutuhkan saat peti akan bergerak adalah 71,65 N.

5. Sebuah balok dari logam mempunayi massa 30 kg ditarik dengan gaya 70 N, bergerak dengan kecepatan yang sama pada sebuah bidang datar (lihat Gambar 4.11). Hitunglah :

a. koefisien gesekan antara balok dengan permukaannya,

b. sudut gesekan.

Penyelesaian :

$W = m.\ g$,

$= 30 \cdot 9{,}81$,

$= 294{,}3$ N,

a. koefisien gesekan (μ) $= F/W$,

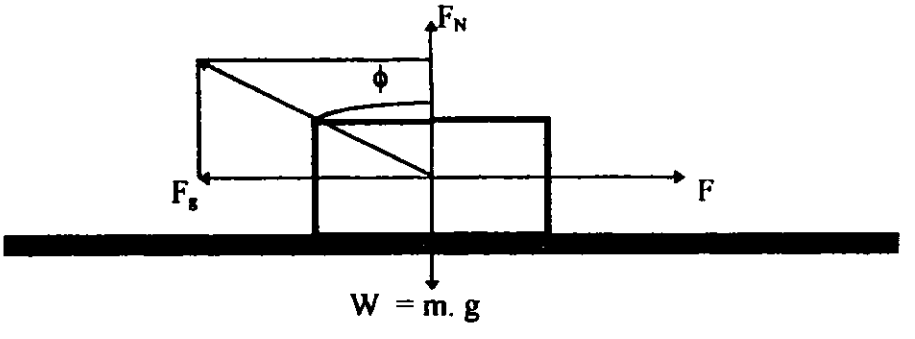
$= 70/294{,}3$,

$= 0{,}237$,

b. sudut gesekan,

$tg\ \phi = \mu$,

$tg\ \phi = 0{,}237$,



Gambar 4. 11. Balok bergerak dengan kecepatn yang sama.

ϕ = arc tg 0,237

= 13° 22,

jadi sudut gesekan 13° 22.

4. 5. Soal Latihan

1. Sebuah benda A beratnya B Newton terletak di atas sebuah bidang horizontal yang kasar, bekerja gaya F yang membentuk sudut dengan bidang tersebut keatas, koefisien μ = tg ϕ. Hitung gaya F pada benda A saat akan bergerak.
2. Sebuah benda beratnya A Newton terletak di atas bidang miring dengan sudut miring α. Berapakah gaya yang mendatar yang dapat mencegah agar benda itu tak bergerak ke bawah.
3. Suatu benda bermassa 5 kg terletak di atas suatu bidang horizontal dengan koefisien gesekan statis (μ_s) = 0,4 dan koefisien gesekan kinetis (μ_k) = 0,25, ditarik oleh suatu gaya sebesar 80 Newton. Hitung :

a. besar gaya gesekan statis,

b. besar gaya gesekan kinetis,

c. besar gaya penggerak benda tersebut,

d. percepatan yang dialami benda tersebut.

4. Suatu benda 2 kg terletak di atas bidang miring dengan kemiringan 30° terhadap bidang horizontal (μ_s) = 0,4 dan (μ_k) = 0,3. benda tersebut ditarik oleh gaya 25 N kearah atas bersudut 30° terhadap bidang miring. Hitung:

a. besar gaya gesekan statis,

b. besar gaya gesekan kinetis,

c. benda bergerak atau tidak,

d. jika benda tersebut bergerak, tentukan besar gaya pengggerak serta percepatn yang dialaminya

5. Suatu benda bermassa 5 kg terletak di suatu bidang datar horizontal yanng berengsel disalah satu ujungnya, koefisien gesekan = 0,4 dan koefisien gesekan kinetis = 0,5. Bidang datar itu diangkat pelan-pelan keatas dan benda tersebut tetap di atasnya, sehingga berputar pada engselnya dengan sudut kemiringan yang semakin besar. Hitung:

a. pada sudut kemiringan berapakan benda tersebut saat akan meluncur,

b. berapakah gaya gesekan statis pada sudut sebesar itu,

c. berapakah gaya penggerak dan percepatan benda saat meluncur ke bawah dengan gaya konstan pada sudut sebesar tersebut.

6. Sebuah balok bermassa 5 kg diluncurkan ke atas bidang miring dengan kecepatn 5 m/dt, sudut bidang miring adalah 30°. Didapatkan bahwa balok meluncur sejauh 2 meter, berhenti dan meluncur kembali ke dasar bidang miring. Hitunglah :

a. gaya gesekan F_g yang bekerja pada balok,

b. kecepatan V dari balok pada waktu sampai didasar bidang miring.

7. Seorang menarik sebuah kotak dengan berat 10 kg sejauh 10 meter pada suatu permukaan horizontal dengan kecepatan konstan. Berapakah besar kerja yang dilakukan pada kotak, jika koefisien gesekan kinetis adalah 0,20 dan tarikan membuat sudut 45° dengan horizontal.

