

USAHA DAN ENERGI

PENDAHULUAN

Bahan Belajar Mandiri (BBM) ini merupakan BBM keempat dari mata kuliah Konsep Dasar Fisika untuk SD yang membahas konsep usaha dan energi. Banyak hal yang terjadi berkaitan dengan usaha dalam kehidupan sehari-hari. Akan tetapi terkadang terjadi salah pengertian dalam memahami istilah usaha. Ada perbedaan pengertian atau definisi yang dimaksud usaha dalam keseharian dengan pengertian usaha dalam konsep fisika. Misalnya, terdapat pernyataan sebagai berikut: “Walaupun hasilnya tidak memuaskan, tetapi dia telah berusaha mengerjakan soal ujian dengan sungguh-sungguh”. Dalam bahasan sehari-hari konteks kalimat tersebut tentunya tidak salah. Akan tetapi di dalam fisika, pemahamannya menjadi berbeda. ‘Usaha’ yang dimaksud di dalam fisika merupakan suatu besaran yang kaitannya dengan perpindahan. Jadi bila suatu benda tidak mengalami perpindahan, maka tidak ada usaha yang bekerja pada benda tersebut.

Konsep usaha pada hakikatnya berkaitan erat dengan konsep energi. Energi merupakan penyebab dari adanya usaha. Akan tetapi usaha juga bisa menyebabkan perubahan energi. Ada beberapa bentuk energi yang kita kenal, akan tetapi bentuk energi yang terkait dengan konsep usaha yang akan dibicarakan disini adalah bentuk energi yang terkait dengan gerak benda, yaitu energi kinetik dan energi potensial.

Dalam BBM ini akan disajikan dua kegiatan belajar, yaitu:

1. Kegiatan Belajar 1 : Usaha
2. Kegiatan Belajar 2 : Energi

Setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan memiliki kompetensi menjelaskan konsep usaha dan energi. Secara lebih khusus lagi. Anda diharapkan dapat:

1. Menjelaskan usaha yang ditimbulkan oleh gaya.
2. Menjelaskan konsep energi kinetik dan hubungan usaha dan energi kinetik.
3. Menjelaskan konsep energi potensial dan hubungan usaha dan energi potensial.
4. Menjelaskan konsep kekekalan energi.

Pembelajaran mengenai energi di SD dipelajari di:

Kelas III Semester 2

Standar Kompetensi: Memahami berbagai cara gerak benda, hubungannya dengan energi dan sumber energi.

Kompetensi Dasar:

- Mengidentifikasi sumber energi dan kegunaannya.

Kelas IV Semester 2

Standar Kompetensi: Memahami gaya dapat mengubah gerak dan/atau bentuk suatu benda

Kompetensi Dasar:

- Menyimpulkan hasil percobaan bahwa gaya (dorongan dan tarikan) dapat mengubah gerak suatu benda.

Kelas V Semester 2

Standar Kompetensi: Memahami hubungan antara gaya, gerak, dan energi, serta fungsinya” dan

Kompetensi Dasar:

- Mendeskripsikan hubungan antara gaya, gerak, dan energi melalui percobaan (gaya gravitasi, gaya gesek, gaya magnet).

Kelas VI Semester 2

Standar Kompetensi: Mempraktekkan pola penggunaan dan perpindahan energi

Kompetensi Dasar:

- Melakukan percobaan untuk menyelidiki hubungan antara gaya dan gerak (model jungkat jungkit, katapel/model traktor sederhana energi pegas).

Agar Anda memperoleh hasil yang maksimal dalam mempelajari BBM ini, ikuti petunjuk pembelajaran berikut ini.

1. Bacalah dengan cermat bagian Pendahuluan BBM ini, sampai Anda memahami betul apa, untuk apa, dan bagaimana mempelajari BBM ini.
2. Bacalah bagian demi bagian, temukan kata-kata kunci dan kata-kata yang Anda anggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata tersebut dalam daftar kata-kata sulit dalam BBM ini atau dalam kamus yang ada.
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian dari isi BBM ini melalui pemahaman sendiri, tukar pikiran dengan sesama mahasiswa, dan dosen Anda.
4. Mantapkan pemahanan Anda melalui diskusi dengan sesama teman mahasiswa.
5. Lakukan semua kegiatan yang diajarkan sesuai dengan petunjuk BBM. Karena di dalam pembelajaran BBM ini kita akan melakukan beberapa pengamatan dan percobaan.

