



# KERJA DAN PESAWAT SEDERHANA

Apakah energi? Ketika Anda memiliki banyak energi, Anda dapat berlari lebih cepat dan lebih jauh; Anda juga dapat melompat lebih tinggi. Sebagaimana manusia, benda juga dapat memiliki energi. Sebuah batu yang jatuh dari atas tebing dapat memecahkan kaca mobil. Sebuah cara untuk merangkum contoh-contoh energi yang dimiliki benda adalah bahwa sebuah benda memiliki energi jika benda tersebut dapat menghasilkan perubahan pada dirinya sendiri atau lingkungannya.

Pada bab ini, kita akan memfokuskan pada bagaimana cara sebuah benda menghasilkan perubahan pada dirinya sendiri atau pada lingkungannya. Umat manusia telah mengembangkan berbagai alat dan mesin yang membuat pekerjaan mereka menjadi lebih mudah sehingga menghasilkan beberapa perubahan pada benda atau lingkungannya. Sebuah sepeda dengan 10-kelajuan merupakan mesin yang menyediakan pengendaranya pilihan kelajuan yang membuat sepeda lebih mudah dikendarai sesuai dengan jalan yang mereka lalui.

## **Kerja dan energi**

Suatu hari, mungkin Anda menghabiskan pagi hari Anda untuk mengangkat peti-peti berisi barang-barang rumah tangga ke atas truk. Anda mungkin akan merasa sangat kelelahan lalu merasa sangat lapar. Anda harus makan untuk "memeroleh lebih banyak energi". Dengan cara sedemikian rupa, energi yang terdapat dalam makanan ditransfer menjadi energi yang menghasilkan terangkatnya peti. Kita menggunakan kata *kerja* untuk menandai jumlah energi yang ditransfer dari makanan pada aktivitas Anda mengangkat peti. Kata kerja mempunyai makna baik ketika digunakan sebagai bahasa sehari-hari maupun bahasa ilmiah. Pada kasus "mengangkat peti", setiap orang akan sepakat bahwa Anda sedang melakukan kerja ketika mengangkat peti. Di dalam aktivitas Anda

mengangkat peti maka di sana kerja sedang dilakukan. Namun, kita juga menggunakan kata tersebut dalam membicarakan aktivitas kehidupan kita sehari-hari yang lain. Sebagai contoh, setiap orang sependapat butuh kerja keras ketika mereka belajar fisika. Di dalam fisika, kita akan menemukan "kerja" sebagai kata khusus yang menjelaskan suatu aktivitas.

### Kerja

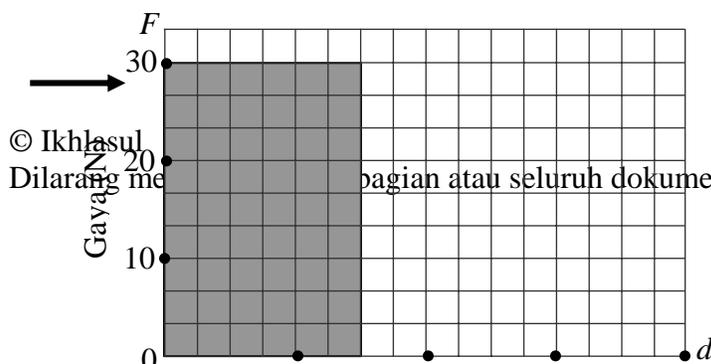
Ketika Anda mengangkat peti, atau benda-benda yang lain, Anda melakukan kerja lebih banyak jika petinya lebih berat. Aktivitas Anda semakin melelahkan jika peti yang diangkat harus diletakkan di tempat yang lebih tinggi. Dengan demikian, menjadi hal yang masuk akal jika Anda menggunakan besaran gaya dikali jarak untuk mengukur jumlah energi yang ditransfer ketika mengangkat peti. Untuk kasus di mana besar gaya yang dikerjakan konstan, kita mendefinisikan **kerja** sebagai perkalian antara gaya yang dikerjakan pada sebuah benda dan jarak yang ditempuh benda yang arahnya sama dengan arah gaya yang dikerjakan. Dalam bentuk matematis,

$$W = Fd$$

di mana  $W$  adalah kerja,  $F$  adalah besar gaya, dan  $d$  adalah besar perpindahan yang arahnya sama dengan arah gaya. Perhatikan bahwa kerja adalah besaran skalar, sehingga tidak memiliki arah. Satuan Internasional untuk kerja adalah **joule**. Jika gaya satu newton dikerjakan untuk menggerakkan benda sejauh satu meter, maka kerja satu joule sedang dilakukan,

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ newton} \cdot 1 \text{ meter} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

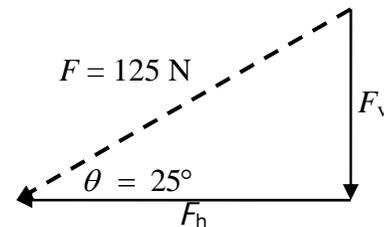
Kerja dilakukan pada benda hanya jika benda bergerak. Ketika Anda mengangkat sebuah buku lalu Anda diam selama satu jam dengan buku masih Anda angkat, maka Anda tidak melakukan kerja, meskipun Anda merasa sangat kelelahan. Anda juga tidak melakukan kerja, meskipun ketika Anda mengangkat buku itu Anda berpindah tempat. Kerja dilakukan hanya jika ketika gaya dan perpindahan berada pada arah yang sama.



