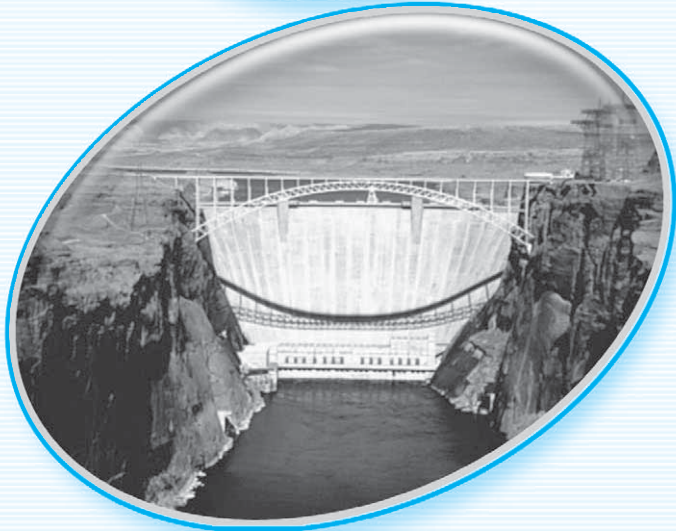


Bab VII

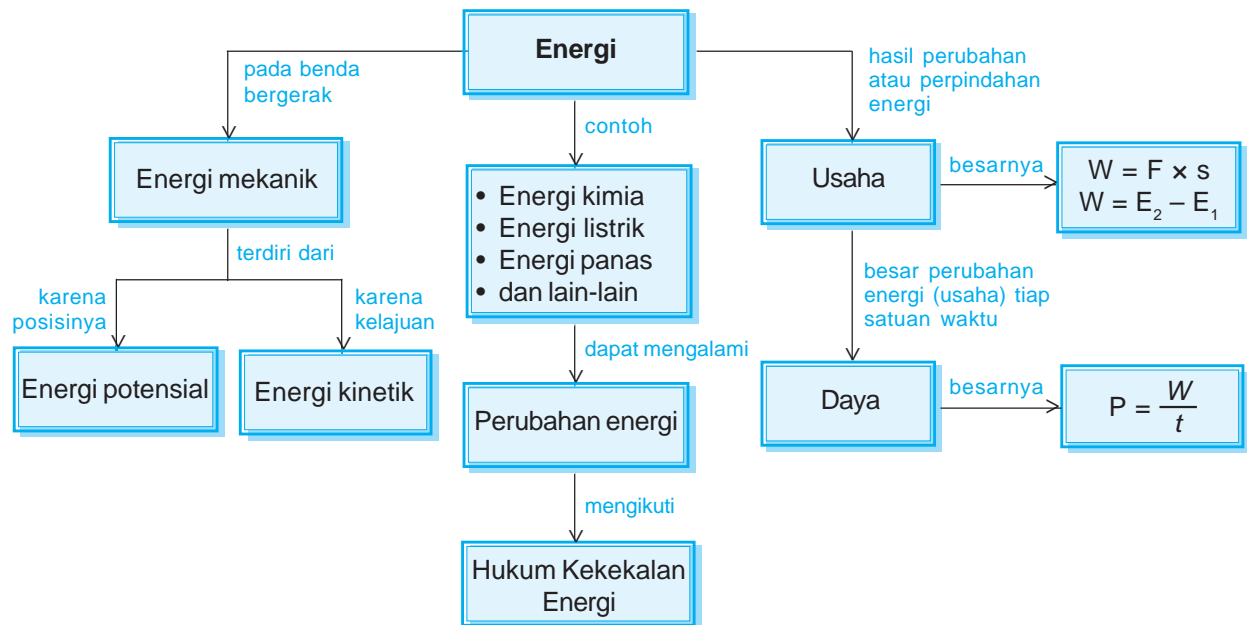
Energi dan Usaha



Energi gerak dari angin dapat memutar kincir yang terhubung dengan turbin. Energi gerak ini kemudian oleh turbin diubah menjadi energi listrik. Dengan prinsip yang sama, energi gerak dari air dapat pula diubah menjadi energi listrik. Bagaimana perubahan-perubahan energi yang lain? Dengan energi, dapat dilakukan usaha sehingga menghasilkan daya. Bagaimana hubungan usaha, energi, dan daya?

Mari kita pahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pembelajaran bab ini, akan dijelaskan hubungan bentuk energi dan perubahannya, prinsip usaha dan energi, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Peta Konsep



Kata Kunci

- energi
- kekekalan energi
- usaha

A Energi

Kamu telah sering mendengar atau mengucapkan kata energi. Tetapi, tahukan kamu apa sebenarnya energi itu? Bagaimana bentuk dan macam-macam energi? Untuk memahami lebih lanjut mengenai energi, mari kita pelajari uraian berikut!

1. Pengertian Energi

Ketika kamu berolahraga, misalnya main basket. Kamu mengeluarkan tenaga untuk berlari dan memainkan bola. Otot-otot tubuhmu mengubah energi kimia yang diperoleh dari makanan menjadi energi otot yang digunakan untuk bergerak. Berapa lama kamu dapat bertahan main basket? Tentu ada batasnya bukan? Kamu tidak mungkin bermain basket terus-menerus tanpa istirahat. Kamu pasti lelah. Otot-otot tubuhmu tidak dapat lagi memberikan energi untuk bergerak. Pada saat itu kamu membutuhkan istirahat, makan, dan minum untuk mengganti energi dalam tubuhmu.

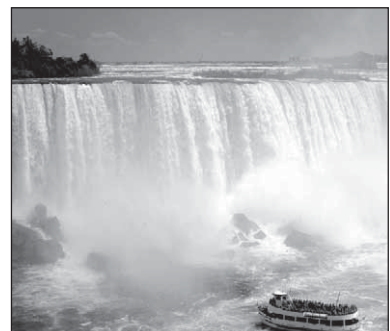
Perhatikan jika kamu menyetrika baju sekolahmu! Kamu pasti menggunakan setrika listrik untuk melakukannya. Setrika dapat digunakan jika terhubung dengan sumber arus listrik. Di dalam setrika terdapat komponen-komponen elektronika yang mengubah energi listrik menjadi energi panas.

