

## Materi 5 Pendidikan Konsep Dasar IPA Smt 1

### Pengertian Usaha Dan Energi, Daya

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan mekanika benda titik dengan cara menganalisis hubungan antara usaha, perubahan energi, dan hukum kekekalan energi mekanik, serta menerapkan hukum kekekalan energi mekanik untuk menganalisis gerak dalam kehidupan sehari-hari. Kehidupan manusia tidak pernah lepas dari usaha dan energi. Manusia membutuhkan energi agar dapat melakukan usaha. Tahukah Anda definisi usaha dalam Fisika? Benarkah suatu hari nanti energi yang digunakan untuk melakukan usaha tersebut akan habis?

Dalam Fisika, dikenal adanya Hukum Kekekalan Energi. Menurut hukum tersebut, energi yang digunakan oleh seorang atlet papan seluncur (skateboard) ketika melakukan peluncuran dari titik tertinggi hingga titik lain pada bidang luncur, jumlah energinya selalu sama atau konstan. Hanya saja, energi tersebut berubah dari energi potensial menjadi energi kinetik atau sebaliknya. Bagaimanakah cara menentukan besar energi potensial dan energi kinetik tersebut? Bagaimanakah hubungannya dengan usaha yang dilakukan oleh atlet skateboard untuk meluncur? Bagaimana juga hubungan usaha dan energi tersebut dengan kecepatan atlet skateboard untuk meluncur?



Atlet skateboard. [1]

Agar Anda dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, pelajilah pembahasan materi dalam Bab ini yang akan menjelaskan tentang usaha, energi, dan daya dalam Fisika.

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan mekanika benda titik dengan cara menganalisis hubungan antara usaha, perubahan energi, dan hukum kekekalan energi mekanik, serta menerapkan hukum kekekalan energi mekanik untuk menganalisis gerak dalam kehidupan sehari-hari.

#### A. Usaha

Kata usaha dalam kehidupan sehari-hari adalah berbagai aktivitas yang dilakukan manusia. Contohnya, Valentino Rossi berusaha meningkatkan kelajuan motornya untuk menjadi juara dunia Moto GP yang ke delapan kalinya, Ronaldinho berusaha mengecoh penjaga gawang agar dapat mencetak gol, dan Firdaus berusaha mempelajari Fisika untuk persiapan ulangan harian.

Anda pun dikatakan melakukan usaha saat mendorong sebuah kotak yang terletak di atas lantai. Besar usaha yang Anda lakukan bergantung pada besar gaya yang Anda berikan untuk mendorong kotak dan besar perpindahan kotak.

Dalam Fisika, usaha memiliki definisi yang lebih khusus. Jika Anda memberikan gaya konstan  $F$  pada suatu benda sehingga menyebabkan benda berpindah sejauh  $s$ , usaha  $W$  yang dilakukan gaya tersebut dinyatakan dengan :

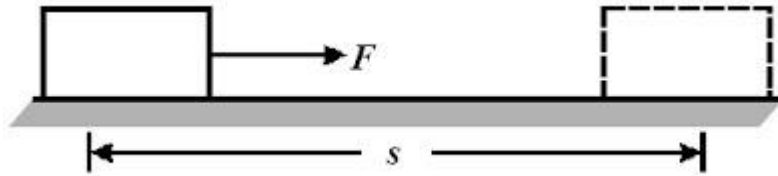
$$W = F \times s \quad (1-1)$$

dengan :

$F$  = gaya (N),

$s$  = perpindahan (m), dan

$W$  = usaha (Nm = joule).



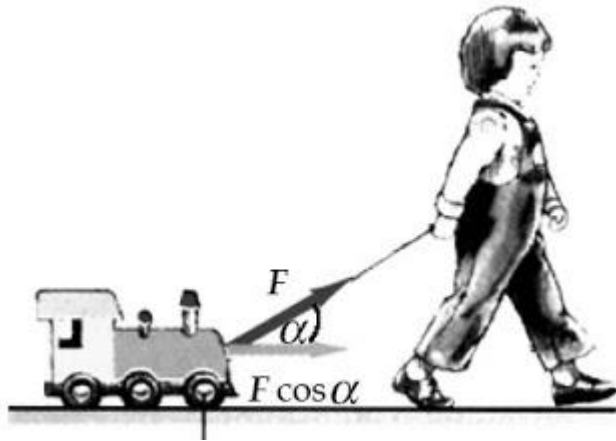
Gambar 1. Sebuah balok yang berpindah sejauh karena gaya memiliki usaha  $W=Fs$ .

Terdapat dua persyaratan khusus mengenai definisi usaha dalam Fisika ini. Pertama, gaya yang diberikan pada benda haruslah menyebabkan benda tersebut berpindah sejauh jarak tertentu. Perhatikanlah Gambar 2. Walaupun orang tersebut mendorong dinding tembok hingga tenaganya habis, dinding tembok tersebut tidak berpindah. Dalam Fisika, usaha yang dilakukan orang tersebut terhadap dinding tembok sama dengan nol atau ia dikatakan tidak melakukan usaha pada dinding tembok karena tidak terjadi perpindahan pada objek kerja/usaha yaitu dinding tembok. Kedua, agar suatu gaya dapat melakukan usaha pada benda, gaya tersebut harus memiliki komponen arah yang paralel terhadap arah perpindahan.



Gambar 2. Contoh gaya yang tidak menimbulkan perpindahan benda sehingga  $W = 0$ . [2]

Perhatikanlah Gambar 3. Juwita menarik kereta api mainan dengan menggunakan tali sehingga gaya tariknya membentuk sudut  $\alpha$  terhadap bidang horizontal dan kereta api mainan tersebut berpindah sejauh  $s$ .



Gambar 3. Gaya tarik yang dilakukan Juwita membentuk sudut  $\alpha$  terhadap arah perpindahannya. [2]

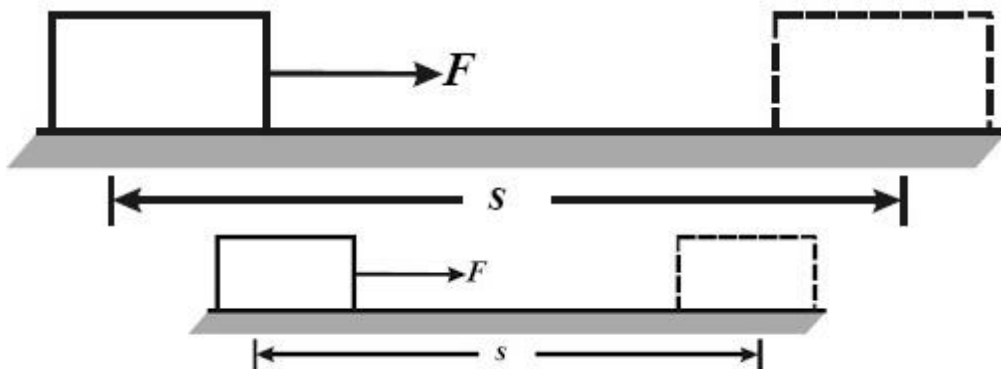
Dengan demikian, gaya yang bekerja pada kereta api mainan membentuk sudut  $\alpha$  terhadap arah perpindahannya. Oleh karena itu, besar usaha yang dilakukan gaya tersebut dinyatakan dengan persamaan :

$$W = F \cos \alpha \, s \quad (1-2)$$

dengan  $\alpha$  = sudut antara gaya dan perpindahan benda (derajat).