Gambar 1. Grafik gaya vs. perpindahan. Bagian

© Ikhlasul Dilarang menyalin bagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

Sebuah grafik gaya-perpindahan dapat memberikan gambaran pada Anda mengenai kerja yang dilakukan. Gambar 2. memperlihatkan grafik gaya vs. perpindahan dari sebuah batu yang didorong dengan arah mendatar. Sebuah gaya netto sebesar 30 N diperlukan untuk mendorong batu sejauh 1,5 m dengan kecepatan tetap. Kerja yang dilakukan pada batu merupakan perkalian dari gaya dan perpindahan,  $W = Fd = (30 \text{ N})(1,5 \text{ m}) = 45 \text{ J}$ . Daerah yang diarsir pada grafik menunjukkan kerja yang dilakukan. Jika Anda memperbesar lebar (perpindahan) atau tinggi (gaya) dari persegi panjang arsiran tersebut berarti Anda memperbesar kerja yang dilakukan.



$$\begin{aligned}
 F_h &= F \cos 25^\circ \\
 &= (125 \text{ N})(0,906) \\
 &= 113 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gambar 2. Jika sebuah gaya dikerjakan pada pemotong rumput dengan arah tegak lurus, gaya netto yang dikerjakan merupakan komponen gaya yang arahnya sama dengan arah gerak.

### Kerja dan arahnya

Kerja hadir hanya jika gaya yang dikerjakan arahnya sama dengan dengan arah gerakan. Orang atau benda yang mengerjakan gaya berarti melakukan kerja. Jika sebuah gaya

dikerjakan tegak lurus terhadap arah gerakan, maka tidak ada kerja yang dilakukan. Bagaimana jika gaya yang dikerjakan membentuk sebuah sudut dengan arah gerakan? Sebagai contoh, jika Anda mendorong pemotong rumput sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2., kerja yang bagaimanakah yang Anda lakukan? Anda tahu bahwa gaya dapat diuraikan ke dalam komponen-komponennya. Gaya 125 N yang dikerjakan pada pegangan pemotong rumput mempunyai dua buah komponen, perhatikan gambar 2. Komponen horisontal atau  $F_h$  sama dengan 113 N; sedangkan komponen vertikalnya atau  $F_v$  sama dengan  $-53$  N (ke bawah). Komponen vertikal tegak lurus terhadap arah gerakan, sehingga tidak melakukan kerja. Hanya komponen horizontal saja yang melakukan kerja. Kerja yang Anda lakukan ketika Anda mengerjakan sebuah gaya yang membentuk sudut terhadap arah gerakan sama dengan komponen gaya yang arahnya sama dengan arah gerakan dikali dengan jarak tempuh.

Besar komponen gaya yang arahnya sama dengan arah gerakan dicari dengan mengalikan gaya  $F$  dengan cosinus sudut antara  $F$  dengan arah gerakan,

$$W = F(\cos \theta)d$$

$$= Fd \cos \theta$$

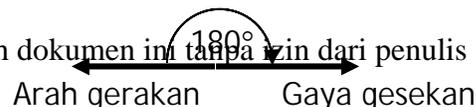
Adakah gaya lain yang bekerja pada pemotong rumput tersebut? Ada dua gaya lain yang bekerja pada pemotong rumput tersebut, yakni gaya gravitasi yang arahnya ke bawah dan gaya normal yang arahnya ke atas. Keduanya tegak lurus terhadap arah gerakan. Dengan demikian, sudut antara dua gaya tersebut adalah  $90^\circ$ . Karena  $\cos 90^\circ = 0$ , maka tidak ada kerja yang dihasilkan oleh kedua gaya tersebut.

Halaman rumah yang ditumbuhi rumput mengerjakan sebuah gaya, yakni gaya gesekan, yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan. Jika pemotong rumput bergerak dengan kelajuan tetap, maka komponen horisontal dari gaya yang dikerjakan diseimbangkan oleh gaya gesekan,  $F_{\text{gesekan}}$ . Sudut antara



© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis



Gambar 3. Arah gerakan membentuk sudut  $180^\circ$  terhadap gaya gesekan.

gaya gesekan dan arah gerakan sama dengan  $180^\circ$ . Karena  $\cos 180^\circ = -1$ , maka kerja yang dilakukan oleh rumput adalah  $W = -F_{\text{gesekan}}d$ . Dengan demikian, kerja yang dilakukan oleh rumput harganya negatif. Kerja yang harganya negatif menandakan bahwa kerja dilakukan pada rumput oleh pemotong. Kerja yang harganya positif yang Anda lakukan dengan mengerjakan gaya pada pegangan pemotong menandakan berarti Anda yang melakukan kerja.

Apa akibat dari melakukan kerja? Ketika Anda mengangkat sebuah kotak ke dalam rak, Anda memberi kotak tersebut keadaan tertentu. Jika kotak tersebut jatuh, maka kotak tersebut dapat melakukan kerja, kotak mungkin mengerjakan gaya yang menumbuk benda lain. Jika kotak tersebut berada di atas pedati lalu Anda mendorongnya, kotak tersebut akan bergerak. Lagi, kotak dapat menghasilkan gaya yang membuatnya menumbuk benda lain. Pada kasus ini, Anda telah memberi kotak tersebut energi, yaitu kemampuan untuk menghasilkan perubahan pada dirinya sendiri atau lingkungannya.

Dengan melakukan kerja pada kotak, Anda telah mentransfer energi dari tubuh Anda ke kotak. Dengan demikian, kita dapat mengatakan bahwa *kerja adalah transfer energi yang dilakukan dengan cara mekanis*. Anda dapat memikirkan kerja sebagai energi yang ditransfer sebagai hasil dari sebuah gerakan. Ketika Anda mengangkat kotak, kerja yang Anda lakukan positif. Energi ditransfer Anda ke kotak. Ketika Anda menurunkan kotak, kerja-nya berharga negatif. Energi ditransfer dari kotak ke Anda.