Perhatikan juga jika kamu melempar bola ke atas dan jatuh di tanah yang agak lembek! Apa yang terjadi? Batu yang kamu lemparkan akan meninggalkan jejak di tanah dan menimbulkan suara. Dalam hal ini, batu mempunyai energi gerak dan mengubahnya menjadi gaya untuk dapat meninggalkan jejak dan menimbulkan suara. Dari mana energi batu yang kamu lemparkan? Pada bagian selanjutnya kamu akan mengetahuinya.

Dari contoh-contoh yang diberikan di atas, dapatkah kamu menjelaskan apa sebenarnya energi itu? Kamu memperoleh energi untuk bermain basket, setrika memperoleh energi listrik untuk memanaskan elemen pemanasnya yang digunakan untuk merapikan baju, batu yang dilemparkan mempunyai energi untuk dapat meninggalkan jejak di tanah dan menimbulkan suara. Dengan demikian, **energi** dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha.

2. Bentuk-Bentuk Energi

Jika kamu memperhatikan contoh-contoh yang diberikan, terlihat bahwa ada bermacam-macam energi. Pada saat kamu main basket kamu memperoleh energi kimia dari makanan yang kamu konsumsi dan mengubahnya menjadi energi gerak. Setrika mempunyai energi listrik yang diubahnya menjadi energi panas. Batu yang dilemparkan mempunyai energi mekanik yang diubah menjadi energi gerak dan energi bunyi. Dapatkah kamu mencari contoh bentuk energi yang lain?



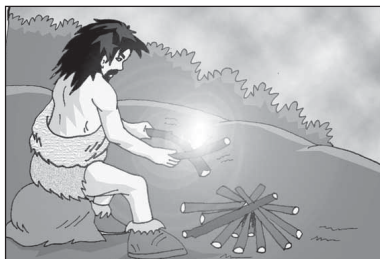
Gambar 7.1 Air terjun mempunyai energi potensial yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin guna menghasilkan energi listrik.



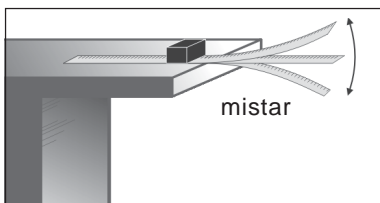
Gambar 7.2 Makanan merupakan sumber energi kimia bagi manusia.



Gambar 7.3 Komputer menggunakan energi listrik.



Gambar 7.4 Zaman dulu orang membuat api dengan menggosok-gosokkan kayu kering.



Gambar 7.5 Mistar yang digetarkan dapat menimbulkan bunyi.

a. Energi Kimia

Seperti telah disinggung sebelumnya, makanan yang kamu makan dan minuman yang kamu minum mengandung energi kimia. Zat-zat kimia yang terkandung di dalam makanan dan minuman tersebut dapat menghasilkan energi kimia karena di dalam tubuhmu sebenarnya terjadi reaksi kimia yang mengubah zat-zat yang terkandung dalam makanan menjadi energi. Gas, bensin, solar, batu bara, dan minyak tanah juga merupakan sumber energi kimia. Jika contoh-contoh sumber energi tersebut direaksikan, dapat menghasilkan energi.

b. Energi Listrik

Saat kamu menonton televisi atau mendengarkan radio, darimana televisi dan radio memperoleh energi? Televisi dan radio serta alat-alat elektronika lainnya memperoleh energi dari energi listrik. Pada televisi, energi listrik ini diubah menjadi energi cahaya dan energi bunyi, sedangkan pada radio diubah menjadi energi bunyi.

c. Energi Panas

Energi panas sering disebut juga energi kalor, merupakan salah satu bentuk energi yang berasal dari partikel-partikel penyusun suatu benda. Mengapa partikel-partikel suatu benda dapat menghasilkan energi panas? Kamu telah mengetahui bahwa setiap benda tersusun oleh partikel-partikel. Jika ada sesuatu yang dapat membuat partikel-partikel ini bergerak, benda tersebut akan menghasilkan energi panas. Kamu mungkin pernah mendengar bahwa orang dapat membuat api dari kayu kering yang digosok-gosokkan. Kayu-kayu kering yang saling digosokkan akan menimbulkan panas yang dapat membakar bahan-bahan yang mudah terbakar.

d. Energi Bunyi

Untuk mengamati energi bunyi, lakukan kegiatan sederhana berikut. Peganglah sebuah mistar, kemudian getarkan mistar tersebut. Kamu akan mendengar bunyi yang dihasilkan dari getaran mistar tersebut. Dapatkah kamu menjelaskannya? Ketika penggaris kamu getarkan, partikel-partikel udara di sekitar mistar akan ikut bergetar, partikel-partikel inilah yang menimbulkan bunyi. Dengan demikian, bunyi dapat dihasilkan oleh getaran partikel udara di sekitar sumber bunyi. Dapatkah kamu mencari contoh benda-benda penghasil bunyi yang lain?

e. Energi Nuklir

Pernahkah kamu mendengar energi nuklir? Reaksi nuklir terjadi karena reaksi inti di dalam inti radioaktif. Contoh energi nuklir terjadi pada ledakan bom atom dan reaksi inti yang terjadi di Matahari. Energi nuklir dapat digunakan sebagai energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

(PLTN). Di Matahari, terjadi reaksi inti fusi yang menghasilkan energi nuklir yang sangat besar sehingga energi ini merupakan sumber energi utama di bumi.

Sumber-sumber energi yang sering digunakan seperti minyak bumi, gas bumi, panas bumi, dan batubara jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui sehingga diperlukan konservasi energi. Sumber-sumber energi yang dapat diperbarui seperti air, tanah, hutan, dan Matahari masih belum banyak dipergunakan sehingga dapat dijadikan energi alternatif.