Contoh Soal 1 :

Sebuah benda yang beratnya 10 N berada pada bidang datar. Pada benda tersebut bekerja sebuah gaya mendatar sebesar 20 N sehingga benda berpindah sejauh 50 cm. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut?



Kunci Jawaban :

Diketahui :

$$W = 10 \, \text{N},$$

$$F = 20 \, \text{N}, \text{ dan}$$

$$s = 50 \, \text{cm}.$$

$$W = Fs$$

$$W = (20 \, \text{N})(0,5 \, \text{m}) = 10 \, \text{joule}$$

Contoh Soal 2 :

Sebuah gaya  $F = (3i + 4j) \, \text{N}$  melakukan usaha dengan titik tangkapnya berpindah menurut  $r = (5i + 5j) \, \text{m}$  dan vektor  $i$  dan  $j$  berturut-turut adalah vektor satuan yang searah dengan sumbu-x dan sumbu-y pada koordinat Cartesian. Berapakah usaha yang dilakukan gaya tersebut?

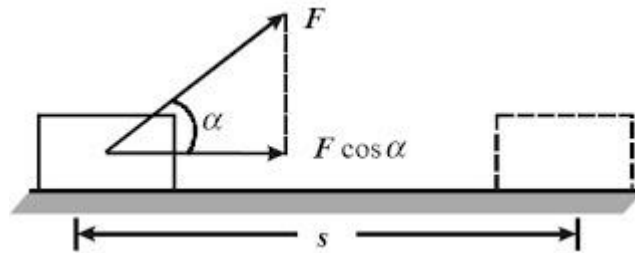
Kunci Jawaban :

$$\text{Diketahui: } F = (3i + 4j) \, \text{N} \text{ dan } r = (5i + 5j) \, \text{m}.$$

$$W = F \cdot s \text{ atau } W = F \cdot r = (3i + 4j) \, \text{N} \cdot (5i + 5j) \, \text{m} = 15 + 20 = 35 \, \text{joule}$$

Contoh Soal 3 :

Sebuah balok bermassa 10 kg ditarik dengan gaya 50 N sehingga berpindah sejauh 8 m. Jika  $\alpha = 60^\circ$  dan gesekan antara balok dan lantai diabaikan, berapakah usaha yang dilakukan gaya itu?



Kunci Jawaban :

Diketahui:  $F = 50 \text{ N}$ ,  $s = 8 \text{ m}$ , dan  $\alpha = 60^\circ$ .

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

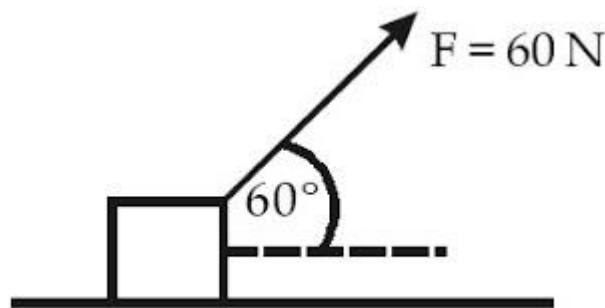
$$W = (50 \text{ N})(\cos 60^\circ)(8 \text{ m})$$

$$W = (50 \text{ N})(1/2)(8 \text{ m})$$

$$W = 200 \text{ joule.}$$

Contoh Soal 4 :

Sebuah benda  $m = 4 \text{ kg}$  ditarik dengan gaya  $60 \text{ N}$  (lihat gambar). Usaha yang dilakukan gaya tersebut untuk memindahkan benda sejauh  $5 \text{ m}$  adalah ...



- a. 40 joule
- b. 75 joule
- c. 150 joule
- d. 200 joule
- e. 300 joule

Kunci Jawaban :

$$W = F s$$

$$W = 60 \cos (60^\circ) \cdot 5$$

$$W = (60) (1/2) (5)$$

$$W = 150 \text{ joule}$$

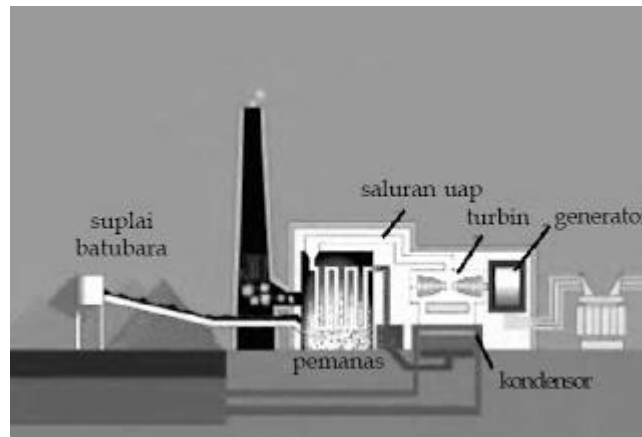
Jawab: c

## B. Energi

### 1. Pengertian Energi

Energi memegang peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan kemajuan suatu negara. Seluruh aktivitas kehidupan manusia bisa dilakukan dengan melibatkan penggunaan energi. Pada zaman prasejarah sampai awal zaman sejarah, hanya kayu yang digunakan sebagai sumber energi untuk keperluan memasak dan pemanasan. Sekitar awal abad ke-13 mulai digunakan batubara. Penemuan mesin uap yang menggunakan batubara sebagai sumber energinya pada abad ke-18 membawa perkembangan baru dalam kehidupan manusia. Mesin uap ini mampu menghasilkan energi yang cukup besar untuk menggerakkan mesin-mesin industri sehingga memacu api revolusi industri di Eropa, di mana energi mulai digunakan secara besar-besaran.

Pada awal abad ke-19, muncullah minyak bumi yang berperan sebagai sumber energi untuk pemanasan dan penerangan sehingga mulai menggantikan peran batubara. Kemudian, peran minyak bumi pun mulai digantikan oleh energi listrik pada akhir abad ke-19.