## **Daya**

Hingga sekarang, tidak ada satupun pembahasan tentang kerja menyebutkan waktu yang diperlukan untuk memindah sebuah benda. Kerja yang dilakukan untuk mengangkat sekotak buku akan sama, apakah kotak tersebut diangkat sekaligus dalam 2 detik atau masing-masing buku di dalam kotak diangkat satu per satu, sehingga memerlukan waktu 20 menit untuk meletakkannya di rak. Kerja yang dilakukan sama, tetapi daya (*power*)nya berbeda. **Daya (power)** adalah laju dilakukannya kerja atau laju di mana energi ditransfer. Daya adalah kerja yang dilakukan dibagi dengan waktu yang diperlukan. Daya dapat dihitung menggunakan,

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

Daya diukur dalam watt ( $W$ ). Satu watt adalah energi sebesar satu joule yang ditransfer selama satu detik. Sebuah mesin yang bekerja dengan laju satu joule per detik memiliki daya satu watt. Satuan watt merupakan satuan yang relatif kecil. Sebagai contoh, sebuah gelas air dengan berat 2 N Anda angkat sejauh 0,5 m menuju mulut Anda, maka Anda telah melakukan kerja sebesar 1 joule. Jika Anda melakukannya dalam satu detik, maka Anda melakukan kerja dengan laju satu watt. Karena watt merupakan satuan yang kecil, daya seringkali diukur dalam kilowatt (kW).

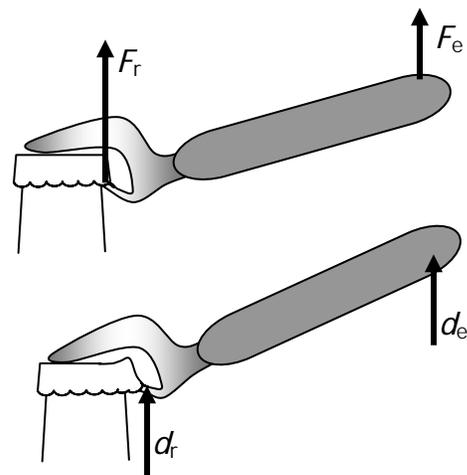
### Mesin/pesawat (sederhana)

Orang menggunakan mesin setiap hari. Beberapa merupakan alat yang sederhana seperti pembuka botol dan obeng; lainnya merupakan alat yang lebih kompleks seperti sepeda dan mobil. Baik digerakkan oleh orang maupun mesin, mesin atau "pesawat" membuat pekerjaan kita makin mudah. Sebuah pesawat memudahkan pekerjaan dengan merubah besar atau arah gaya, tetapi tidak mengubah kerja yang dilakukan.

### Pesawat sederhana (*simple machines*) dan pesawat kompleks

Ketika Anda menggunakan pembuka tutup botol, Anda mengangkat pegangan sambil melakukan kerja pada pembuka. Pembuka botol lalu membuka tutup botol, mengerjakan gaya pada tutup botol. Kerja yang Anda lakukan disebut dengan kerja masukan,  $W_m$ , sedangkan kerja yang dilakukan pesawat disebut dengan kerja keluaran,  $W_k$ .

Kerja adalah transfer energi menggunakan cara-cara mekanis. Anda melakukan kerja



Gambar 4. Pembuka botol adalah salah satu contoh pesawat sederhana. Dengan ini tutup botol lebih mudah, tetapi tidak mengurangi kerja yang dilakukan.

pada pesawat. Pada kasus ini, Anda mentransfer energi pada pembuka botol. Pesawat lalu melakukan kerja pada benda lain. Selanjutnya, giliran pembuka mentransfer energi pada penutup botol. Pembuka tutup botol bukanlah sumber energi, sehingga penutup tidak dapat menerima energi lebih banyak dari energi yang Anda berikan pada pembuka tutup. Dengan demikian, kerja keluaran tidak dapat lebih besar daripada kerja masukan. Pesawat hanyalah alat bantu untuk mentransfer energi Anda ke tutup botol.

### **Kekekalan Energi dan Keuntungan Mekanis**

Gaya yang Anda kerjakan pada pesawat disebut **gaya upaya,  $F_u$** . Gaya yang dihasilkan oleh pesawat disebut dengan **gaya beban,  $F_b$** . Perbandingan gaya beban terhadap gaya upaya,  $F_b/F_u$ , disebut dengan keuntungan mekanis (*KM*) atau *mechanical advantage* (*MA*) pesawat. Secara matematis dapat dituliskan,

$$MA = \frac{F_b}{F_u}$$

Beberapa pesawat, seperti pembuka botol, memiliki keuntungan mekanis lebih besar dari satu. Ketika keuntungan mekanis nilainya lebih dari satu, maka mesin meningkatkan gaya yang Anda kerjakan.

Kita dapat menghitung keuntungan mekanis ini menggunakan definisi kerja. Kerja masukan adalah perkalian gaya upaya yang Anda kerjakan,  $F_u$ , dan perpindahan tangan Anda,  $d_u$ . Dengan cara yang sama, kerja luaran adalah hasil kali antara gaya beban,  $F_b$ , dengan perpindahan yang diakibatkan oleh pesawat,  $d_b$ . Sebuah mesin meningkatkan gaya, tetapi tidak dapat meningkatkan energi. Sebuah mesin yang ideal mentransfer seluruh energi, sehingga kerja luaran sama dengan kerja masukan,

$$W_k = W_m, \text{ atau}$$

$$F_b d_b = F_u d_u$$

Persamaan tersebut dapat ditulis ulang dalam bentuk:  $\frac{F_b}{F_u} = \frac{d_u}{d_b}$ . Kita tahu bahwa

keuntungan mekanis diberikan oleh  $MA = \frac{F_b}{F_u}$ . Untuk sebuah pesawat ideal, kita juga

akan mempunyai  $MA = \frac{d_u}{d_b}$ . Karena persamaan ini merupakan karakteristik sebuah

pesawat yang ideal, maka keuntungan mekanisnya disebut dengan keuntungan mekanis ideal atau *ideal mechanical advantage, IMA*,

$$IMA = \frac{d_u}{d_b}$$

Perhatikan bahwa jika Anda menghitung jarak maka berarti Anda akan menghitung keuntungan mekanis ideal, *IMA*, sedangkan jika Anda menghitung gayanya maka berarti Anda menghitung keuntungan mekanis, *MA*.