3. Perubahan Energi

Ketika sebuah batu jatuh dari suatu ketinggian, batu tersebut memiliki energi. Jika batu tersebut jatuh ke tanah, energi ini akan diubah menjadi energi panas (dapat teramati pada tanah yang menjadi hangat ketika terkena batu) dan energi bunyi. Jika jumlah energi tersebut dihitung, jumlah total energi tersebut adalah sama. Energi gerak yang dimiliki batu yang jatuh akan sama dengan energi bunyi ditambah energi kalor. Untuk mengetahui perhitungan energi secara kuantitatif akan dijelaskan pada bagian lain. Jadi, energi tidak pernah hilang, tetapi diubah ke dalam bentuk energi lain.

Dengan konsep di atas, maka energi dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Tidak semua energi dapat langsung dimanfaatkan tetapi perlu diubah ke bentuk lain. Contoh perubahan energi antara lain sebagai berikut.

- Energi listrik menjadi energi panas, misalnya pada setrika listrik, kompor listrik, dan solder listrik.
- Energi listrik menjadi energi cahaya, misalnya pada lampu.
- Energi listrik menjadi energi kimia, misalnya pada penyetrum (pengisian) aki.
- Energi cahaya menjadi energi kimia, misalnya fotosintesis.



Gambar 7.6 Matahari menghasilkan energi nuklir yang besar, berasal dari reaksi fusi gas-gas penyusunnya.

Kegiatan 7.1

Perubahan Bentuk Energi

Tujuan:

Mengamati perubahan bentuk energi.

Alat dan bahan:

Dua buah baterai dan radio.

Prosedur kerja:

- Pasangkan baterai pada radio.
- Putar tombol untuk menghidupkan radio.
- Catat perubahan energi yang terjadi.
- Jelaskan perubahan yang terjadi?
- Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

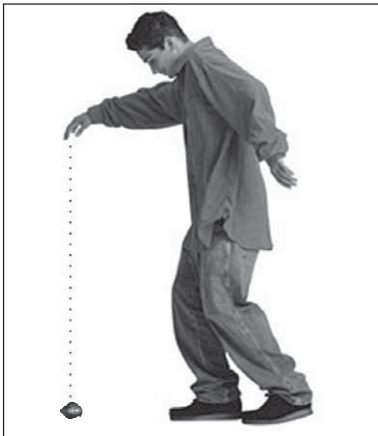
Latihan 7.1

1. Apa yang dimaksud energi?
2. Dari mana kamu mendapatkan energi untuk beraktivitas? Jelaskan!
3. Helikopter adalah pesawat yang dirancang agar mudah mendarat tanpa memerlukan landasan yang luas. Perubahan-perubahan energi apa saja yang terjadi pada helikopter?
4. Sebutkan contoh perubahan energi listrik menjadi energi bunyi! Berikan minimal tiga contoh!
5. Apa yang kamu ketahui tentang Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)?

3. Energi Mekanik

Pernahkan kamu melihat buah jatuh dari pohonnya? Buah yang jatuh dari suatu ketinggian tersebut memiliki energi mekanik. Apa yang dimaksud energi mekanik? **Energi mekanik** adalah energi yang dimiliki suatu benda yang berkaitan dengan gerak. Energi mekanik terdiri atas energi potensial dan energi kinetik. Berikut penjelasan kedua energi tersebut.

a. Energi Potensial



Gambar 7.7 Batu yang dijatuhkan mempunyai energi potensial.

Untuk mengamati energi potensial, lakukan kegiatan sederhana berikut! Peganglah sebuah batu. Julurkan tanganmu ke depan, kemudian lepaskan batu tersebut. Batu akan jatuh menimpa lantai dan kamu dapat mendengar suaranya. Sekarang, berjongkoklah di lantai, kemudian angkat batu kurang lebih 5 cm dari ubin. Kemudian, lepaskan. Kamu akan mendengar suara benturan batu dengan lantai lebih pelan. Mari kita amati peristiwa tersebut. Pada suatu ketinggian, batu memiliki energi. Pada saat batu masih dipegang, batu tersebut tidak dapat melakukan usaha. Akan tetapi, ketika dilepaskan dari ketinggian, batu dapat bergerak ke bawah. Berarti, batu tersebut mempunyai energi untuk melakukan gerak. Bentuk energi ini dapat kamu buktikan dengan suara benturan batu dengan lantai. Hal ini menandakan energi tersebut telah berubah menjadi energi bunyi. Jika batu tersebut dijatuhkan dari ketinggian 5 cm, bunyi akibat benturan batu dengan lantai terdengar lebih pelan. Hal ini menunjukkan bahwa energi dari ketinggian ini lebih kecil daripada energi yang dihasilkan sewaktu kamu berdiri.

Percobaan sederhana tersebut membuktikan adanya energi potensial. Jadi, **energi potensial** adalah energi yang disebabkan oleh posisi benda. Pada kasus ini, posisi benda adalah ketinggian diukur dari lantai. Semakin besar ketinggian batu dari lantai, semakin besar pula energi potensial yang dimiliki batu tersebut. Energi potensial juga

dipengaruhi oleh massa benda. Kamu akan mendengar bunyi lebih keras ketika menjatuhkan seongkah batu yang massanya lebih besar daripada bunyi yang dihasilkan oleh jatuhnya batu kecil. Dari uraian di atas, energi potensial dapat ditulis ke dalam bentuk matematis sebagai berikut.

$$E_p = m \times g \times h \dots\dots (7.1)$$

Keterangan:

E_p = energi potensial (Joule)

m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian (m)