KEGIATAN BELAJAR 1

USAHA

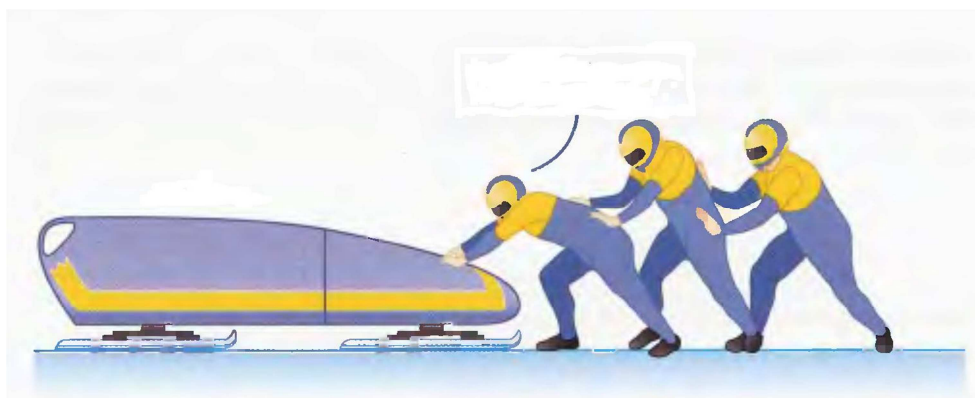
Sebagian besar dari kita mungkin menafsirkan istilah “usaha” sebagai kegiatan yang dilakukan untuk mencapai sesuatu, kegiatan yang dilakukan untuk memperoleh uang, atau kegiatan yang dilakukan untuk mencapai suatu keinginan. Misalnya, seorang mahasiswa yang belajar dengan keras karena ingin mencapai nilai Indeks Prestasi (IP) 4,0 dikatakan telah melakukan usaha. Seorang pedagang yang setiap hari menawarkan dagangannya guna mendapatkan keuntungan atau laba dikatakan telah melakukan usaha. Seorang anak yang akan mengambil mainannya yang terletak pada rak yang agak tinggi dengan menggunakan bangku dikatakan telah melakukan usaha, dan banyak lagi contoh-contoh kasus lainnya.

Apakah pengertian usaha dalam hal ini tepat? Dalam konteks kehidupan sehari-hari, tentu saja pernyataan ini tidaklah salah. Tetapi dalam sudut pandang fisika, pengertian usaha bila diartikan seperti ini adalah keliru. Lantas bagaimana pengertian usaha dalam sudut pandang fisika?

Pada Bahan Belajar sebelumnya kita telah membicarakan konsep gerak dan konsep gaya. Pada Bahan Belajar ini akan kita lanjutkan pembahasan kita mengenai gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga benda itu bergerak (mengalami perpindahan), sehingga dikatakan bahwa gaya tersebut melakukan usaha pada benda.

A. Pengertian Usaha

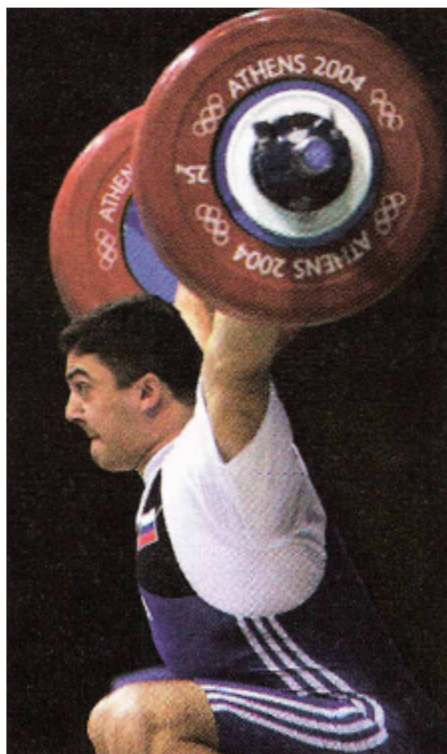
Dalam sudut pandang fisika, khususnya mekanika, usaha mengandung pengertian sebagai segala sesuatu yang dilakukan oleh gaya pada suatu benda sehingga benda itu bergerak. Agar usaha berlangsung, maka gaya harus dikerahkan pada suatu benda hingga benda tersebut menempuh jarak tertentu. Apakah usaha baru dapat berlangsung bila benda berpindah? Bagaimana apabila benda yang diberikan gaya ternyata tidak bergerak atau berpindah? Apakah telah terjadi usaha?