Pada pesawat yang sesungguhnya, tidak seluruh kerja masukan sama ditransfer menjadi kerja luaran. **Efisiensi** dari sebuah mesin didefinisikan sebagai perbandingan antara kerja luaran terhadap kerja masukan. Dengan demikian,

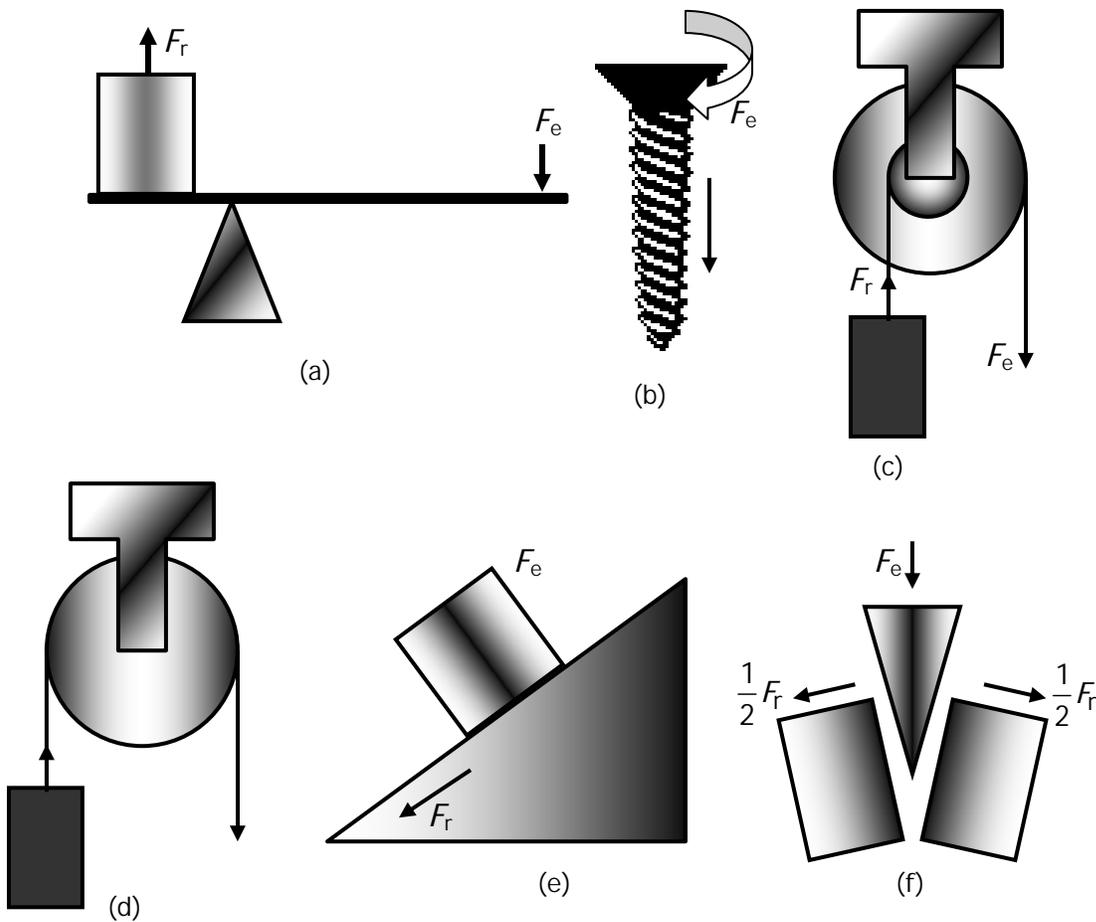
$$\text{efisiensi} = \frac{W_k}{W_m} \times 100\%$$

Sebuah pesawat ideal memiliki perbandingan  $W_o/W_i = 1$ , sehingga efisiensinya 100%. Seluruh pesawat yang ada dalam kehidupan kita sehari-hari mempunyai efisiensi kurang dari 100%. Kita dapat mengungkapkan efisiensi dalam bentuk keuntungan mekanis dan keuntungan mekanis ideal,

$$\text{efisiensi} = \frac{F_b / F_u}{d_b / d_u} \times 100\%$$

$$\text{efisiensi} = \frac{MA}{IMA} \times 100\%$$

Keuntungan mekanis ideal pada sebagian besar pesawat ditentukan oleh disain mesin. Sebuah mesin yang efisien memiliki harga  $MA$  dan  $IMA$  yang hampir sama, sedangkan mesin yang kurang efisien memiliki  $MA$  yang lebih kecil. Semakin rendah efisiensi pesawat berarti gaya upaya yang diperlukan untuk mengimbangi gaya beban lebih besar.

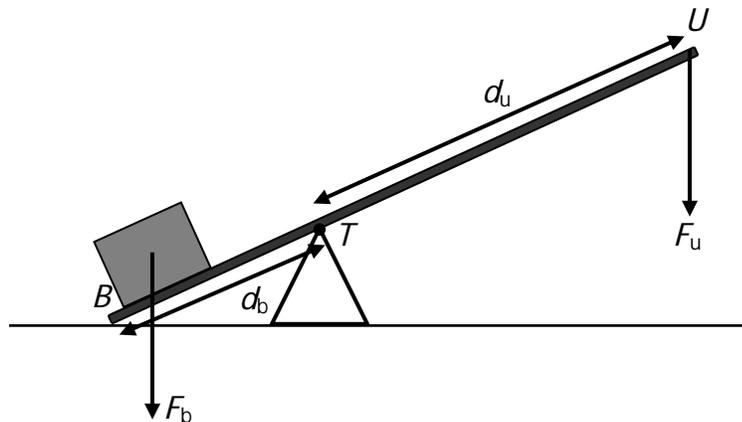


Gambar 5. Pesawat sederhana (a) pengungkit, (b) sekrup, (c) roda-dan-as, (d) katrol, (e) bidang miring, dan (f) baji.  
 © Ikhlasul  
 Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