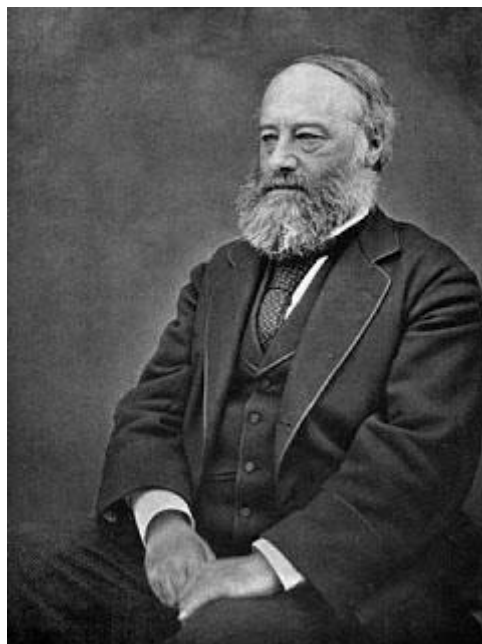


Gambar 4. Skema pembangkit listrik tenaga batubara.

Energi listrik dihasilkan dari proses pengubahan energi gerak putaran generator. Pada umumnya, sumber energi yang digunakan untuk memutar generator berasal dari minyak bumi, batubara, dan gas alam. Oleh karena energi listrik ini dihasilkan dari proses pengubahan energi lain yang tersedia di alam, energi listrik disebut juga energi sekunder. Energi listrik terus memegang peranan penting dalam kehidupan manusia sampai saat ini. Pada abad ke-20 ditemukan lagi alternatif sumber energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, di antaranya energi panas bumi, nuklir, dan surya. Apakah energi itu? Secara umum, dapat dikatakan bahwa energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Anda membutuhkan energi agar dapat berjalan, berlari, bekerja, dan melakukan berbagai aktivitas lainnya. Dari manakah energi yang Anda butuhkan untuk beraktivitas tersebut? Makanan dan minuman memberikan Anda energi kimia yang siap dibakar dalam tubuh sehingga akan dihasilkan energi yang Anda perlukan untuk melakukan usaha atau aktivitas sehari-hari. Mobil dan sepeda motor dapat bergerak karena adanya sumber energi kimia yang terkandung dalam bensin. Dapatkah Anda menyebutkan bentuk-bentuk energi lainnya yang Anda ketahui? Energi baru dapat dirasakan manfaatnya apabila energi tersebut telah berubah bentuk. Contohnya, energi kimia dalam bahan bakar berubah menjadi energi gerak untuk memutar roda. Energi listrik berubah menjadi energi cahaya lampu, menjadi energi kalor pada setrika, rice cooker, magic jar, dan dispenser, serta menjadi energi gerak pada bor, mesin cuci, mixer, dan kipas angin.

Tokoh Fisika :

#### James Prescott Joule



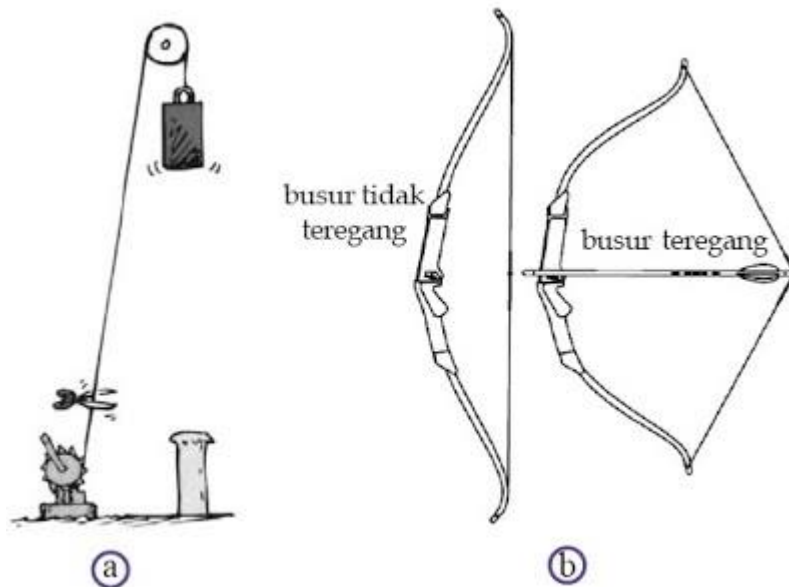
James Prescott Joule. [3]

Joule dilahirkan di Salford, Inggris. Ia mempelajari pengaruh pemanasan menggunakan aliran listrik dan menyadari bahwa panas adalah suatu bentuk energi. Namanya kemudian digunakan sebagai ukuran satuan energi. (Sumber: Jendela Iptek, 1997)

## 2. Energi Potensial

Suatu benda dapat menyimpan energi karena kedudukan atau posisi benda tersebut. Contohnya, suatu beban yang diangkat setinggi  $h$  akan memiliki energi potensial, sementara busur panah yang berada pada posisi normal (saat busur itu tidak diregangkan) tidak memiliki energi potensial. Dengan demikian, energi potensial adalah energi yang tersimpan dalam suatu benda akibat kedudukan atau posisi benda tersebut dan suatu saat dapat dimunculkan.

Energi potensial terbagi atas dua, yaitu energi potensial gravitasi dan energi potensial elastis. Energi potensial gravitasi ini timbul akibat tarikan gaya gravitasi Bumi yang bekerja pada benda. Contoh energi potensial gravitasi ini adalah seperti pada Gambar 5a.



Gambar 5. (a) Beban yang digantung pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial gravitasi. (b) Busur yang teregang memiliki energi potensial elastis, sedangkan yang tidak teregang tidak memiliki energi potensial. [2]

Jika massa beban diperbesar, energi potensial gravitasinya juga akan membesar. Demikian juga, apabila ketinggian benda dari tanah diperbesar, energi potensial gravitasi beban tersebut akan semakin besar. Hubungan ini dinyatakan dengan persamaan :

$$EP = mgh \quad (1-3)$$

dengan:

EP = energi potensial (joule),

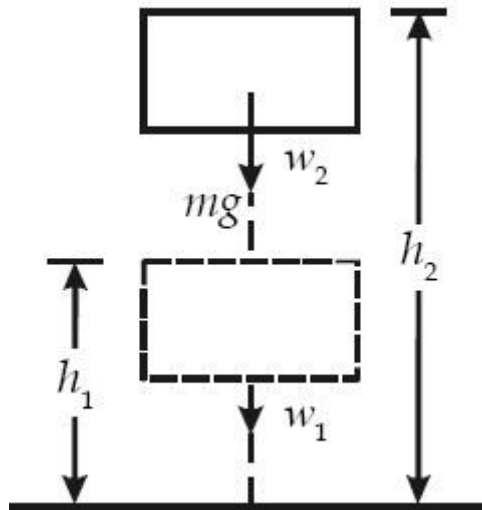
$w$  = berat benda (newton) =  $mg$ ,

$m$  = massa benda (kg),

$g$  = percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ ), dan

$h$  = tinggi benda (m).

Sebuah benda yang berada pada suatu ketinggian tertentu apabila dilepaskan, akan bergerak jatuh bebas sebab benda tersebut memiliki energi potensial gravitasi. Energi potensial gravitasi benda yang mengalami jatuh bebas akan berubah karena usaha yang dilakukan oleh gaya berat. Perhatikanlah Gambar 6.