Contoh

Seorang pemanjat tebing bermassa 60 kg berada di ketinggian 100 m dari tanah. Berapa energi potensial yang dimiliki pemanjat tersebut? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Jawab:

massa $m = 60 \text{ kg}$

ketinggian $h = 100 \text{ m}$

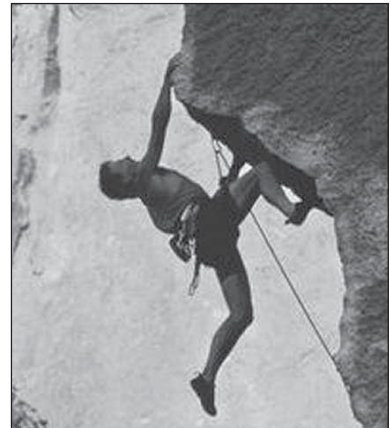
percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$

$E_p = \dots ?$

$E_p = m \times g \times h$

$= 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 100 \text{ m}$

$= 60.000 \text{ Joule}$



Gambar 7.8 Pemanjat tebing ini mempunyai energi potensial karena ketinggiannya dari permukaan tanah.

b. Energi Kinetik

Mengapa peluru yang keluar dari sebuah senapan sangat berbahaya jika mengenai manusia, padahal massa peluru hanya beberapa gram? Meskipun massanya kecil, peluru yang keluar dari senapan memiliki energi yang sangat besar. Hal ini disebabkan peluru tersebut mempunyai kelajuan yang sangat besar. Jika massa peluru tersebut diperbesar dengan gaya yang sama, energinya akan semakin besar pula. Energi apakah yang dimiliki peluru yang keluar dari senapan? Energi tersebut dinamakan energi kinetik. Jadi **energi kinetik** dapat didefinisikan sebagai energi yang dimiliki sebuah benda karena kelajuannya.

Pada kasus peluru yang keluar dari senapan dapat disimpulkan bahwa besar energi kinetik bergantung pada massa benda dan kecepatannya. Energi kinetik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \dots\dots (7.2)$$

Keterangan:

E_k = energi kinetik (Joule)

m = massa (kg)

v = kelajuan (m/s)



Gambar 7.9 Peluru yang ditembakkan mempunyai energi kinetik yang besar.

Contoh

Sebuah benda yang massanya 0,1 kg bergerak dengan kecepatan 100 m/s. Berapa energi kinetik yang dimiliki benda tersebut?

Jawab:

$$m = 0,1 \text{ kg}; \quad v = 100 \text{ m/s}$$

$$E_k = \dots ?$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2 = \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ kg} \times 100^2 \text{ m/s} = 500 \text{ Joule}$$

c. Energi Potensial dan Energi Kinetik pada Benda Bergerak

Perhatikan kembali batu yang kamu jatuhkan dari suatu ketinggian. Ketika batu berada pada suatu ketinggian, batu bermassa m pada suatu ketinggian h mempunyai energi potensial E_p yang besarnya $m \times g \times h$.

Ketika batu tersebut dijatuhkan, energi potensial tersebut berubah menjadi energi kinetik. Semakin bergerak ke bawah, energi potensialnya semakin berkurang dan energi kinetiknya semakin bertambah. Hal ini dikarenakan semakin bergerak ke bawah, ketinggian batu tersebut dari lantai semakin kecil (energi potensial berkurang) dan kelajuannya semakin besar (energi kinetiknya bertambah).

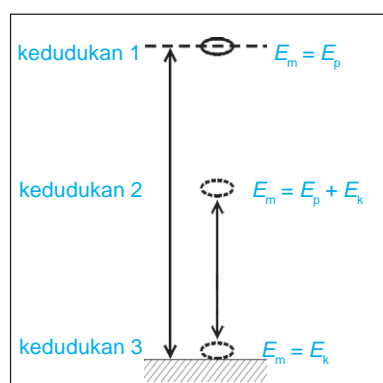
Pada ketinggian tertentu, batu akan mempunyai energi potensial sama dengan energi kinetiknya. Pada akhirnya, batu tersebut jatuh ke lantai. Pada saat ini, energi yang dimiliki batu seluruhnya merupakan energi kinetik.

d. Hukum Kekekalan Energi

Pada bagian terdahulu telah dibahas mengenai bentuk-bentuk energi. Kamu tidak dapat bermain basket terus-menerus tanpa istirahat, makan, dan minum karena energi kimia dalam tubuhmu yang diperoleh dari makanan akan habis. Energi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan, tetapi energi dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain. Pernyataan ini dikenal dengan **hukum kekekalan energi**.

Ketika batu kamu jatuhkan dari suatu ketinggian, terjadi perubahan energi yaitu energi potensial menjadi energi kinetik. Pada akhirnya, energi kinetik ini pun akan berubah menjadi bentuk lain ketika batu sampai di lantai. Marilah kita selidiki hukum kekekalan energi pada kasus benda jatuh bebas.

Pada sebuah benda yang jatuh bebas, terdapat dua buah energi yaitu energi mekanik. Energi mekanik terdiri atas energi potensial dan energi kinetik. Meskipun energi potensial benda yang jatuh bebas akan semakin kecil ketika ketinggian semakin rendah, tetapi di sisi lain energi kinetiknya bertambah. Dengan demikian energi mekaniknya tetap sama (konstan). Kekekalan energi mekanik pada benda jatuh bebas dapat diilustrasikan seperti pada **Gambar 7.10**.



Gambar 7.10 Skema perubahan energi pada benda jatuh.

Pada kedudukan 1, energi mekanik seluruhnya merupakan energi potensial. Dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E_m = E_p = m \times g \times h$$

Pada kedudukan 2, energi mekanik merupakan jumlah energi potensial dan energi kinetik. Dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} E_m &= E_p + E_k \\ &= m \times g \times h + \frac{1}{2} \times m \times v^2 \end{aligned}$$

Pada kedudukan 3, energi mekanik seluruhnya merupakan energi kinetik. Dapat dituliskan sebagai berikut.