8. Sebuah benda bergerak lurus di atas lantai horizontal ditarik dengan tali, massa benda adalah 5 kg, sedangkan koefisien gesekan lantai adalah 0,6. Akibatnya gaya benda bergerak dengan percepatan 2 m/dt^2. Hitunglah :

a. Besar energi yang diberikan oleh orang yang menarik agar benda bergerak sejauh 2 meter,

b. besar energi yang hilang karena gesekan.

BAB 5

MESIN SEDERHANA

Mesin merupakan suatu alat yang mampu melakukan usaha dengan kata lain mesin adalah sebuah alat untuk mendapatkan keuntungan dengan mengubah besar dan arah gaya sedemikian rupa dengan menggunakan metode tertentu. Kemudian dasarnya mesin ini diciptakan untuk mengatasi keterbatasan kemampuan manusia dalam melakukan usaha, maka di dalam mesin berlaku prinsip dengan usaha yang relatif kecil dapat memindahkan beban yang sebesar-besarnya.

Pesawat yang tergolong pada mesin sederhana antara lain : Screw Jack, Sistem Blok Kerek (*Pulley Block Sistym*), the Lever, Hydraulic Press dan Inclined Plane (K.Simms, 1979 : 240).

5.1. Keuntungan Mekanik.

Keuntungan mekanik adalah keuntungan mesin yang berupa perbandingan antara beban yang dipindahkan dengan gaya yang dipergunakan memindahkan beban tersebut (M.Nelkon, 1977 : 87).

Pada kenyataannya keuntungan mekanik ini dapat juga diperoleh dari perbandingan jarak tempuh usaha dengan jarak tempuh beban. Tapi dalam sistem mesin karena adanya kerugian gesekan mengakibatkan bertambahnya jumlah usaha yang diperlukan untuk memindahkan beban tersebut, sehingga harga kedua perbandingan itu tidak lagi sama, karena itu pada mesin sederhana terdapat dua istilah, yaitu :

a. Keuntungan mekanik (KM)

Keuntungan mekanik yang dimaksud adalah gaya yang dihasilkan per gaya yang digunakan, persamaannya adalah :

KM = beban / usaha,

= gaya yang dihasilkan / gaya yang digunakan,

KM = B/U (Newton / Newton) . (5.1)

b. Perbandingan Kecepatan (V_R)

Harga perbandingan antara jarak tempuh usaha dengan jarak tempuh beban disebut perbandingan kecepatan (*velocity ratio*), yaitu :

V_R = (jarak tempuh usaha) / (jarak tempuh beban),

V_R = h / H (meter / meter) . (5.2)

Kemudian perbandingan antara keuntung mekanik dengan perbandingan kecepatan disebut dengan effisiensi mesin (η),

Effisiensi mesin (η) = (kerja yang dihasilkan / kerja yang dilakukan)100 %,

= (beban x jarak tempuh beban / usaha x jarak tempuh usaha) x 100%,

$$= KM\left(\frac{1}{V_R}\right)100\% ,$$

$$=\left(\frac{KM}{V_R}\right)100\%, \qquad (5.3)$$

atau

$$\eta = \left(\frac{\text{keluaran}}{\text{masukan}}\right)100\% , \qquad (5.4)$$

dengan: keluaran = B x H,

masukan = U x h.

Alat mesin tersebut juga dipengaruhi oleh gesekan, dikenal dengan nama efek gesekan, yaitu:

Efek gesekan = masukan - keluaran,

= (U x h) - (B x H) (5.5)

5. 2. Grafik Persamaan Usaha Beban

Suatu mesin dikatakan ideal apabila mesin tersebut mempunyai effisiensi 100 % dengan kata lain tidak ada usaha yang hilang atau mesin bekerja tanpa gesekan. Namun dalam kenyataan hal ini tidak mungkin tercapai, sebab pengaruh gesekan tidak dapat dihindarkan dan kerugian usaha akan selalu timbul.

Grafik pada Gambar 5.1, diperoleh melalui data-data percobaan yang memperlihatkan hubungan antara usaha dan beban. Grafik tersebut akan memperlihatkan pengaruh gesekan terhadap usaha yang dilakukan mesin dalam memindahkan beban dan berbentuk garis miring.