Gambar 6. Usaha yang ditimbulkan oleh gaya berat sebesar  $-mg(h_2 - h_1)$ .

Apabila tinggi benda mula-mula  $h_1$  usaha yang dilakukan oleh gaya berat untuk mencapai tempat setinggi  $h_2$  adalah sebesar:

$$W_w = mgh_1 - mgh_2$$

$$W_w = mg(h_1 - h_2)$$

$$W_w = -mg(h_2 - h_1) \quad (1-4)$$

dengan:

$W_w$  = usaha oleh gaya berat.

Oleh karena  $mgh = EP$ , perubahan energi potensial gravitasinya dapat dinyatakan sebagai  $\Delta EP$  sehingga Persamaan (1-4) dapat dituliskan :

$$W_w = \Delta EP \quad (1-5)$$

Contoh Soal 5 :

Mula-mula, sebuah benda dengan massa 2 kg berada di permukaan tanah. Kemudian, benda itu dipindahkan ke atas meja yang memiliki ketinggian 1,25 m dari tanah. Berapakah perubahan energi potensial benda tersebut? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

Kunci Jawaban :

Diketahui:  $m = 2 \text{ kg}$ ,  $h_2 = 1,25 \text{ m}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Perubahan energi potensial benda:

$$\Delta EP = mg(h_2 - h_1)$$

$$\Delta EP = (2 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(1,25 \text{ m} - 0 \text{ m}) = 25 \text{ joule}$$

Jadi, perubahan energi potensialnya 25 joule.

Contoh Soal 6 :

Sebuah benda berada pada ketinggian 40 m dari tanah. Kemudian, benda itu jatuh bebas. Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya berat hingga benda sampai ke tanah? Diketahui massa benda adalah 1,5 kg dan percepatan gravitasi bumi  $10 \text{ m/s}^2$ .

Kunci Jawaban :

Diketahui:  $h_1 = 40 \text{ m}$ ,  $h_2 = 0$ ,  $m = 1,5 \text{ kg}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

$$W_w = mgh_1 - mgh_2$$

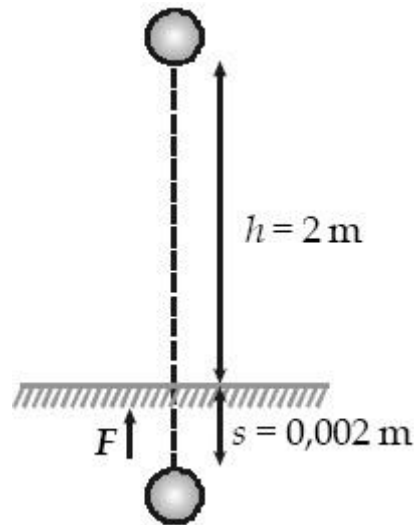
$$W_w = mg(h_1 - h_2)$$

$$W_w = (1,5 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(40 \text{ m} - 0 \text{ m})$$

$$W_w = 600 \text{ joule}$$

Contoh Soal 7 :

Sebuah benda bermassa 0,10 kg jatuh bebas vertikal dari ketinggian 2 m ke hamparan pasir. Jika benda itu masuk sedalam 2 cm ke dalam pasir sebelum berhenti, besar gaya rata-rata yang dilakukan pasir untuk menghambat benda adalah sekitar ....



- a. 30 N
- b. 50 N
- c. 60 N
- d. 90 N
- e. 100 N

Kunci Jawaban :

$$Fs = mg \Delta h$$

$$(F)(2 \text{ cm}) = (0,10 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)$$

$$(2,02 \text{ m})$$

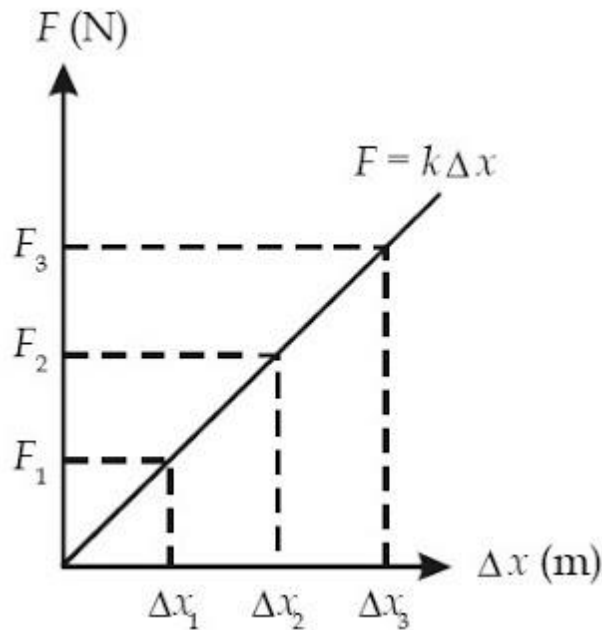
$$F = 100,1 \text{ N} \sim 100 \text{ N}$$

Jawab: e

Bentuk energi potensial yang kedua adalah energi potensial elastis. Energi potensial adalah energi yang tersimpan di dalam benda elastis karena adanya gaya tekan dan gaya regang yang bekerja pada benda. Contoh energi potensial ini ditunjukkan pada Gambar 5b. Besarnya energi potensial elastis bergantung pada besarnya gaya tekan atau gaya regang yang diberikan pada benda tersebut.

Anda telah mempelajari sifat elastis pada pegas dan telah mengetahui bahwa gaya pemulih pada pegas berbanding lurus dengan pertambahan panjangnya. Pegas yang berada dalam keadaan tertekan atau teregang dikatakan memiliki energi potensial elastis karena pegas tidak berada dalam keadaan posisi setimbang. Perhatikanlah Gambar 7.





Gambar 7. Grafik hubungan  $F(N)$  terhadap  $\Delta x$  pada kurva  $F = k\Delta x$ .

Grafik tersebut menunjukkan kurva hubungan antara gaya dan pertambahan panjang pegas yang memenuhi Hukum Hooke. Jika pada saat Anda menarik pegas dengan gaya sebesar  $F_1$  pegas itu bertambah panjang sebesar  $\Delta x_1$ . Demikian pula, jika Anda menarik pegas dengan gaya sebesar  $F_2$  pegas akan bertambah panjang sebesar  $\Delta x_2$ . Begitu seterusnya. Dengan demikian, usaha total yang Anda berikan untuk meregangkan pegas adalah :

$$W = F_1 \Delta x_1 + F_2 \Delta x_2 + \dots$$

Besarnya usaha total ini sama dengan luas segitiga di bawah kurva  $F$  terhadap  $\Delta x$  sehingga dapat dituliskan

$$W = \frac{1}{2} F \Delta x$$

$$W = \frac{1}{2} (k \Delta x \Delta x)$$

$$W = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \quad (1-6)$$

Oleh karena usaha yang diberikan pada pegas ini akan tersimpan sebagai energi potensial, dapat dituliskan persamaan energi potensial pegas adalah sebagai berikut.

$$EP = \frac{1}{2} k \Delta x^2$$

Energi potensial pegas ini juga dapat berubah karena usaha yang dilakukan oleh gaya pegas. Besar usaha yang dilakukan oleh gaya pegas itu dituliskan dengan persamaan

$$W = -\Delta EP \quad (1-7)$$

Contoh Soal 8 :

Sebuah pegas yang tergantung tanpa beban panjangnya 15 cm. Kemudian, ujung bawah pegas diberi beban 5 kg sehingga pegas bertambah panjang menjadi 20 cm.