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

Contoh

Sebuah benda jatuh tanpa kecepatan awal dari ketinggian 10 m. Pada saat ketinggian benda 7 m dari tanah, hitunglah kecepatannya. Diketahui percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Jawab:

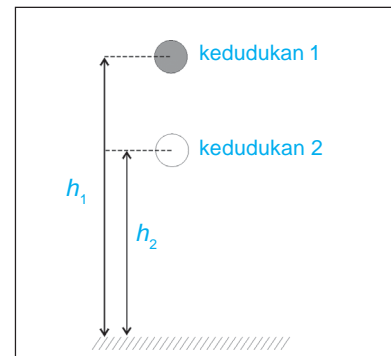
$$h_1 = 10 \text{ m}$$

$$h_2 = 7 \text{ m}$$

$$v = \dots ?$$

Perhatikan **Gambar 7.11** di samping.

$$\begin{aligned} E_{m1} &= E_{m2} \\ E_{p1} + E_{k1} &= E_{p2} + E_{k2} \\ E_{k1} &= E_{p2} + E_{k2} \\ m \times g \times h_1 &= m \times g \times h_2 + \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\ \frac{1}{2} \times m \times v^2 &= m \times g \times h_1 - m \times g \times h_2 \\ v^2 &= 2 \times g \times (h_1 - h_2) \\ v &= \sqrt{2 \times g \times (h_1 - h_2)} \\ v &= \sqrt{2 \times 10 \text{ m/s}^2 \times (10 \text{ m} - 7 \text{ m})} \\ v &= 7,75 \text{ m/s} \end{aligned}$$



Latihan 7.2

1. Apa yang dimaksud dengan energi-energi berikut ini?
 - a. energi mekanik
 - b. energi potensial
 - c. energi kinetik
2. Jelaskan pengaruh massa dan ketinggian pada energi potensial suatu benda!
3. Jelaskan pengaruh massa dan kecepatan pada energi kinetik!
4. Sebuah benda dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian 50 m. Ketika ketinggian benda 30 m, hitunglah kecepatan benda pada saat itu!
5. Tuliskan contoh-contoh dalam kehidupan sehari-hari yang menunjukkan bahwa energi tidak hilang, tetapi berubah menjadi bentuk energi lain!

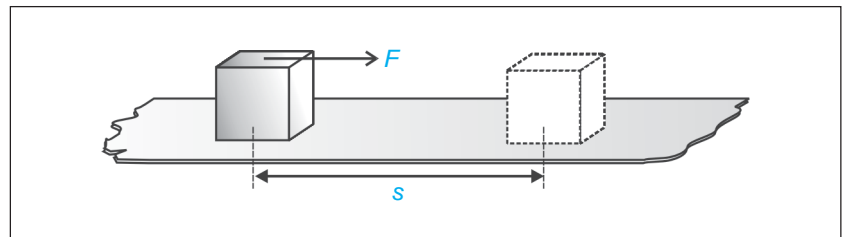
B Usaha

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu pasti sering mendengar kata “usaha”. Misalnya, kamu berusaha keras mempelajari pelajaran Fisika untuk mempersiapkan diri menghadapi ulangan. Seorang atlet balap sepeda berusaha keras untuk menghadapi olimpiade. Romi berusaha mendorong lemari sejauh 3 meter.

1. Pengertian Usaha

Dalam kehidupan sehari-hari usaha berarti upaya manusia untuk melakukan sesuatu guna tujuan tertentu. Apa pengertian usaha dalam Sains? Sebuah benda dikatakan melakukan usaha jika ada gaya yang dilakukan pada benda tersebut atau benda tersebut memberikan gaya yang menyebabkan benda tersebut berubah posisinya. Dari tiga contoh yang diberikan di atas, coba kamu tentukan mana yang merupakan usaha menurut Fisika dan mana yang bukan.

Dari pengertian gaya, usaha (W) dapat dituliskan dalam bentuk matematis, yaitu hasil kali antara gaya (F) dan perpindahan (s). Dalam hal ini, usaha searah dengan gaya, sehingga usaha merupakan besaran vektor.



Gambar 7.11 Usaha adalah perkalian gaya F dan perpindahan s .

Dalam bentuk matematis, usaha dapat dituliskan sebagai berikut.

$$W = F \times s \dots\dots (7.3)$$

Kamu harus ingat bahwa gaya yang dimaksud dalam persamaan ini adalah gaya yang searah dengan arah perpindahan.

Seorang pramusaji yang sedang berjalan mengantarkan makanan ke meja pelanggannya dikatakan tidak melakukan usaha meskipun tangannya memberikan gaya untuk menahan makanan yang dibawanya. Hal ini dikarenakan gaya yang diberikan pramusaji tersebut tegak lurus dengan arah berjalannya. Gaya tangannya ke atas dan arah berjalannya mendatar.

Apa satuan usaha? Jika sebuah benda melakukan usaha dengan gaya $F = 1 \text{ N}$ sehingga membuat benda bergeser 1 m , usaha dan satuannya dapat dihitung sebagai berikut.



Gambar 7.12 Gaya tangan pramusaji ke atas dan arah jalannya mendatar, jadi ia tidak melakukan usaha.

$$\begin{aligned}
 W &= F \times s \\
 &= 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} \\
 &= 1 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, diperoleh bahwa $1 \text{ Nm} = 1 \text{ Joule}$.

Contoh

Seorang pria mendorong peti besi dengan gaya 600 N. Peti tersebut bergeser sejauh 2 m. Hitunglah usaha yang dilakukan pria tersebut!

Jawab:

$$\begin{aligned}
 F &= 600 \text{ N} \\
 s &= 2 \text{ m} \\
 W &= \dots ? \\
 W &= F \times s \\
 &= 600 \text{ N} \times 2 \text{ m} \\
 &= 1.200 \text{ Nm} = 1.200 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

2. Hubungan Energi dengan Usaha

Ketika kamu menarik sebuah kotak, kamu memberikan gaya otot pada peti tersebut sehingga peti tersebut dapat bergerak. Dalam peristiwa itu, energi kimia dalam otot berubah menjadi energi gerak seperti yang telah kamu di depan, bahwa suatu bentuk energi dapat diubah ke bentuk energi lain.