Secara matematik persamaan mesin dapat dinyatakan dengan :

$$U = a \,.\, B + b \quad , \qquad (5.6)$$

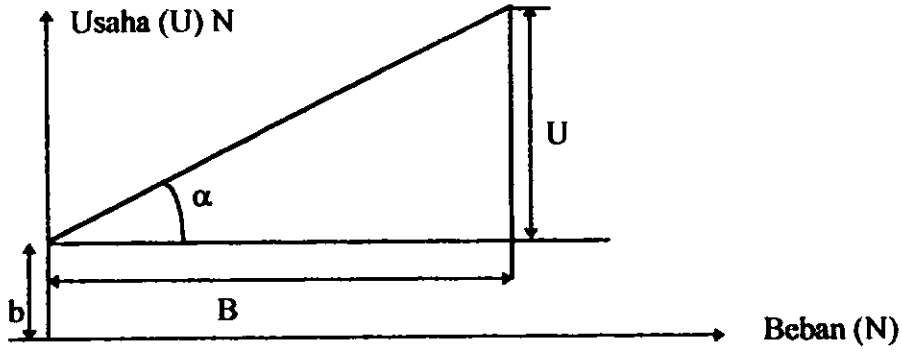
dengan : U = usaha yang dilakukan mesin (Newton),

B = beban yang dipindahkan (Newton),

a = tg α= perbandinga usaha dengan beban (gradient),

b = konstanta mesin.

Dengan demikian konstanta b yang ditunjukkan dalam grafik adalah usaha yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan pada saat mesin tanpa beban. Gaya gesek ini akan bertambah besar, jika beban bertambah.



Gambar 5. 1. Grafik usaha dan beban

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

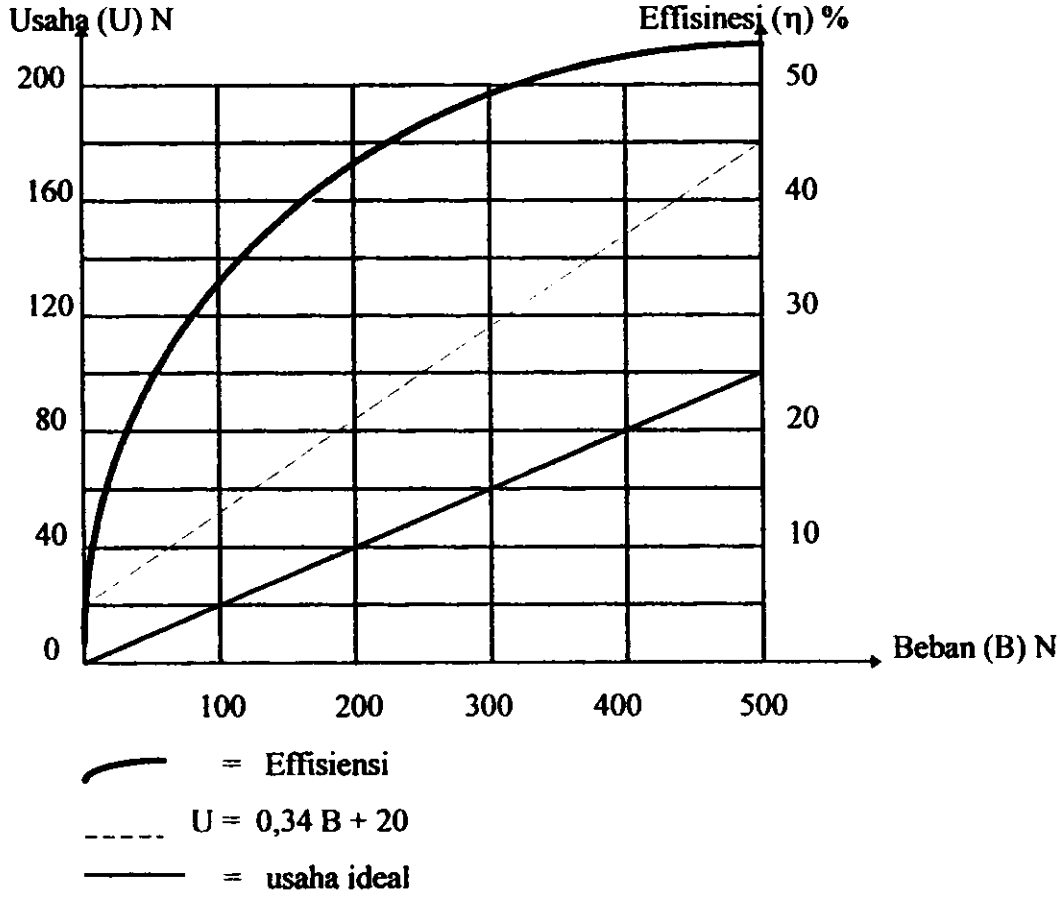
5.3. Grafik Beban dan Effisiensi

Effisiensi suatu mesin dapat berubah-rubah tergantung pada beban yang digunakan, suatu saat akan mencapai harga maksimum.(lihat Gambar 5.2), untuk mencari harga maksimum ini atau limit effisiensi dapat diperoleh dari persamaan mesin, yaitu :

$$U = a.B + b,$$

jika, $KM = B / U$, maka:

$$KM = \frac{B}{a.B + b},$$



Gambar 5. 2. Grafik beban vs effisiensi

$$KM = \frac{1}{\left(a + \frac{b}{B}\right)} \quad . \tag{5.7}$$

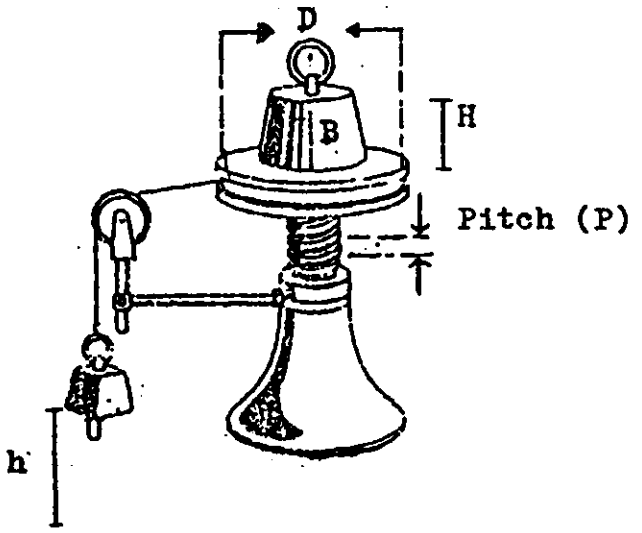
Dari persamaan (5.7), jika B bertambah besar maka b/B semakin kecil, berati harga KM mendekati 1/a., dengan 1/a disebut harga batas KM, sehingga harga limit effisiensi dapat ditentukan :

$$\text{Limit effisiensi} = \frac{\text{limit}(KM)}{V_R}, \tag{5.8}$$

dengan : V_R = perbandingan kecepatan suatu mesin yang harganya konstan.

5.4. Screw Jack

Alat ini merupakan sejenis pesawat pengangkat dan digunakan untuk mengangkat beban yang ditempatkan pada penyangga di atas batang ulir, sehingga menyebabkan beban akan terangkat atau turun bila gaya pada lengan berputar (lihat Gambar 5.3).



Gambar 5. 3. Screw Jack (Simms, 1979)

Kemampuan alat ini untuk menaikan beban tergantung pada jenis ulir yang dipakai, yaitu :

1. Ulir tungggal, satu putaran (lead) sama dengan 2 picth (P),
2. Ulir ganda, satu putaran (lead) sama dengan 2 picth (P),
3. n ulir, satu putaran (lead) sama dengan n picth (P).

Apabila usaha atau gaya putar bekerja pada tangkai pemutarnya, maka satu kali putaran ulir akan menyebabkab usaha bergerak sejauh π D = 2 π r dan beban bergerak satu lead. Jika jarak tempuh usaha sama dengan h dan jarak tempuh beban sama dengan H, maka harga perbandingan kecepatan, yaitu:

Perbandingan kecepatan (V_R) = (jarak tempuh usaha) / (jarak tempuh beban),

$$V_R = h / H, \tag{5.9}$$

atau

$$V_R = \frac{\pi D}{P},$$

$$V_R = \frac{2\pi r}{P} \quad . \tag{5.10}$$

Harga keuntungan mekanik pada alat ini dapat dihitung dengan menggunakan informasi dari: beban, usaha, jarak tempuh usaha dan jarak tempuh beban, yaitu:

Keuntungan Mekanik (KM) = Beban / Usaha (Newton/Newton),

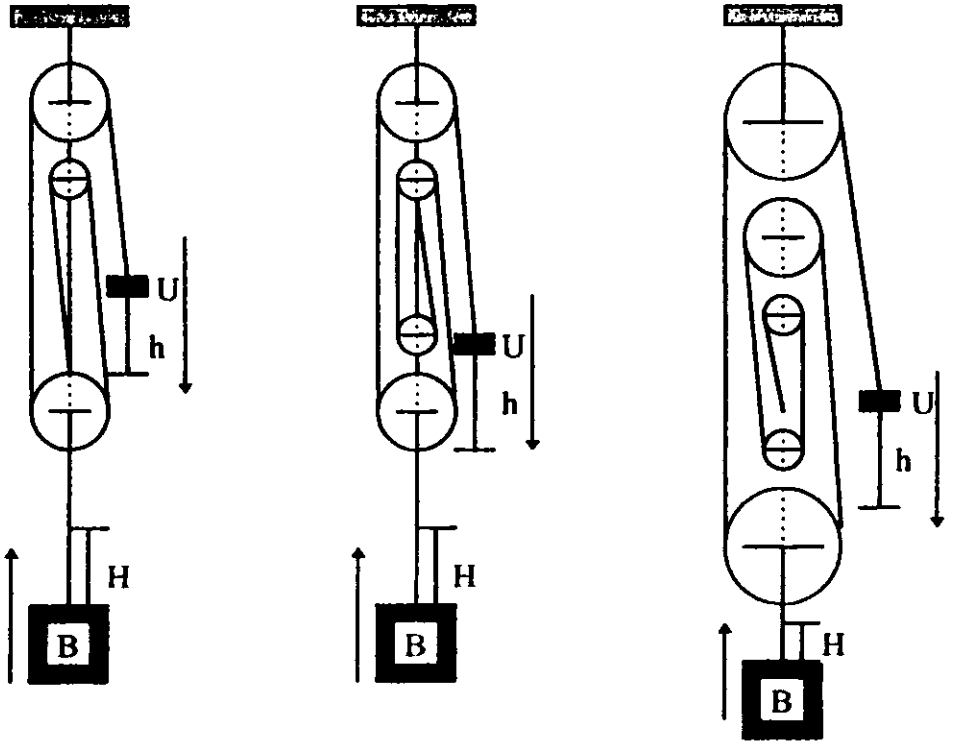
$$KM = B / U, \tag{5.11}$$

Effisiensi (η) = KM / V_R x 100 %,

$$\eta = \text{keluaran / masukan} \times 100\ \%. \tag{5.12}$$

5. 5. Sistem Blok Kerek

Alat ini juga termasuk pada jenis mesin sederhana untuk mengangkat beban, pemanfaatan sistem kerek ini tampak pada pemakaian lift. Sistem pengaturan kerek ini bermacam-macam bentuknya (lihat Gambar 5.4), yaitu :



(a) (b) (c)

Gambar 5. 4. Sistem Blok Kerek

1. Sistem tiga kerek pada Gambar 5.4a,
2. Sistem empat kerek pada Gambar 5.4b,
3. Sistem lima kerek pada Gambar 5.4c.

Perbandingan kecepatn (V_R) = (jarak tempuh usaha) / (jarak tempuh beban),

$$V_R = h / H \quad , \tag{5.13}$$

untuk Sistem Blok Kerek, perbandingan kecepatan dapat juga ditentukan dengan menghitungan juga kerek dari sistem tersebut, yaitu :

Perbandingan kecepatan (V_R) = jumlah kerek,

Keuntungan mekanik (KM) = beban / usaha,

$$KM = B / U, \tag{5.14}$$

Effisiensi mesin (η) $= (KM / V_R) \times 100\ \%$. (5.15)

5. 6. Roda dan Tromol Differensial

Pesawat ini dibuat dengan rangkaian tromol differensial, yaitu tromol 1 dengan diameter d_1 dan tromol 2 dengan diameter d_2, diameter d_1 lebih besar dari d_2. Sedangkan beban beban diikatkan pada ujung tali yang digulungkan mengelilingi tromol dan usahanya diikatkan pada ujung tali yang mengelilingi roda dengan diameter D (lihat Gambar 5.5).

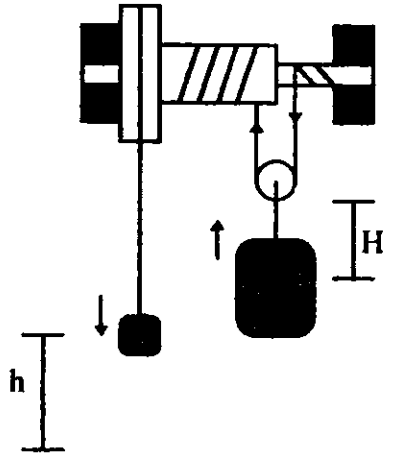
Untuk satu putaran, maka usaha bergerak sejauh π D dan panjang tali akan mengelilingi tromol 1 sejauh $\pi\ d_1$ dan juga akan akan meliliti tromal 2 sebesar $\pi\ d_2$. Akibat dari satu kali putaran, maka tali antara dua tromol akan menjadi pendek, yaitu :

$$\pi d_1 - \pi d_2 = \pi (d_1 - d_2) \quad ,$$

beban akan terangkat sejauh, yaitu :

$$\frac{\pi(d_1 - d_2)}{2},$$

maka harga dari perbandingan kecepatan, merupkan perbandingan antara keliling roda berbanding 1/2 selisih keliling kedua tromol tersebut, yaitu :



Gambar 5. 5. Roda dan Tromol Differensial

Perbandingan kecepatan $V_R = \dfrac{\pi D}{\left\{\dfrac{\pi(d_1 - d_2)}{2}\right\}}$

$$V_R = \frac{2D}{d_1 - d_2} \qquad (5.16)$$

atau

V_R = (jarak tempuh usaha) / (jarak tempuh beban).

Keuntungan mekanik (KM) = Beban / Usaha,

$$KM = B / U \qquad (5.17)$$

Effisiensi (η) = KM / V_R x 100 % . (5.18)

5. 7. Contoh-Contoh Soal

1. Sebuah roda dan tromol differensial mengangkat beban sebesar 50 kN, effisiensi 50 % dan keuntungan mekanik 20. Hiung:

a. perbandingan kecepatan,

b. usaha yang dilakuakan.