Tentukanlah:

- tetapan pegas, dan
- energi potensial elastis pegas.

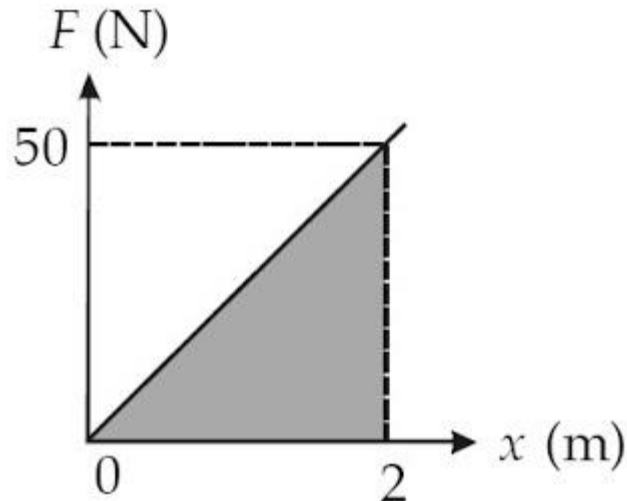
Kunci Jawaban :

Diketahui:  $\ell_0 = 15 \text{ cm}$ ,  $\ell_1 = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$ , dan  $m = 5 \text{ kg}$ .

$$\begin{aligned} \text{a. } k &= \frac{F}{\Delta x} = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{(5\text{kg})(10\text{m/s}^2)}{(20\text{cm} - 15\text{cm}) \times 10^{-2}} = 1.000 \text{ N/m} \\ \text{b. } W &= \frac{1}{2} k (\Delta x)^2 = \frac{1}{2} (1.000 \text{ N/m})(5 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 1,25 \text{ joule} \\ &\text{atau} \\ W &= \frac{1}{2} F (\Delta x) = \frac{1}{2} (50 \text{ N})(5 \times 10^{-2} \text{ m}) = 1,25 \text{ joule} \end{aligned}$$

Contoh Soal 9 :

Perhatikan grafik hubungan gaya (F) dan pertambahan panjang pegas ( $\Delta x$ ) berikut. Tentukan energi potensial elastis pegas pada saat pegas ditarik dengan gaya 50 N.



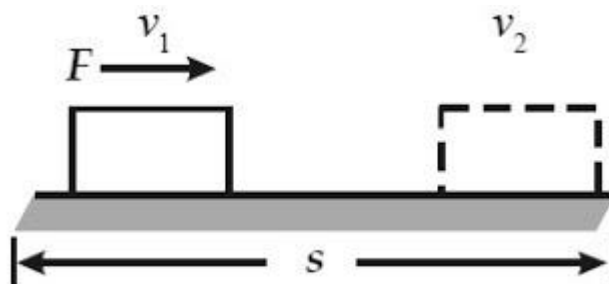
Kunci Jawaban :

Diketahui  $F = 50 \text{ N}$ .

$$W = \frac{1}{2} (F) (\Delta x) = \frac{1}{2} (50 \text{ N}) (2 \text{ m}) = 50 \text{ joule}$$

### 3. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda karena gerakannya. Jadi, setiap benda yang bergerak memiliki energi kinetik. Contohnya, energi kinetik dimiliki oleh mobil yang sedang melaju, pesawat yang sedang terbang, dan anak yang sedang berlari. Perhatikanlah Gambar 8.



Gambar 8. Gaya F menyebabkan benda bergerak sejauh s sehingga kecepatan benda berubah dari  $v_1$  menjadi  $v_2$ .

Benda bermassa  $m_1$  bergerak dengan kecepatan  $v_1$ . Benda tersebut bergerak lurus berubah beraturan sehingga setelah menempuh jarak sebesar s, kecepatan benda berubah menjadi  $v_2$ . Oleh karena itu, pada benda berlaku persamaan  $v_2 = v_1 + at$  dan  $s = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$ . Anda telah mengetahui bahwa percepatan yang timbul pada gerak lurus berubah beraturan berhubungan dengan gaya F yang bekerja padanya sehingga benda bergerak dengan percepatan a.

Besar usaha yang dilakukan gaya sebesar F pada benda dapat dihitung dengan persamaan

$$W = Fs = mas \quad (1-8)$$

Oleh karena gerak benda adalah gerak lurus berubah beraturan, nilai  $a$  dan  $s$  pada Persamaan (4–8) dapat disubstitusikan dengan persamaan  $a$  dan  $s$  dari gerak lurus berubah beraturan, yaitu :

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} \text{ dan } s = \frac{1}{2} (v_2 + v_1) t$$

sehingga diperoleh :

$$W = m \left( \frac{v_2 - v_1}{t} \right) \frac{1}{2} (v_2 + v_1) t$$

$$Fs = m (v_2 - v_1) (v_2 + v_1)$$

$$Fs = \frac{1}{2} (mv_2^2 - mv_1^2)$$

(1–9)

Besaran  $\frac{1}{2} mv^2$  merupakan energi kinetik benda karena menyatakan kemampuan benda untuk melakukan usaha. Secara umum, persamaan energi kinetik dituliskan sebagai :

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 \quad (1-10)$$

dengan:

EK = energi kinetik (joule),

$m$  = massa benda (kg), dan

$v$  = kecepatan benda (m/s).

Dari Persamaan (1–10), Anda dapat memahami bahwa energi kinetik benda berbanding lurus dengan kuadrat kecepatannya. Apabila kecepatan benda meningkat dua kali lipat kecepatan semula, energi kinetik benda akan naik menjadi empat kali lipat. Dengan demikian, semakin besar kecepatan suatu benda, energi kinetiknya akan semakin besar pula.

Perubahan energi kinetik benda dari  $EK = \frac{1}{2} mv_1^2$  menjadi  $EK = \frac{1}{2} mv_2^2$  merupakan besar usaha yang dilakukan oleh resultan gaya yang bekerja pada benda. Secara matematis, persamaannya dapat dituliskan sebagai :

$$W = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$$

$$W = EK_2 - EK_1 = \Delta EK \quad (1-11)$$

Contoh Soal 10 :

Sebuah peluru yang massanya 10 gram, bergerak dengan kecepatan 80 m/s. Tentukanlah energi kinetik peluru pada saat itu.