Dapat dikatakan bahwa proses melakukan usaha merupakan cara untuk memindahkan energi. Usaha yang dilakukan suatu benda sama dengan besarnya energi yang dipindahkan. Pada contoh di atas, energi kimia di dalam ototmu digunakan untuk menggeser kotak. Besarnya usaha untuk menggeser kotak tersebut sama dengan besar energi otot.

Selain menggunakan energi kimia, usaha dapat juga dilakukan oleh sebuah benda yang memiliki energi lain misalnya energi listrik. Perhatikan alat berat yang digunakan untuk menebang pohon pada **Gambar 7.14**. Alat-alat tersebut dapat melakukan usaha dengan memberikan gaya yang diperoleh dari energi kimia yaitu pembakaran bahan bakar yang dapat memberikan energi pada mesin.

Sebuah mobil bergerak dengan laju v_1 . Oleh karena kelajuan ini, mobil tersebut mempunyai energi kinetik E_{k1} . Jika pengemudi menginjak pedal gas untuk menambah laju mobilnya hingga menjadi v_2 , energi kinetik mobil tersebut berubah menjadi E_{k2} . Untuk melakukan penambahan laju mobil tersebut, mesin mobil dikatakan melakukan usaha. Besar usaha ini sama dengan selisih energi kinetiknya.

Kamu memegang batu pada suatu ketinggian h_1 , kemudian batu tersebut kamu ubah kedudukannya ke tempat yang lebih tinggi h_2 . Untuk melakukan itu, otot tanganmu melakukan usaha yang besarnya sama dengan selisih energi potensial pada ketinggian h_2 (E_{p2}) dan energi potensial pada ketinggian h_1 (E_{p1}). Usaha di sini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut.



Gambar 7.13 Mesin memperoleh energi dari pembakaran bahan bakar untuk melakukan usaha.

$$W = E_2 - E_1 \dots\dots (7.4)$$

Keterangan:

W = usaha (Joule)

E_1 = energi pada keadaan 1 (Joule)

E_2 = energi pada keadaan 2 (Joule)

Contoh

1. Sebuah benda yang sedang bergerak mempunyai energi kinetik 500 Joule. Benda tersebut dipercepat hingga energi kinetiknya 600 Joule. Hitunglah usaha yang dilakukan benda tersebut!

Jawab:

$$E_{k1} = 500 \text{ Joule}$$

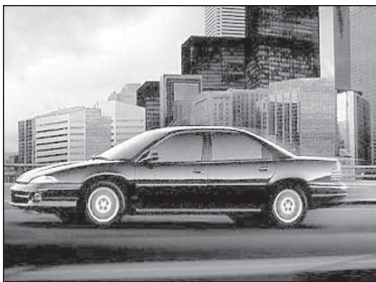
$$E_{k2} = 600 \text{ Joule}$$

$$W = \dots ?$$

$$W = E_2 - E_1$$

$$= 600 - 500 = 100 \text{ Joule}$$

Jadi, usaha yang dilakukan untuk benda tersebut adalah 100 Joule.



Gambar 7.14 Mobil yang bergerak mempunyai energi kinetik.

Sumber: Dokumen Penerbit

2. Sebuah mobil massanya 1.500 kg bergerak dengan kelajuan 72 km/jam. Pengemudi melihat ada kemacetan di depan maka rem diinjak sehingga kelajuan mobil menjadi 36 km/jam. Selama pengereman, mobil menempuh jarak 20 m. Hitunglah gaya yang dilakukan rem pada roda!

Jawab:

$$m = 1.500 \text{ kg}$$

$$v_1 = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 36 \text{ km/jam} = 10 \text{ m/s}$$

$$s = 20 \text{ m}$$

$$F = \dots ?$$

Energi mobil adalah energi kinetik.

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

$$E_{k1} = \frac{1}{2} \times 1.500 \text{ kg} \times (20)^2 \text{ m/s}$$

$$= 3 \times 10^5 \text{ Joule}$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2} \times 1.500 \text{ kg} \times (10)^2 \text{ m/s}$$

$$= 0,75 \times 10^5 \text{ Joule}$$

$$W = E_{k2} - E_{k1}$$

$$= (0,75 - 3) \times 10^5 \text{ Joule}$$

$$= -2,25 \times 10^5 \text{ Joule}$$

$$W = F \times s$$

$$F = \frac{W}{s} = \frac{-2,25 \times 10^5 \text{ Joule}}{20 \text{ m}} = -11.250 \text{ N}$$

Jadi, gaya yang dilakukan rem pada roda adalah -11.250 N.

Perhatikan contoh soal nomor 2 di atas. Terlihat bahwa usaha yang dilakukan mobil bernilai negatif, ini berarti usaha bukan dilakukan oleh mesin mobil, tetapi usaha dilakukan oleh rem mobil pada roda. Rem mobil memberikan gaya pada roda untuk memperlambat laju mobil yang arahnya berlawanan dengan arah gerak mobil. Oleh karena itu, gaya rem mobil pada roda bernilai negatif.

Latihan 7.3

1. Apa yang dimaksud usaha?
2. Tuliskan contoh kejadian-kejadian dalam sehari-hari yang sering dianggap sebagai usaha, tetapi bukan merupakan usaha dalam Sains!
3. Bagaimana hubungan antara usaha, gaya, dan perpindahan?
4. Seorang anak menarik kursi bermassa 10 kg sejauh 3 m. Hitunglah usaha yang diberikan anak itu!
5. Sebuah benda yang sedang bergerak mempunyai energi kinetik 400 Joule. Benda tersebut dipercepat hingga energi kinetiknya 700 Joule. Hitunglah usaha yang dilakukan benda tersebut!

C Daya

Pada pembahasan tentang gerak, kamu telah mengetahui bahwa kecepatan adalah perubahan jarak per satu sekon. Misalkan, sebuah mobil kecepatannya 20 m/s. Angka ini mengandung arti bahwa dalam satu sekon, mobil tersebut mampu menempuh jarak 20 m. Terlihat bahwa kecepatan merupakan perubahan jarak setiap satu sekon.