Penyelesaian :

a η = KM/V_R x 100 %,

V_R = KM/ η x 100 %,

= (20 / 50) x 100,

= 40,

jadi perbandingan kecepatan 40,

b. KM = beban / usaha,

Usaha = Beban / KM,

= 50 / 20,

= 2,5 kN.

jasi usaha yang dilakukan 2,5 kN.

2. Dongrak ulir, penyangga benan berdiameter 10 cm, kisaran ulir tunggal 0,5 cm. Bila data B vs U adalah pada Tabel 5.1, hitung keuntungan mekaniknya.

Tabel 5. 1. Data B vs U dongrak ulir.

Beban (N)	0	100	200	300	400
Usaha (N)	6	10	20	30	40

Penyelesaian :

Perbandingan kecepatan (V_R) = (jarak tempuh usaha) / (jarak tempuh beban),

V_R = 10 / 0,5,

= 20,

Keuntungan mekanik (KM) = beban / usaha,

KM = 400 / 40,

= 10,

jadi keuntungan mekanik dongrak ulir adalh 10.

3. Suatu beban 90 kg ditimbulkan oleh suatu usaha 240 N, menggunakan sebuah sistem kerek yang mempunyai tiga blok di atas dan dua blok di bawah. Hitung:

a. perbandingan kecepatan,

b. keuntungan mekanik,

c. effisiensi pesawat ini,

d. usaha penerapan yang digunakan untuk mengatasi gesekan di dalam sistem.

Penyelesaian :

a. Perbandingan kecepatan (V_R) = 5 (jumlah kerek),

b. Keuntungan mekanik (KM) = (90. 9,81) / 240,

= 2,68,

c. Effisiensi mesin (η) = (3,68 / 5) x 100 % ,

= 73,6 %

d. Tegangan di dalam setiap tali pendukung blok = (90 . 9,8) / 5,

= 176 N,

untuk menahan tegangan tali tersebut diperlukan usaha sebesar 176 N,

usaha untuk mengatasi gesekan di dalam sistem, yaitu :

240 - 176 = 64 N.

4. Sebuah roda dan trimil differensial memberikan usaha 75 N, beban 450 N. Sedangkan diameter rada (D) 300 mm, tromol 1 (d_1) 150 mm dan tromol 2 (d_2) 70 mm. Hitung:

a. keuntungan mekanik, b. perbandingan kecepatan, dan c. effisiensi mesin.

Penyelesaian:

a. Keuntungan mekanik (KM) = 450 / 75,

= 6,

b. Perbandingan kecepatan (V_R) = (2. 300) (150 - 70),

= 7,5,

c. Effisiensi mesin (η) = (6 /7, 5) x 100 % ,

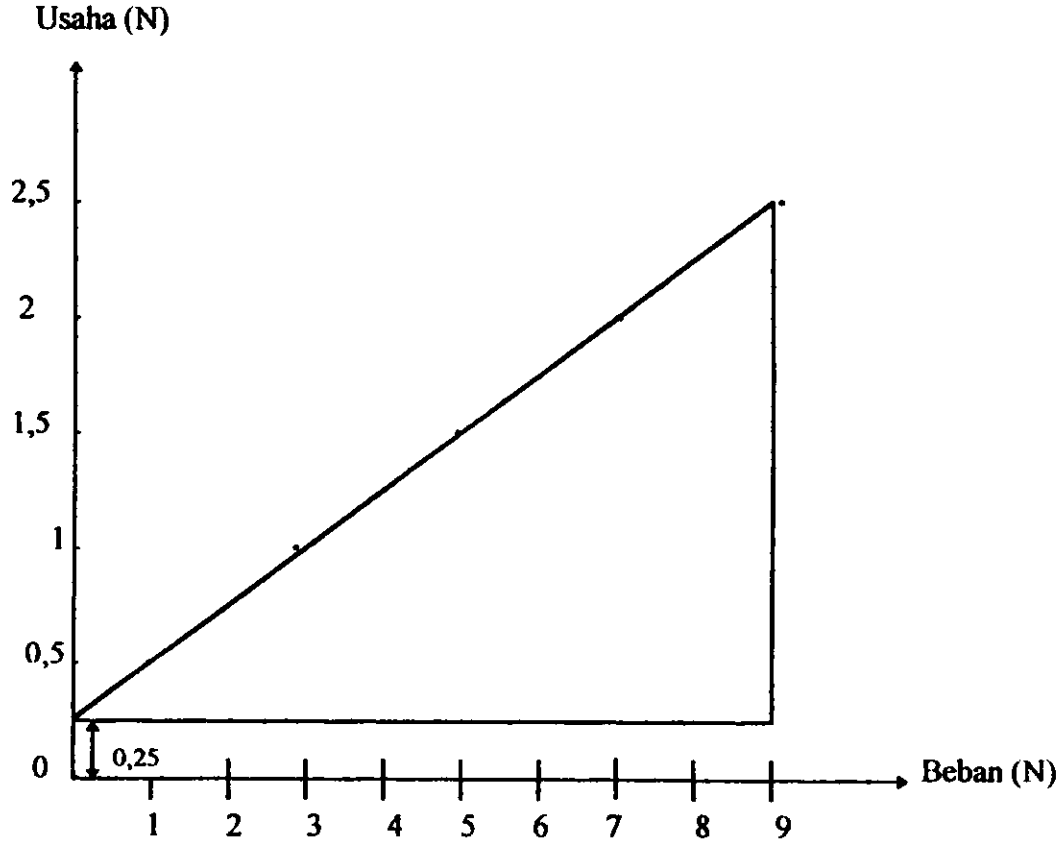
= 80 %.