Kunci Jawaban :

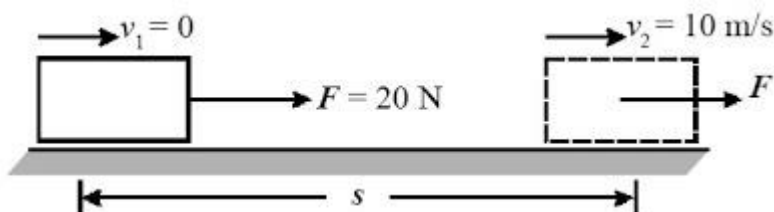
Diketahui:  $m = 10 \text{ gram} = 1 \times 10^{-2} \text{ kg}$  dan  $v = 80 \text{ m/s}$ .

Energi kinetik peluru adalah :

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} (1 \times 10^{-2} \text{ kg})(80 \text{ m/s})^2 = 32 \text{ joule}.$$

Contoh Soal 11 :

Sebuah benda bermassa 2 kg berada dalam keadaan diam pada sebuah bidang datar yang licin. Kemudian, pada benda tersebut bekerja sebuah gaya  $F = 20 \text{ N}$  sehingga kecepatannya menjadi 10 m/s.



Tentukanlah:

- a. usaha yang dilakukan oleh gaya  $F$ , dan
- b. jarak yang telah ditempuh.

Kunci Jawaban :

Diketahui: mula-mula benda dalam keadaan diam, berarti  $v_1 = 0$ ,  $v_2$  sebesar 10 m/s, dan massa benda  $m = 2$  kg.

Dengan mempergunakan Persamaan (1–10), diperoleh :

a. Usaha yang dilakukan oleh gaya  $F$ :

$$W = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$$

$$W = (1/2)(2 \text{ kg})(10 \text{ m/s})^2 - 0$$

$$W = 100 \text{ joule.}$$

b. Jarak yang ditempuh:

$$W = Fs \rightarrow 100 \text{ J} = (20 \text{ N})(s)$$

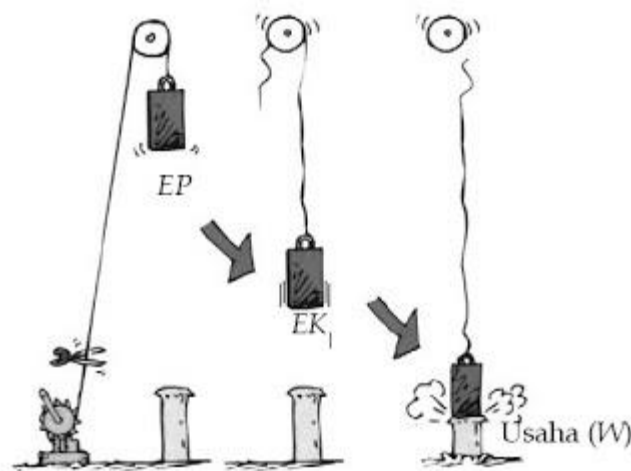
$$s = 100\text{J} / 20\text{N} = 5 \text{ meter}$$

Catatan Fisika :

Ketiga mesin utama pesawat luar angkasa dapat menghasilkan daya sebesar 33.000 MW. Daya sebesar ini dihasilkan ketiga mesin tersebut dengan membakar 3.400 kg bahan bakar setiap sekon. Hal ini, seperti mengosongkan kolam renang berukuran sedang dalam waktu 20 sekon. (Sumber: Conceptual Physic, 1998)

#### 4. Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Dalam proses melakukan usaha, benda yang melakukan usaha itu memindahkan energi yang dimilikinya ke benda lain. Energi yang dimiliki benda agar benda itu dapat melakukan usaha dinamakan energi mekanik.



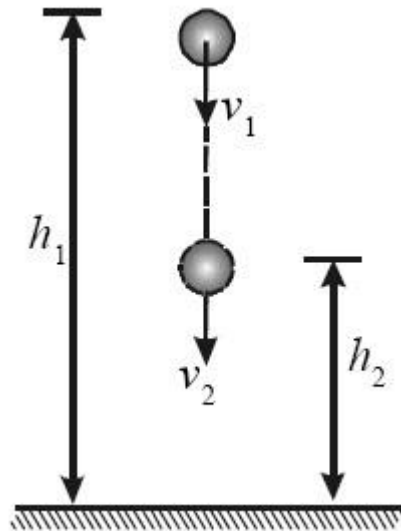
Gambar 9. Energi mekanik benda dalam bentuk energi potensial dan energi kinetik dapat diubah menjadi usaha. [2]

Perhatikanlah Gambar 9. Beban yang ditarik sampai di ketinggian  $h$  memiliki energi mekanik dalam bentuk energi potensial. Saat tali yang menahan berat beban digunting, energi berubah menjadi energi kinetik. Selanjutnya, saat beban menumbuk pasak yang terletak di bawahnya, beban tersebut memberikan gaya yang menyebabkan pasak terbenam ke dalam tanah. Beban itu dikatakan melakukan usaha pada pasak.

Dengan demikian, energi mekanik dapat didefinisikan sebagai jumlah energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki oleh suatu benda, atau disebut juga energi total. Besarnya energi mekanik suatu benda selalu tetap, sedangkan energi kinetik dan energi potensialnya dapat berubah-ubah. Penulisan secara matematis adalah sebagai berikut.

$$EM = EP + EK \quad (1-12)$$

Benda yang jatuh bebas akan mengalami perubahan energi kinetik dan energi potensial gravitasi. Perhatikanlah Gambar 10.



Gambar 10. Hukum Kekekalan Energi Mekanik suatu bola yang jatuh bebas dari ketinggian  $h_1$  dengan kecepatan awal  $v_1$  ke ketinggian  $h_2$  dengan kecepatan  $v_2$ .

Suatu bola dilepaskan dari suatu ketinggian sehingga saat bola berada pada ketinggian  $h_1$  dari permukaan tanah, bola itu memiliki  $v_1$ . Setelah mencapai ketinggian  $h_2$  dari permukaan tanah, kecepatan benda berubah menjadi  $v_2$ .

Saat bola benda berada di ketinggian  $h_1$  energi potensial gravitasinya adalah  $EP_1$  dan energi kinetiknya  $EK_1$ . Saat benda mencapai ketinggian  $h_2$  energi potensialnya dinyatakan sebagai  $EP_2$  dan energi kinetiknya  $EK_2$ . Anda telah mempelajari bahwa perubahan energi kinetik dan energi potensial benda adalah usaha yang dilakukan gaya pada benda. Dengan demikian, dapat dituliskan

$$W = \Delta EK = \Delta EP$$

$$EK_2 - EK_1 = EP_1 - EP_2$$

$$EP_1 + EK_1 = EP_2 + EK_2$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (1-13)$$

Persamaan (1-13) ini disebut Hukum Kekekalan Energi Mekanik.

Contoh Soal 12 :

Sebuah benda berada dalam keadaan diam pada ketinggian 80 cm dari permukaan tanah. Massa benda 5 kg dan percepatan gravitasi bumi  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Tentukan energi mekanik benda tersebut.