Usaha dapat didefinisikan sebagai perubahan energi. Jika perubahan energi ini diukur setiap satu sekon, akan didapatkan sebuah besaran baru yaitu perubahan usaha setiap satu sekon. Besaran tersebut disebut **daya**. Jadi, daya dapat didefinisikan sebagai perubahan energi setiap satu sekon. Dalam bahasa Inggris, daya adalah *power*. Dengan demikian, daya dilambangkan dengan P .

Secara matematis, daya dituliskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} \quad \dots\dots (7.5)$$

Keterangan:

P = daya (Joule/sekon)

W = usaha (Joule)

t = waktu (sekon)

Satuan daya yaitu Joule/sekon. Dalam satuan SI disebut sebagai watt dilambangkan W .

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ Joule/sekon}$$

Bagaimana hubungan antara daya, kecepatan, dan usaha? Ingat kembali hubungan antara gaya dan usaha yang dirumuskan dengan $W = F \times s$. Gaya F yang bekerja pada benda yang sedang bergerak sejauh Δs , sehingga:

$$W = F \times \Delta s$$

$$\text{Besar daya rata-rata: } P = \frac{W}{t} = \frac{F \times \Delta s}{t} = F \times v$$

Jadi, besar daya sesaat adalah:

$$P = F \times v \quad \dots\dots (7.6)$$

Keterangan:

P = daya sesaat

F = gaya

v = kecepatan

Contoh

Seorang pria yang beratnya 600 N mampu menaiki tangga setinggi 10 m dalam waktu 10 detik. Berapa daya yang dimiliki pria tersebut?

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui } W &= 600 \text{ N} \\ s &= 10 \text{ m} \\ t &= 10 \text{ s} \end{aligned}$$

Ketika menaiki tangga, otot pria tersebut mengerjakan gaya yang sama dengan berat badannya yaitu $F = 600 \text{ N}$.

$$P = \dots ?$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times s}{t} = \frac{600 \text{ N} \times 10 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 600 \text{ Joule/sekon}$$

Jadi, daya yang dimiliki pria tersebut adalah 600 joule/sekon.

Jika diperhatikan, dalam kehidupan sehari-hari, banyak kejadian-kejadian yang ada hubungannya dengan daya. Berikut ini adalah contoh penerapan daya dalam kehidupan sehari-hari.

1. Jika dua lampu sejenis masing-masing 40 watt dan 10 watt dinyalakan menggunakan sumber arus yang sama, lampu 40 watt akan menyala lebih terang daripada lampu 10 watt. Hal ini dikarenakan lampu 40 watt dapat mengubah energi listrik ke dalam energi cahaya lebih cepat daripada lampu 10 watt.
2. Ari dan Wibowo memiliki berat badan sama. Dengan demikian, keduanya dianggap memiliki energi yang sama. Ketika keduanya berlomba lari 100 m, ternyata yang lebih dulu mencapai garis finish adalah Ari. Dengan demikian, Ari mempunyai daya lebih besar daripada Wibowo.

Tugas

Carilah contoh-contoh konsep daya dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari!

Latihan 7.4

1. Apa yang dimaksud daya?
2. Konsep daya mirip dengan konsep kecepatan. Jelaskan kedua konsep tersebut!
3. Dapatkah dua buah benda mempunyai energi sama, tetapi mempunyai daya yang berbeda? Jelaskan dengan disertai contoh!
4. Apakah benda yang jatuh bebas dari ketinggian mempunyai daya? Berilah alasannya!
5. Jelaskan contoh-contoh penerapan daya dalam kehidupan sehari-hari!

Rangkuman

- Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Bentuk-bentuk energi antara lain energi kimia, energi listrik, energi panas, dan energi nuklir.
- Tidak semua energi dapat langsung digunakan, sehingga pemanfaatan energi menggunakan konsep perubahan energi.
- Energi mekanik adalah energi yang dimiliki suatu benda berkaitan dengan gerak. Energi mekanik terdiri dari energi potensial dan energi kinetik.

a. Energi potensial adalah energi yang disebabkan oleh posisi benda.

$$E_p = m \times g \times h$$

b. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena kelajuannya.

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

- Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan, melainkan hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain.
- Usaha adalah perkalian antara gaya yang bekerja dengan besarnya perpindahan. Dalam kaitannya dengan energi, usaha merupakan perubahan energi.

$$W = F \times s$$

$$W = E_2 - E_1$$

- Daya adalah besarnya usaha atau perubahan energi yang terjadi tiap satuan waktu.

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

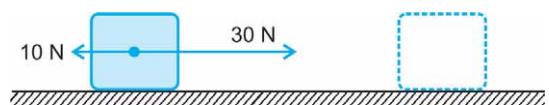
Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Energi dan Usaha** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan bab berikutnya, lakukan evaluasi dengan menjawab pertanyaan di bawah. Jika semua pertanyaan kamu jawab dengan 'ya', kamu dapat melanjutkan belajar bab berikutnya. Jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', maka kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada yang sukar atau tidak dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu sudah memahami berbagai bentuk energi dan perubahannya?
2. Dapatkah kamu menghitung besarnya energi mekanik, energi potensial, dan energi kinetik suatu benda yang bergerak?
3. Dapatkah kamu menjelaskan pengertian usaha dalam fisika serta hubungan antara usaha dan energi?
4. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian daya dan cara menghitungnya?