5. Dari suatu percobaan diperoleh data-data seperti pada Tabel 5. 2. Tentukan persamaan mesin dan perbandingan kecepatan, jika effisiensi 80 %.

Tabel 5. 2. Data B vs U.

Beban (N)	1	2	3	5	7	9
Usaha (N)	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG



Skala : beban 1 N = 1 cm, usaha 1 N = 1cm.

Gambar 5. 6. Grafik usaha vs beban.

Penyelesaian :

Lihat Gambar 5.6, diperoleh harga b = 0,25, kemudian dapat dicari harga a, yaitu :

a = (2,25)/ 9,

= 0,25,

jadi persamaan mesin, yaitu :

U = 0,25 B + 0,25,

misalnya, untuk pembebanan 3 N, maka usaha yang diperlukan, yaitu :

U = 0,25. 3 + 0,25,

= 1 N,

keuntungan mekanik (KM) = 3 / 1,

= 3,

perbandingan kecepatan = 3 / 0,8,

= 3,75,

6. Direncanakan sebuah Screw Jack untuk menangkat beban yang cukup berat, alat tersebut dilengkapi engkol pemutar dengan jari-jari 336 mm. Untuk dua putaran engkol pemutar disesuaikan sedemikian rupa supaya beban naik sejauh 6 mm. Hitunglah:

a. perbandingan kecepatan, b. beban angkatan, jika usaha 80 N dan effisiensi 42 %.

Penyelesaian :

a. untuk dua putaran engkol, maka usaha penggerak, yaitu:

$= 2 \cdot 2\pi \cdot r$,

= 4220,16 mm

perbandingan kecepatan (V_R) = (4220,16) / 6,

= 703,36,

b. besar beban angkatan, yaitu :

$KM = V_R \cdot \eta$,

= 295,41,

Beban = usaha x KM,

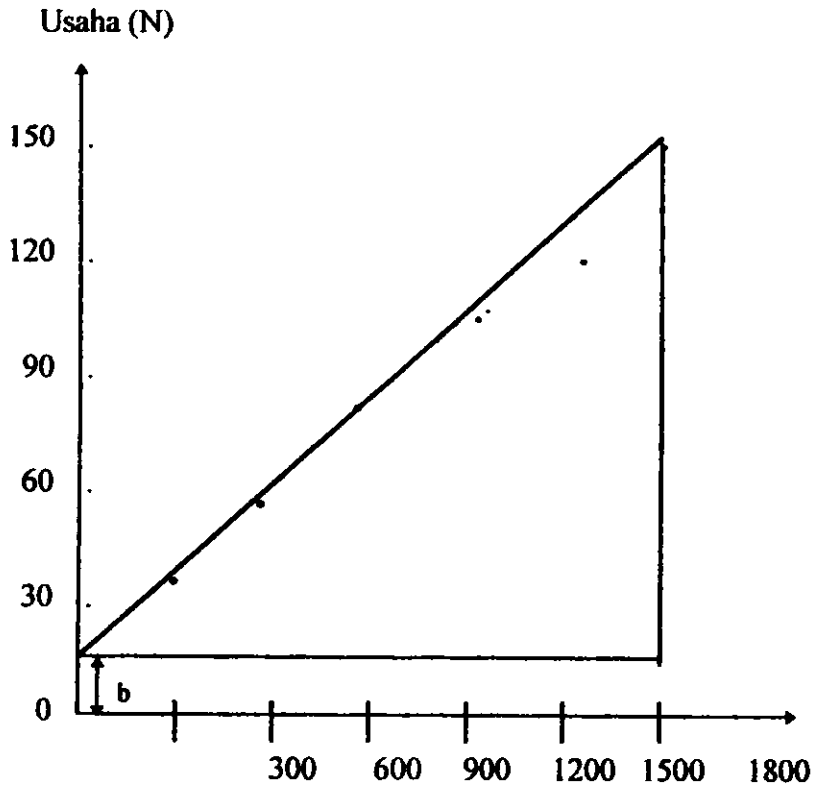
= 23632, 9 N,.

jadi beban anglatan adalah 23632, 9 N.

7. Selama percobaan diperoleh data seperti di dalam Tabel 5.3, jika alat Screw Jack mempunyai perbandingan kecepatan 50. Tentukan persamaan mesin dan hitung effisiensinya di bawah pembebanan 1500 N.