Kunci Jawaban :

Diketahui:  $v = 0 \text{ m/s}$ ,  $h = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

$$EM = EP + EK$$

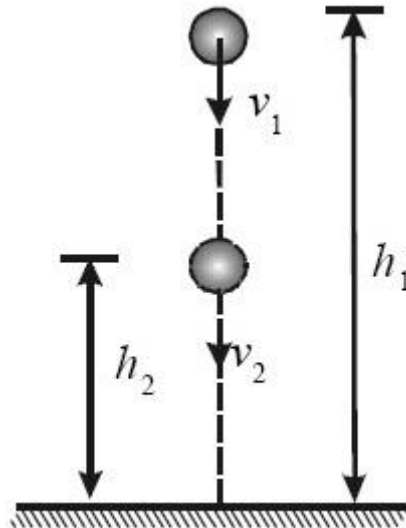
$$EM = mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

$$EM = (5 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(0,8 \text{ m}) + 0 = 40 \text{ joule}$$

Jadi, energi mekanik benda yang diam akan sama dengan energi potensialnya karena energi kinetiknya nol.

Contoh Soal 13 :

Sebuah bola yang massanya 2 kg jatuh bebas dari ketinggian 30 meter. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , pada saat bola tersebut mencapai ketinggian 10 meter dari permukaan tanah, tentukanlah:



- kecepatannya,
- energi kinetiknya, dan
- energi potensialnya.

Kunci Jawaban :

Diketahui:  $m = 2 \text{ kg}$ ,  $h_1 = 30 \text{ m}$ ,  $h_2 = 10 \text{ m}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- Kecepatan pada kedudukan (2):

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g(h_1 - h_2) = 0 + (2 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(20 \text{ m})$$

$$\sqrt{400} = 20 \text{ m/s}$$

- Energi kinetik pada kedudukan (2):

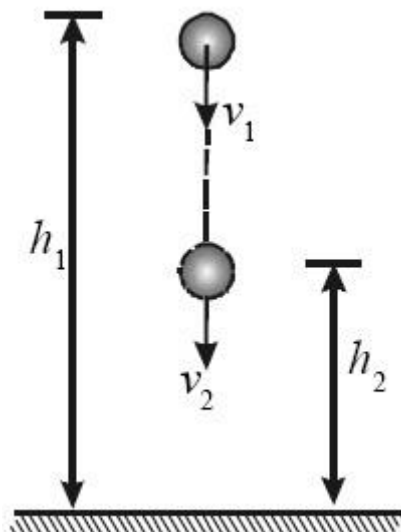
$$EK_2 = \frac{1}{2} mv_2^2 = \frac{1}{2} (2 \text{ kg})(20 \text{ m/s})^2 = 400 \text{ joule}$$

- Energi potensial pada kedudukan (2):

$$EP_2 = mgh_2 = (2 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(10 \text{ m}) = 400 \text{ joule}$$

Contoh Soal 14 :

Sebuah benda jatuh dari ketinggian 6 meter dari atas tanah. Berapakah kecepatan benda tersebut pada saat mencapai ketinggian 1 meter dari tanah, jika percepatan gravitasi bumi  $10 \text{ m/s}^2$ ?



Kunci Jawaban :

Diketahui:  $h_1 = 6 \text{ m}$ ,  $h_2 = 1 \text{ m}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

$$EP_1 + EK_1 = EP_2 + EK_2$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$gh_1 + \frac{1}{2}v_1^2 = gh_2 + \frac{1}{2}v_2^2$$

Benda jatuh bebas, berarti  $v_1 = 0$  maka

$$gh_1 = gh_2 + \frac{1}{2}v_2^2$$

$$(10 \text{ m/s}^2)(6 \text{ m}) = (10 \text{ m/s}^2)(1 \text{ m}) + \frac{1}{2}v_2^2$$

$$60 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 10 \text{ m}^2/\text{s}^2 + \frac{1}{2}v_2^2$$

$$50 \text{ m}^2/\text{s}^2 = \frac{1}{2}v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 100 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

Tokoh Fisika :

#### Alat Percobaan Joule



Joule's Heat Apparatus, 1845. [3]

Alat tersebut digunakan oleh James Joule untuk mengukur padanan mekanis dengan panas. Dengan membandingkan usaha yang dilakukan pemberat yang jatuh dengan panas yang dihasilkan, Joule berkesimpulan bahwa jumlah usaha yang sama selalu menghasilkan jumlah panas yang sama. (Sumber: Jendela Iptek, 1997)

## C. Daya

### 1. Pengertian Daya

Besaran usaha menyatakan gaya yang menyebabkan perpindahan benda. Namun, besaran ini tidak memperhitungkan lama waktu gaya itu bekerja pada benda sehingga menyebabkan benda berpindah. Kadang-kadang usaha dilakukan sangat cepat dan di saat lain usaha dilakukan sangat lambat. Misalnya, Ani mendorong lemari untuk memindahkannya dari pojok kamar ke sisi lain kamar yang berjarak 3 m. Dalam melakukan usahanya itu, Ani membutuhkan waktu 5 menit. Apabila lemari yang sama dipindahkan oleh Arif, ia membutuhkan waktu 3 menit. Ani dan Arif melakukan usaha yang sama, namun keduanya membutuhkan waktu yang berbeda. Besaran yang menyatakan besar usaha yang dilakukan per satuan waktu dinamakan daya.

Dengan demikian, Anda dapat mengatakan bahwa Arif memiliki daya yang lebih besar daripada Ani. Daya didefinisikan sebagai kelajuan usaha atau usaha per satuan waktu. Daya dituliskan secara matematis sebagai berikut.

$$P = W / t \quad (1-14)$$

dengan:

W = usaha (joule),

t = waktu (sekon), dan

P = daya (J/s atau watt).

Mobil, motor, atau mesin-mesin lainnya sering dinyatakan memiliki daya sekian hp (horse power) yang diterjemahkan dalam Bahasa Indonesia sebagai daya kuda dengan 1 hp = 746 watt.

Dalam perhitungan teknik, besarnya 1 hp kadang-kadang dibulatkan, yaitu 1 hp = 750 watt. Hubungan antara daya dan kecepatan diturunkan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times s}{t} = F \frac{s}{t} = F \times v \quad (1-15)$$

dengan:

F = gaya (N), dan

v = kecepatan (m/s).