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Kemampuan untuk melakukan usaha disebut
 - a. daya
 - b. energi
 - c. gaya
 - d. usaha
2. Kamu dapat beraktivitas karena kamu mempunyai energi dari makanan yang diubah menjadi energi, energi ini disebut energi
 - a. kimia
 - b. panas
 - c. listrik
 - d. nuklir
3. Satuan energi adalah
 - a. Newton
 - b. Joule
 - c. Newton/meter
 - d. Joule/sekon
4. Energi yang dimiliki benda karena posisinya disebut energi
 - a. potensial
 - b. kinetik
 - c. mekanik
 - d. semua salah
5. Sebuah peluru bermassa 0,02 kg ditembakkan dengan kelajuan 200 m/s. Energi kinetik peluru adalah
 - a. 4 Joule
 - b. 200 Joule
 - c. 400 Joule
 - d. 800 Joule
6. Sebuah benda 10 kg berada pada ketinggian 7 m. Percepatan gravitasi di tempat itu adalah 10 m/s^2 . Energi potensial benda tersebut adalah
 - a. 0,7 Joule
 - b. 7,0 Joule
 - c. 70,0 Joule
 - d. 700,0 Joule
7. Pernyataan di bawah ini berhubungan dengan energi kinetik, kecuali
 - a. bergantung massa
 - b. bergantung ketinggian
 - c. bergantung kuadrat kecepatannya
 - d. semakin besar kecepatannya semakin besar energi kinetiknya
8. Perubahan energi pada aki yang dihubungkan dengan lampu adalah
 - a. listrik – cahaya – kimia
 - b. listrik – kimia – cahaya
 - c. kimia – listrik – cahaya
 - d. kalor – listrik – cahaya
9. Alat yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik adalah
 - a. baterai dan dinamo
 - b. aki dan baterai
 - c. dinamo dan generator
 - d. aki dan generator
10. Seorang anak mendorong meja, tetapi meja tersebut tidak bergeser. Pernyataan berikut yang benar adalah
 - a. energinya sama dengan nol
 - b. anak tersebut tidak melakukan usaha
 - c. usahanya ada tapi kecil
 - d. semua salah
11. Sebuah gaya 60 N bekerja pada sebuah lemari. Gaya tersebut mengakibatkan lemari bergeser sejauh 5 m. Besar usahanya adalah
 - a. 3 Nm
 - b. 30 Nm
 - c. 300 Nm
 - d. 12 Nm
12. Perhatikan gambar di bawah ini!



Jika usaha yang ditimbulkan 1.000 J, jarak perpindahannya sebesar

- a. 25 m ke kanan
- b. 25 m ke kiri
- c. 50 m ke kanan
- d. 50 m ke kiri

13. Perubahan energi per satuan waktu disebut

- a. usaha
- b. daya
- c. gaya
- d. kecepatan

14. Satuan daya adalah

- a. watt
- b. Joule
- c. Nm
- d. N

15. Sebuah sepeda motor bermassa 100 kg berubah kelajuannya dari 20 m/s menjadi 30 m/s dalam waktu 5 sekon menempuh jarak 200 m. Besar usaha yang dilakukan adalah

- a. 2×10^4 Joule
- b. 4×10^4 Joule
- c. 6×10^4 Joule
- d. 8×10^4 Joule

B. Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan benar!

1. Apa yang dimaksud kekekalan energi? Berikan contohnya!
2. Sebuah batu dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari sebuah gedung yang tingginya 20 m. Ketika bola tersebut telah menempuh jarak 8 m, energi kinetiknya sama dengan energi potensialnya. Jika percepatan gravitasi di tempat itu 10 m/s^2 , hitunglah kecepatan batu tersebut!
3. Seekor kuda menarik kereta dengan gaya 500 N sejauh 0,4 km. Berapakah usaha yang dilakukannya?
4. Sebuah truk beratnya $2 \times 10^4 \text{ N}$ melaju di jalan tol dengan kecepatan 80 km/jam. Pengemudi mempercepat laju kendaraannya hingga 100 km/jam. Peningkatan kecepatan tersebut terjadi dalam 10 sekon. Hitunglah:
 - a. usaha yang dilakukan truk tersebut,
 - b. daya truk tersebut!
5. Mengapa lampu 25 watt akan menyala lebih terang daripada lampu 10 watt?

Wacana Sains

Energi Baru dan Terbarukan

Minyak merupakan sumber energi utama di Indonesia. Pemakaiannya terus meningkat baik untuk komoditas ekspor yang menghasilkan devisa maupun untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri.

Sementara cadangannya terbatas sehingga pengelolaannya harus dilakukan seefisien mungkin. Karena itu, ketergantungan akan minyak bumi untuk jangka panjang tidak dapat dipertahankan lagi sehingga perlu ditingkatkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan.

Energi baru dan terbarukan adalah energi yang pada umumnya sumber daya nonfosil yang dapat diperbarui atau bisa dikelola dengan baik, maka sumber dayanya tidak akan habis.

Sumber energi yang termasuk dalam energi baru dan terbarukan antara lain energi panas bumi, energi air, energi surya, energi angin, energi biomassa/biogas, energi samudra, *fuel cell* (sel bahan bakar), dan energi nuklir. Tetapi, tulisan ini hanya akan menyoroti energi panas bumi saja.

Energi panas bumi

Sebagai daerah vulkanik, wilayah Indonesia sebagian besar kaya akan sumber energi panas bumi. Jalur gunung berapi membentang di Indonesia dari ujung Pulau Sumatera sepanjang Pulau Jawa, Bali, NTT, NTB menuju Kepulauan Banda, Halmahera, dan Pulau Sulawesi. Panjang jalur itu lebih dari 7.500 km dengan lebar berkisar 50 – 200 km dengan jumlah gunung api baik yang aktif maupun yang sudah tidak aktif berjumlah 150 buah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di sepanjang jalur itu, terdapat 217 daerah prospek panas bumi.

Potensi energi panas bumi total adalah 19.658 MW dengan rincian di Pulau Jawa 8.100 MW, Pulau Sumatera 4.885 MW, dan sisanya tersebar di Pulau Sulawesi dan kepulauan lainnya. Sumber panas bumi yang sudah dimanfaatkan saat ini adalah 803 MW. Biasanya data energi panas bumi dapat dikelompokkan ke dalam data energi cadangan dan energi sumber.

Sumber: A Harsono Soepardjo, *Kompas*, Senin, 24 Oktober 2005