Tabel 5. 3. Data U vs B untuk alat Screw Jack

Beban (N)	300	600	900	1200	1500	1800
Usaha (N)	36	60	84	108	120	150



Gambar 5. 7 Grafik usaha vs beban dari Screw Jack

Penyelesaian :

Dari Gambar 5.7, dapat diperoleh harga b=3,5, kemudian dapat dicari harga a, yaitu :

a = (136,5) / 1800,

= 0,076,

a. persamaan mesin, yaitu :

U = 0,076 B + 13,5 ,

b. pembebanan 1500 N, diperlukan usaha, yaitu:

U = 0,076 . 1500 + 13,5,

= 127,5,

keuntungan mekanik = 1500 / 127,5 ,

= 11,76,

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

effifisiensi (η) = (11,76 / 50) x 100 %,

= 23,52 %.

8. Sebuah alat terdiri dari 2 blok kerek, bagian atas 3 buah roda dan bagian bawah 2 buah roda. Hitung:

a. perbandingan kecepatan,

b. keuntungan mekanik, jika usaha 40 N dan beban 150 N,

c. effisiensi alat.

Penyelesaian :

a. perbandingan kecepatan = 5 (jumlah kerek),

b. keuntungan mekanik = 150 / 40,

= 3,75,

c. effisiensi alat = (3,75 / 5) x 100 %,

= 75 %.

5. 8. Soal Latihan

1. Benda dengan massa 270 kg diangkat oleh suatu sistem blok tali yang mempunyai kerek 3 di dalam tiap-tiap blok. Jika effisiensi sistem tersebut 74 %, hitung usaha yang diberikan.

2. Suatu roda dan tromol differensial, dengan diameter roda 250 mm dan tromol besar (d_1) 125 mm. Usaha yang diberikan 100 N dan beban yang diangkat 900 N, effisiensi 80 %. Tentukan diameter tromol kecil.

3. Hitung keuntungan mekanik dari sistem blok kerek, jika blok atas 3 roda dan blok bawah 2 roda. Hitung juga effisiensi jika usaha 82,5 N dan beban 200 N.

4. Sebuah Screw Jack mempunyai batang ulir dengan ulir ganda yang pitch 1 cm. Usaha sebesar 25 N bekerja pada handle sejauh 25 cm, jika beban angkatan 25 kN. Hitung effisiensi alat tersebut.

5. Sebuah sistem blok, jika beban 100 N, maka usaha yang diperlukan 23 N dan jika beban 235 N, maka usahanya 50 N. Tentukan effisiensi, jika beban 50.

6. Suatu roda dan tromol differensial mempunyai diameter roda 300 mm, diameter tromol besar 150 mm dan tromol kecil 80 mm. Jika usaha yang diberikan 125 N dan beban yang diangkat 1000 N, hitung juga effisiensi mesin tersebut.

7. Hasil dari suatu percobaan dengan mesin sederhana diperoleh data berikut (lihat Tabel 5.4). Tentukan persamaan mesin alat tersebut dan perbandingan kecepatn, jika effisiensinya 80 %.

Tabel 5. 4. Data usaha dan beban dari mesin sederhana

Beban (N)	1	2	3	5	7	9
Usaha (N)	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5

MILIK UPT PERPUS
IKIP

DAFTAR ACUAN

Beiser, Arthur, *The Foundations Physics*, Addison Wesley Puslishing Company, Inc, London, 1964.

Bell, A.E., *Mechanical Engineering Science*, Cassel Technical Book, London, 1975.

Besari, Ismail, *Kamus Fisika*, Penerbit Pionir Jaya, Bandung, 1987.

Culp, W. Archie, Jr., *Prinsip Konversi Energi (Penerjemah: Ir. Darwin Sitompul, M. Eng)*, (Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991).

Forgiel, M., *The Mechanics Problem Solver (Statics and Dynamics)*, Research and Education Association, New York, 1986.

Kane dan Sternhein, *Physics SI Version*, John Wiley and Sons, Inc, London, 1980.

Meadows, R.G., *Technician Engineering Science I*, Cassel Technical Book, London, 1978

Meadows, R.G., *Technician Engineering Science II*, Cassel Technical Book, London, 1978

Meriam, J. L, *Engineering Mechanics (Statics and Dynamics)*, John Wiley and Sons, Inc, New York 1980.

Nelkon, M., *Principles of Physics*, Fletcher and Son, London, 1977.

Resnick, Robert and David Halliday, *Physics Part I*, John Wiley and Sons, Inc, New York, 1966.

Schofield, Walter, *Physics for Engineers*, Mc Geaw-Hill Book Company, London, 1970.

Simms, K., *Introductory Mechanics for Applied Mathematics Science and Engineering*, Longman Group Limited, London, 1979.

Soetrisno, *Fisika Dasar*, Penerbit ITB, Bandung, 1978.