Seluruh pesawat, bagaimanapun kompleksnya, merupakan kombinasi maksimal dari enam buah jenis pesawat yang ditunjukkan pada gambar 10. Keenamnya adalah pengungkit (*lever*), katrol (*pulley*), roda-dan-as (*wheel-and-axle*), bidang miring (*inclined plane*), baji (*wedge*), dan sekrup (*screw*). Gir, salah satu pesawat sederhana yang digunakan pada sepeda merupakan contoh roda-dan-as. Keuntungan mekanis ideal adalah perbandingan jarak gerakan. Gambar 9 menunjukkan bahwa untuk pengungkit dan roda-dan-as, perbandingan ini dapat dinyatakan dengan perbandingan antara tempat di mana gaya dikerjakan dan porosnya.

### Pengungkit

**Pengungkit/Tuas** adalah pesawat sederhana yang berbentuk batang keras yang dapat memutar suatu titik.



Gambar 6. Pengungkit.

Keterangan:

$U$  = titik upaya (tempat gaya bekerja)

$B$  = titik beban (tempat beban diletakkan)

$T$  = titik tumpu

$d_b$  (lengan beban) = jarak  $B-T$

$d_u$  (lengan upaya) = jarak  $A-T$

© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

$$F_u = \frac{d_b}{d_u} \times F_b$$

$F_b$  = gaya beban

$F_u$  = gaya upaya

### Prinsip kerja tuas:

Memperbesar gaya, artinya dengan gaya yang kecil dapat mengangkat atau memindahkan beban yang berat atau memindahkan benda lebih jauh.

Pada tuas berlaku hubungan berikut:

$$F_b \times d_b = F_u \times d_u \quad \text{atau} \quad F_u = \frac{d_b}{d_u} \times F_b$$

Dengan,  $F_b$  = berat beban dan  $F_u$  = gaya upaya.

### Pengungkit (tuas) dibedakan menjadi tiga jenis:

1. *Tuas jenis I* yaitu tuas dengan susunan  $T$  di antara  $B$  dan  $U$ .

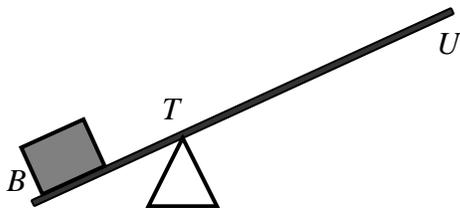
Contohnya: gunting, kakatua (catut), dan tang.

2. *Tuas jenis II* yaitu tuas dengan susunan  $B$  di antara  $T$  dan  $U$ .

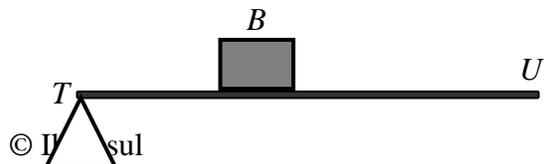
Contohnya: gerobak dorong, pembuka kaleng, pelubang kertas, dan pemecah kemiri.

3. *Tuas jenis III* yaitu tuas dengan susunan  $U$  di antara  $T$  dan  $B$ .

Contohnya: alat memancing, sapu, dan lengan bawah kita sewaktu mengangkat beban.



### Tuas jenis I

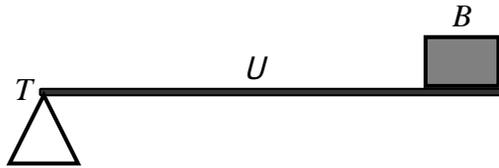


© I sul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh



### Tuas jenis II



### Tuas jenis III

Gambar 7. Jenis-jenis tuas dan contohnya.

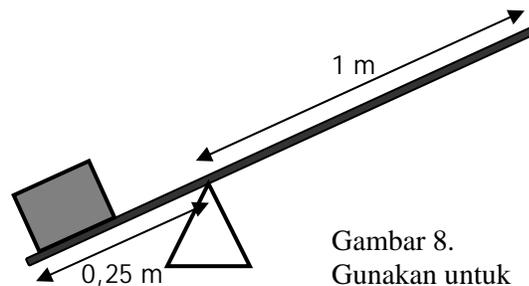
**Keuntungan mekanis** adalah perbandingan antara beban dan upaya atau perbandingan antara lengan upaya dan lengan beban.

$$MA = \frac{F_b}{F_u} \quad \text{atau} \quad IMA = \frac{d_u}{d_b}$$

### Contoh soal:

Perhatikan gambar di samping.

Berapa gaya yang diperlukan untuk mengangkat beban ( $W = 100 \text{ N}$ ) dan berapa keuntungan mekanis tuas tersebut?



Gambar 8.  
Gunakan untuk contoh soal.

### Penyelesaian:

**Diketahui:** berat beban ( $F_b$ ) = 100 N

lengan beban ( $d_b$ ) = 0,25 m

© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

lengan upaya ( $d_u$ ) = 1 m

**Ditanyakan:** gaya untuk mengangkat ( $F_u$ ) dan keuntungan mekanis tuas ( $MA$ )

**Jawab :**

Gaya angkat ( $F$ )

$$F_u = \left( \frac{d_b}{d_u} \right) F_b$$
$$= (0,25)(100 \text{ N}) = 25 \text{ N}$$

*Jadi*, besar gaya untuk mengangkat beban sebesar 25 N.

Keuntungan mekanis ( $M$ )

$$MA = \frac{F_b}{F_u} = \frac{100 \text{ N}}{25 \text{ N}} = 4$$

*Jadi*, keuntungan mekanis tuas adalah 4.

### **Katrol**

**Katrol** adalah pesawat sederhana berputar yang digunakan untuk meringankan mengangkat atau menarik benda karena dapat mengubah arah gaya ketika menarik atau mengangkat beban tersebut.