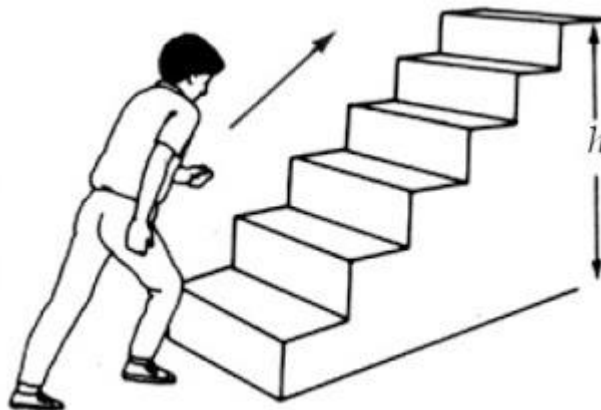
Percobaan Fisika Sederhana :

Menghitung Daya Saat Menaiki Tangga

Alat dan Bahan

1. Dua orang (Anda dan salah seorang teman Anda)
2. Tangga
3. Stopwatch
4. Timbangan
5. Meteran

Prosedur :



1. Timbanglah berat badan Anda, kemudian konversikan satuannya dalam Newton.
2. Ukurlah tinggi tangga (h).
3. Jalankan stopwatch dan larilah ke atas tangga secepat yang Anda mampu. Hitunglah jumlah anak tangga yang Anda lalui sambil berlari.



4. Hentikan stopwatch saat Anda mencapai puncak tangga.
5. Hitunglah daya yang telah Anda keluarkan saat berlari menaiki tangga menurut persamaan berikut.
6. Ulangilah langkah 1 sampai dengan 5, tetapi kegiatannya dilakukan oleh teman Anda. Samakah daya yang Anda keluarkan dengan teman Anda? Diskusikan.
7. Apakah kesimpulan yang Anda dapatkan dari kegiatan ini?

Contoh Soal 15 :

Seorang petugas PLN yang massanya 50 kg menaiki tangga sebuah tower yang tingginya 30 m dalam waktu 2 menit. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , berapakah daya yang dikeluarkan petugas PLN tersebut?

Kunci Jawaban :

Diketahui:  $m = 50 \text{ kg}$ ,  $h = 30 \text{ m}$ ,  $t = 2 \text{ menit}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{(50 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(30 \text{ m})}{(2)(60) \text{ s}}$$

$$P = 125 \text{ watt}$$

Contoh Soal 16 :

Sebuah mesin pesawat terbang mampu memberikan gaya dorong sebesar 20.000 N. Berapakah daya yang dihasilkan mesin ketika pesawat mengangkasa dengan kecepatan 250 m/s?

Kunci Jawaban :

Diketahui:  $F = 20.000 \text{ N}$  dan  $v = 250 \text{ m/s}$

$$P = F v = (20.000 \text{ N}) (250 \text{ m/s}) = 5.000.000 \text{ watt}$$

## 2. Efisiensi atau Daya Guna Pengubah Energi

Anda telah mempelajari bahwa energi akan terasa manfaatnya ketika energi tersebut berubah bentuk menjadi energi lain, seperti energi listrik akan terasa manfaatnya jika berubah menjadi cahaya, gerak, panas, atau bentuk energi yang lainnya. Akan tetapi, alat atau mesin pengubah energi tidak mungkin mengubah seluruh energi yang diterimanya menjadi energi yang bermanfaat. Sebagian energi akan berubah menjadi energi yang tidak bermanfaat atau terbuang yang biasanya dalam bentuk energi kalor atau panas.

Perbandingan antara energi yang bermanfaat (keluaran) dan energi yang diterima oleh alat pengubah energi (masukan) disebut efisiensi. Secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$\text{Efisiensi : } \eta = \frac{\text{energi keluaran}}{\text{energi masukan}} \times 100\%$$

Contoh Soal 17 :

Sebuah motor yang memiliki daya 1.800 watt mampu mengangkat beban sebesar 1.200 N sampai ketinggian 50 m dalam waktu 20 sekon. Berapakah efisiensi motor itu?

Kunci Jawaban :

Diketahui:  $P = 1.800 \text{ watt}$ ,  $F = 1.200 \text{ N}$ ,  $s = 50 \text{ m}$ , dan  $t = 20 \text{ s}$ .

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi: } \eta &= \frac{\text{Energi keluaran}}{\text{Energi masukan}} \times 100\% \\ &= \frac{Pt}{Fs} \times 100\% = \frac{(1.800 \text{ watt})(20 \text{ s})}{(1.200 \text{ N})(50 \text{ m})} \times 100\% = 60\% . \end{aligned}$$

Contoh Soal 18 :

Besarnya usaha yang diperlukan untuk menggerakkan mobil (massa mobil dan isinya adalah 1.000 kg) dari keadaan diam hingga mencapai kecepatan 72 km/jam adalah .... (gesekan diabaikan):

$$\text{a. } 1,25 \times 10^4 \text{ J}$$

- b.  $2,50 \times 10^4 \text{ J}$
- c.  $2,00 \times 10^4 \text{ J}$
- d.  $6,25 \times 10^4 \text{ J}$
- e.  $4,00 \times 10^4 \text{ J}$

Kunci Jawaban :

Usaha = Perubahan energi kinetik

$$W = \Delta EK$$

$$W = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} (10^3 \text{ kg}) (20^2 \text{ m/s})$$

karena:  $v = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$

$$W = 2 \times 10^5 \text{ joule}$$

Jawab: c

Rangkuman :

1. Usaha adalah perkalian antara gaya dan perpindahan benda. Satuannya dalam joule,

$$W = F \times s$$

2. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Energi tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat berubah bentuk.

3. Energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena kedudukannya (posisinya), yaitu

$$EP = mgh$$

4. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak, yaitu :

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

5. Energi mekanik adalah jumlah energi potensial dan energi kinetik yang terdapat pada benda, yaitu :

$$EM = EP + EK$$

6. Hukum Kekekalan Energi Mekanik menyatakan bahwa energi mekanik benda tetap. Hukum ini berlaku apabila tidak terdapat gaya luar yang bekerja pada benda.

$$EM_1 = EM_2$$

$$EK_1 + EP_1 = EP_2 + EK_2$$

7. Daya dinyatakan sebagai usaha per satuan waktu. Satuannya dalam joule/sekon atau watt.

$$P = W / t$$

8. Efisiensi adalah perbandingan antara energi atau daya keluaran dan masukan :

$$\text{Efisiensi : } \eta = \frac{\text{energi keluaran}}{\text{energi masukan}} \times 100\%$$

Referensi :

Saripudin, A., D. Rustiawan K., dan A. Suganda. 2009. Praktis Belajar Fisika 1 : untuk Kelas XI Sekolah Menengah Atas / Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam. Pusat Perbukuan Departemen Nasional, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta. p. 234.

Referensi Lainnya :

[1] <http://skateboard.about.com>

[2] Hewitt, Paul G. 1998. Conceptual Physics, Eight Edition. New York: Addison Wesley Longman.

[3] [http://en.wikipedia.org/wiki/James\\_Prescott\\_Joule](http://en.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule)

Tim Redaksi Dorling Kindersley. 1997. Jendela IPTEK, Cetakan Pertama. Jakarta: Balai Pustaka.

Diposkan oleh [Puri Maulana](#) di [1:24 AM](#)

Label: [Fisika](#)