Gambar 4.1. Sejumlah orang yang sedang mendorong kereta salju

Sumber: Fishbane

Gambar 4.1 menunjukkan sejumlah orang yang sedang mendorong sebuah kereta salju. Orang-orang tersebut masing-masing memberikan gaya melalui suatu dorongan kepada kereta salju sehingga kereta salju bergerak (berpindah). Adanya gaya yang bekerja sebuah kereta salju yang menyebabkan kereta salju tersebut berpindah tempat menunjukkan **adanya usaha** yang telah dilakukan oleh masing-masing orang itu.



Gambar 4.2. Seorang atlet angkat besi sedang mengangkat barbel

Sumber: Hewitt

Pada Gambar 4.2 ditunjukkan seorang atlet sedang mengangkat sebuah barbel dalam suatu olimpiade kejuaraan angkat besi. Atlet tersebut mencoba mengangkat barbel yang mula-mula terletak di lantai hingga berada di atas kepalanya. Gaya yang diberikan oleh atlet tersebut pada barbel menyebabkan barbel dapat berpindah (berubah ketinggiannya). Adanya gaya yang diberikan oleh atlet itu kepada barbel sehingga barbel dapat berpindah menunjukkan **adanya usaha** yang diberikan oleh atlet tersebut kepada barbel.

Sekarang marilah perhatikan Gambar 4.3. Seorang tahanan (narapidana) sedang mendorong dinding sel tempatnya dipenjara. Tahanan tersebut mengerjakan sejumlah gaya kepada dinding, namun dinding sel tersebut tetap di tempatnya (tidak bergerak atau berpindah). Adanya gaya yang

diberikan oleh tahanan tersebut kepada dinding sel tetapi dinding sel tersebut tidak berpindah menunjukkan bahwa tahanan itu **tidak melakukan usaha** atau **tidak ada usaha** yang terjadi.



Gambar 4.3. Seseorang sedang mendorong tembok

Sumber: Hewitt

Berdasarkan uraian di atas, dapat kita simpulkan bahwa ada dua syarat terjadinya suatu usaha, yaitu:

1. adanya gaya yang bekerja pada suatu benda;
2. adanya perpindahan yang dialami oleh benda tersebut.

Dengan demikian **usaha didefinisikan sebagai sejumlah gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga menyebabkan benda berpindah sepanjang garis lurus dan searah dengan arah gaya.**

Untuk memahami lebih lanjut mengenai konsep usaha, marilah kita ikuti Kegiatan Percobaan berikut.

Kegiatan Percobaan

Kegiatan ini bertujuan untuk mengamati dan membandingkan perbedaan usaha yang ditimbulkan oleh gaya yang searah dan membentuk sudut terhadap arah perpindahannya.

Alat dan Bahan:

- Balok kayu ukuran sisi 5 cm dan dilengkapi pengait
- Neraca pegas
- Alas atau papan lintasan

Langkah kerja:

1. Kaitkan neraca pegas pada pengait yang terdapat pada balok kayu.

2. Percobaan 1: Tariklah balok kayu tersebut dengan kelajuan tetap sejauh kira-kira 1 meter. Usahakan posisi neraca pegas sejajar dengan alas atau papan lintasan. Catat besar gaya yang diperlukan.
3. Percobaan 2: Aturlah sedemikian rupa sehingga neraca membentuk sudut kira-kira 30° terhadap papan alas. Tariklah balok kayu tersebut dengan kelajuan tetap sejauh kira-kira 2 meter. Catat kembali besar gaya yang diperlukan.
4. Hitung besarnya usaha yang Anda lakukan untuk masing-masing gaya.

Pertanyaan

1. Berdasarkan kedua jenis percobaan, pada percobaan manakah gaya yang diperlukan untuk memindahkan balok yang nilainya paling besar?
2. Setelah Anda menghitung besarnya usaha yang Anda lakukan, apa yang dapat disimpulkan?