**Prinsip kerja katrol:** mengubah gaya angkat ke pada benda menjadi gaya tarik ke bawah.

**Macam-macam katrol antara lain:**

1. **Katrol tetap**, yaitu katrol yang porosnya ditempatkan pada tempat yang tetap.

**Contoh:** katrol untuk menimba air dari sumur.



atas

Gambar 9. Contoh katrol.

**Keuntungan mekanis:** 1, artinya tidak ada keuntungan mekanis, hanya sekedar mempermudah usaha.

**Katrol tetap sebagai tuas:**

Keterangan:

Titik tumpu =  $T$

Lengan beban ( $d_b$ ) =  $BT$

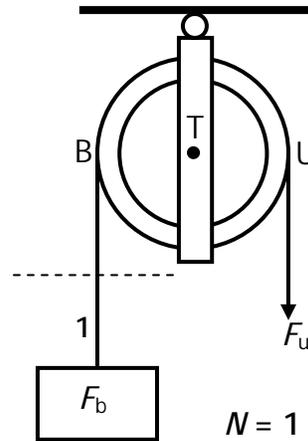
Gaya Berat =  $W$

Lengan upaya ( $d_u$ ) =  $UT$

Titik beban =  $B$

Gaya tarik =  $F$

Titik upaya =  $U$



Gambar 10. Katrol tetap.

**Keuntungan mekanis ideal:**

$$\frac{d_b}{d_u} = 1$$

**Contoh soal:**

Saepullah mengangkat seember air yang beratnya 25 newton dari sumur menggunakan katrol tetap. Berapa gaya yang harus dikeluarkan Saepullah?

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** berat seember air ( $F_b$ ) = 25 N; diangkat dengan katrol tetap.

$$\text{keuntungan mekanis (MA)} = 1$$

**Ditanyakan:** gaya tarik ( $F_u$ )

**Jawab:** Katrol memiliki keuntungan mekanis ( $MA$ ) = 1.

$$MA = \frac{F_b}{F_u} \Leftrightarrow 1 = \frac{25 \text{ N}}{F_u} \Leftrightarrow F_u = 25 \text{ N}$$

Jadi, gaya tarik Saepullah 25 N, sama dengan berat seember air.

2. **Katrol bergerak**, yaitu katrol yang dapat bergerak bebas saat digunakan.

**Keuntungan mekanis:** 2, artinya untuk mengangkat beban seberat  $F$  newton hanya diperlukan gaya setengah  $F$  newton.

**Katrol bergerak sebagai tuas:**

Keterangan:

Titik tumpu =  $U$

Gaya tarik =  $F$

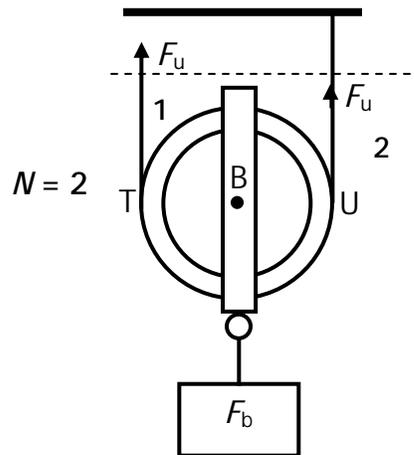
Titik beban =  $B$

Gaya berat =  $F_b = 2F_u$

Titik upaya =  $T$

Lengan beban ( $d_b$ ) =  $UB$

Lengan upaya ( $d_u$ ) =  $UT$



Gambar 11. Katrol bergerak.

**Keuntungan mekanis ideal:**

$$\frac{d_u}{d_e} = \frac{UT}{UB} = 2$$

**Contoh soal:**

Untuk mengangkat sebuah peti dengan katrol bergerak diperlukan gaya sebesar 200 N. Berapa newton berat peti tersebut?

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**

gaya tarik ( $F_u$ ) = 200 N

keuntungan mekanis ( $M$ ) = 2

**Ditanyakan:** berat benda ( $W$ )

**Jawab:** Katrol memiliki keuntungan mekanis ( $M$ ) = 2.

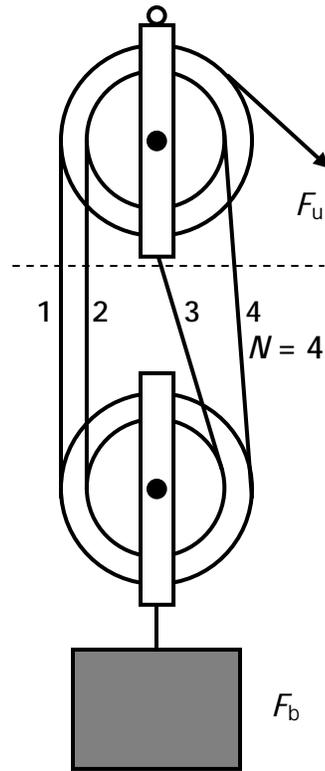
$$MA = \frac{F_b}{F_u} \Leftrightarrow 2 = \frac{F_b}{200\text{ N}} \Leftrightarrow F_b = 400\text{ N}$$

Jadi, berat peti tersebut adalah 400 N.

3. **Takal**, yaitu katrol majemuk yang tersusun atas katrol tetap dan katrol bergerak.

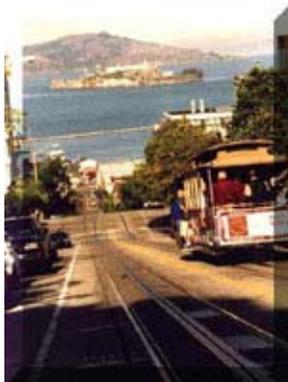
**Contoh:** katrol dalam alat derek di pelabuhan.

**Keuntungan mekanis:** tergantung banyak katrol dan tali yang terdapat pada takal, misalnya takal 4 tali mempunyai keuntungan mekanis 4. Secara singkat, untuk katrol,  $IMA = N$ .



Gambar 12. Katrol majemuk

### Bidang miring



Gambar 13. Contoh bidang miring.

**Bidang miring** adalah pesawat sederhana yang permukaannya dibuat miring sehingga dapat mempermudah kerja, misalnya memudahkan menaikkan benda berat ke atas.

**Prinsip kerja bidang miring:** Mengangsur kerja sehingga gaya yang dibutuhkan lebih kecil, tetapi tidak mengurangi besar usaha yang dilakukan.

**Persamaan pada bidang miring:**

$$F_u = \frac{h}{s} F_b$$

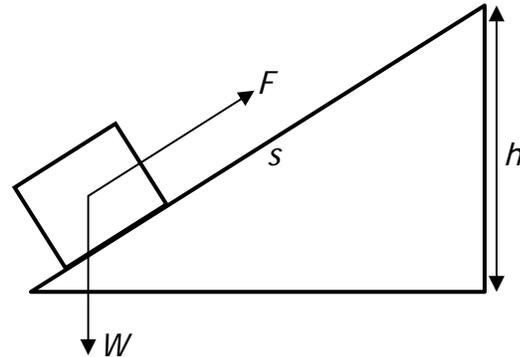
Keterangan:

$F_u$  = gaya angkat (N)

$F_b$  = berat beban (N)

$h$  = tinggi bidang miring (m)

$S$  = panjang bidang miring (m)



Gambar 14. Bidang miring.

**Keuntungan mekanis ideal:**  $IMA = \frac{s}{h}$

Persamaan-persamaan di atas berlaku jika bidang miring dianggap licin sempurna sehingga tidak menimbulkan gesekan.

**Contoh soal:**

Untuk memindahkan beban seberat 150 newton ke atas bak truk, seseorang menggunakan papan kayu yang panjangnya 2,5 meter. Jika tinggi bak truk terhadap tanah 1,25 meter, berapakah gaya dorong yang dikeluarkan orang itu dan berapakah keuntungan mekanis bidang miring itu?

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**

panjang papan ( $s$ ) = 2,5 m

tinggi bak ( $h$ ) = 1,25 m

berat beban ( $F_b$ ) = 150 N

© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

**Ditanyakan:** gaya dorong ( $F$ ) dan keuntungan mekanis ( $M$ )

**Jawab:**  $F_u = \frac{h}{s} F_b \Leftrightarrow F_u = \left( \frac{1,25 \text{ m}}{2,50 \text{ m}} \right) (150 \text{ N}) = 75 \text{ N}$

$$IMA = \frac{s}{h} \Leftrightarrow M = \frac{2,5 \text{ m}}{1,25 \text{ m}} = 2$$

Jadi, gaya dorong yang dikeluarkan sebesar 75 N dan keuntungan mekanis ideal bidang miring itu = 2.

**Manfaat prinsip bidang miring dalam kehidupan sehari-hari antara lain:**

1. Untuk meletakkan benda ke tempat yang lebih tinggi, misalnya meletakkan peti atau drum ke bak truk dengan menggunakan papan yang dipasang miring.
2. Tangga untuk memanjat selalu dibuat atau dipasang miring.
3. Jalan di pegunungan selalu dibuat berkelok-kelok, dan memutar untuk mengurangi kecuraman.
4. Alat-alat sehari-hari, misalnya baji, kapak, pisau, dan sekrup.

**Roda bergandar (Roda berporos)**



© Ikhlasul

Dilarang mengganda seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis





Gambar 15. Peralatan sehari-hari yang menggunakan prinsip roda-dan-as

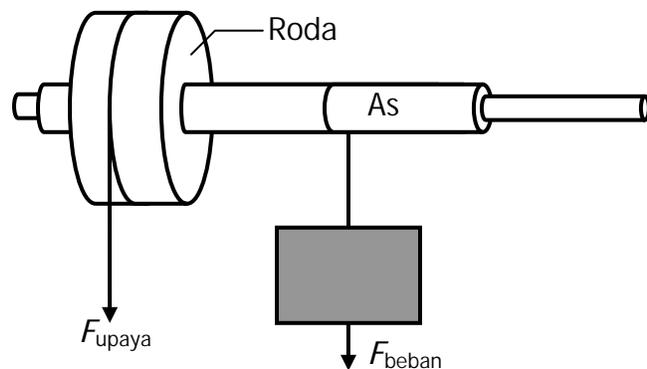
**Roda-dan-as** adalah pesawat sederhana yang terdiri atas sebuah roda (alat pemutar) yang dihubungkan dengan sebuah as yang dapat berputar bersama-sama.

**Keuntungan mekanis ideal roda bergandar:**

$$IMA = \frac{\text{jari-jari upaya}}{\text{jari-jari beban}}$$

Alat-alat yang menggunakan prinsip roda bergandar, antara lain:

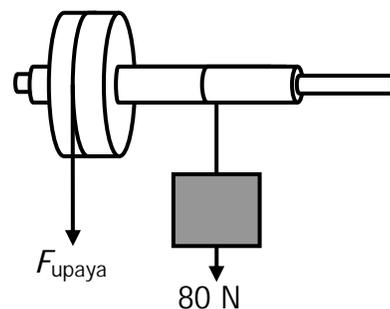
1. Kemudi mobil atau kapal
2. Poros putaran untuk menimba air
3. Roda gerinda
4. Mixer



Gambar 16. Roda-dan-as

**Contoh soal:**

Sebuah roda bergandar diketahui diameter rodanya 1 meter, sedangkan diameter gandarnya 20 cm. Alat itu digunakan untuk mengangkat beban seberat 80 newton. Tentukan keuntungan mekanik ideal roda bergandar!



© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** jari-jari roda ( $R$ ) = 1 m

jari-jari gandar ( $r$ ) = 20 cm = 0,2 m

berat beban ( $W$ ) = 80 N

Gambar 17. Gunakan untuk contoh soal

**Ditanyakan:** keuntungan mekanik ideal ( $IMA$ )

**Jawab:**

$$IMA = \frac{R_u}{r_b} = \frac{1 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} = 5$$

Jadi, keuntungan mekanis ideal roda bergandar adalah 5

**Gabungan pesawat sederhana**

Sebuah pesawat gabungan tersusun atas dua atau lebih pesawat yang tersambung sehingga gaya beban dari pesawat yang satu menjadi gaya upaya untuk mesin yang kedua. Sepeda adalah salah satu contohnya. Pedal atau sproket/gir bekerja seperti roda-as. Gaya upaya adalah gaya yang Anda kerjakan pada pedal,  $F_{\text{pada pedal}}$ . Gaya bebannya adalah gaya gir pada rantai,  $F_{\text{pada rantai}}$ .

Rantai memberikan gaya upaya pada gir roda belakang,  $F_{\text{oleh rantai}}$ , sama dengan gaya yang dikerjakan pada rantai. Gir belakang dan roda belakang bekerja seperti roda-dan-as. Gaya beban adalah gaya yang dikerjakan oleh roda pada jalan,  $F_{\text{pada jalan}}$ . Berdasarkan Hukum III Newton, permukaan jalan memberikan gaya ke depan pada roda. Gaya ini menghasilkan percepatan sepeda ke depan.

Keuntungan mekanis gabungan pesawat sederhana adalah perkalian antara keuntungan mekanis pesawat sederhana yang menyusunnya. Sebagai contoh, untuk kasus pada sepeda,

$$MA = \frac{F_{\text{pada rantai}}}{F_{\text{pada pedal}}} \square \frac{F_{\text{pada jalan}}}{F_{\text{oleh rantai}}}$$

$$MA = \frac{F_{\text{pada jalan}}}{F_{\text{pada pedal}}}$$

Keuntungan mekanis ideal pada setiap roda-dan-as adalah perbandingan antara jarak gerakan. Untuk gir pada pedal,

$$IMA = \frac{\text{jari-jari pedal}}{\text{jari-jari gir depan}}$$

Untuk roda belakang,

$$IMA = \frac{\text{jari-jari gir belakang}}{\text{jari-jari roda}}$$

Maka, untuk sepeda,

$$\begin{aligned} IMA &= \frac{\text{jari-jari pedal}}{\text{jari-jari gir depan}} \square \frac{\text{jari-jari gir belakang}}{\text{jari-jari roda}} \\ &= \frac{\text{jari-jari gir belakang}}{\text{jari-jari gir depan}} \square \frac{\text{jari-jari pedal}}{\text{jari-jari roda}} \end{aligned}$$

karena kedua gir menggunakan rantai yang sama dan mempunyai gigi yang sama besar, Anda dapat menghitung *IMA* dengan menghitung jumlah gigi pada gir dan menemukan bahwa,

$$IMA = \frac{\text{banyak gigi pada gir belakang}}{\text{banyak gigi pada gir depan}} \square \frac{\text{panjang lengan pedal}}{\text{jari-jari roda}}$$

Pada sebuah sepeda yang memiliki gir belakang dengan berbagai ukuran kelajuan, pengendara dapat mengubah keuntungan mekanis dengan memilih ukuran pada salah satu atau kedua sproket. Ketika memerlukan percepatan besar atau mendaki, pengendara menaikkan keuntungan mekanis untuk meningkatkan gaya yang dimiliki roda yang dikerjakan pada jalan. Sebaliknya, jika berada di jalan yang rata atau pada kelajuan yang tinggi, gaya yang diperlukan lebih kecil, dan pengendara menurunkan keuntungan mekanis untuk mengurangi jumlah putaran pedal untuk setiap satu putaran penuh roda.



Gambar 18. Sistem gaya yang bekerja pada sepeda

**Contoh**

Seorang siswa menggunakan sepeda dengan jari-jari gir 4 cm dan jari-jari roda 35,6 cm. Ketika sebuah gaya 155 N dikerjakan pada rantai, roda berputar sejauh 14 cm. Karena gaya gesekan, efisiensi sepeda 95%. a. Berapa *IMA* roda dan gir? b. Berapa *MA* roda dan gir? c. Berapa penunjukan neraca pegas ketika digunakan untuk mengukur roda? d. Berapa jauh pengendara menarik rantai?

**Diketahui:**

Gaya upaya,  $F_e = 155 \text{ N}$

Jari-jari gir = 4 cm

Jari-jari roda = 35,6 cm

© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

Efisiensi = 95%

Perpindahan beban,  $d_e = 14$  cm

**Ditanyakan:**

- a.  $IMA$
- b.  $MA$
- c.  $F_r$
- d.  $d_e$

**Penyelesaian:**

a. 
$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{\text{jari-jari gir}}{\text{jari-jari roda}}$$
$$= \frac{4 \text{ cm}}{35,6 \text{ cm}}$$
$$= 0,112$$

b. Karena efisiensi =  $\frac{MA}{IMA} \times 100\%$

$$MA = \text{eff} \square \frac{IMA}{100\%}$$
$$= \frac{(95\%)(0,112)}{100\%}$$
$$= 0,107$$

c.  $MA = \frac{F_r}{F_e}$

$$F_r = (MA)(F_e)$$
$$= (0,107)(155 \text{ N}) = 16,6 \text{ N}$$

d.  $IMA = \frac{d_e}{d_r}$

© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis

$$d_e = (IMA)(d_r)$$
$$= (0,112)(14 \text{ cm}) = 1,57 \text{ cm}$$

Sumber:

Dauids, Mark., Neff, Robert., Wedding, Kelly., Zitzewitz, Paul. (1995). *Merril Physical Science Teacher Wraparound Edition*. NewYork: GLENCOE McGraw-Hill.

© Ikhlasul

Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa izin dari penulis