Setelah Anda mengikuti Kegiatan Percobaan sederhana tersebut, diharapkan Anda dapat lebih memahami bahwa diperlukan besar gaya yang berbeda untuk memindahkan benda bila gaya itu sejajar dengan arah perpindahannya dan bila gaya itu membentuk sudut dengan arah perpindahannya. Untuk arah gaya yang membentuk sudut dengan arah perpindahannya, diperlukan gaya yang lebih besar untuk memindahkan balok kayu dibandingkan arah gaya yang sejajar dengan arah perpindahannya. Ini artinya, gaya yang membentuk sudut dengan arah perpindahannya memerlukan usaha yang lebih besar dibandingkan dengan usaha yang diperlukan untuk memindahkan balok bila arah gayanya searah dengan arah perpindahannya. Atau dengan kata lain, pada balok yang dikenakan gaya yang membentuk sudut dengan arah perpindahannya dikenakan usaha yang lebih kecil dibandingkan balok yang dikenakan gaya yang searah dengan arah perpindahannya. Secara matematis, usaha yang dilakukan pada suatu benda dinyatakan sebagai berikut.

$$W = F \cdot \Delta x$$

dengan:

W	=	usaha yang dilakukan pada suatu benda
F	=	gaya yang bekerja pada suatu benda
Δx	=	perpindahan yang dialami benda tersebut.

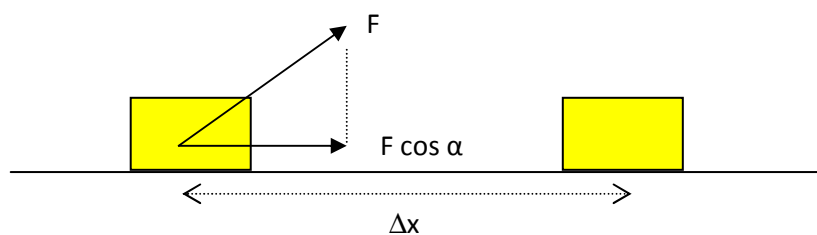
Satuan untuk usaha adalah **joule** (J) dimana nilainya adalah $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ Nm}$. Pada kasus tersebut, gaya yang bekerja pada suatu benda searah dengan perpindahan benda tersebut.

Bagaimana apabila gaya yang bekerja pada benda itu tidak searah dengan arah perpindahannya (membentuk sudut tertentu)?

Bila gaya yang bekerja pada suatu benda tidak searah dengan arah perpindahan benda itu, maka usaha yang dilakukan akan menjadi lebih kecil. Perhatikan Gambar 4.4. Usaha yang dilakukan pada suatu benda apabila gaya yang bekerja pada benda itu tidak searah dengan arah perpindahannya secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$W = F \cos \alpha \cdot \Delta x$$

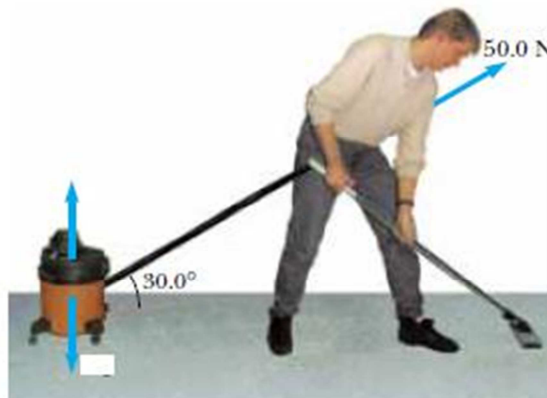
dengan: α = sudut antara arah gaya dan arah perpindahannya.



Gambar 4.4. Gaya pada benda yang membentuk sudut dengan arah perpindahannya.

Contoh Soal:

1. Berapakah usaha yang dilakukan oleh seseorang yang mencoba menarik sebuah balok dengan gaya sebesar 50 N sehingga balok tersebut berpindah sejauh 8 meter?
2. Seseorang menarik sebuah *vacuum cleaner* dengan gaya 50 N dan gaya tersebut membentuk sudut 30° dengan arah perpindahannya. Perpindahan yang dialami oleh *vacuum cleaner* itu adalah 8 meter. Berapakah besar usaha yang dilakukan oleh orang itu?
(abaikan kehadiran gaya gesekan!)



3. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 10 m/s. Sepuluh detik kemudian kecepatan mobil itu menjadi tiga kali semula. Jika massa mobil itu 1.000 kg, hitunglah usaha yang telah dilakukan oleh mesin mobil itu ?

Penyelesaian:

1. Diketahui: $F = 50 \text{ N}$
 $\Delta x = 8 \text{ m}$

Ditanya: $W = ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} W &= F \cdot \Delta x \\ &= 50 \text{ N} \cdot 8 \text{ m} \\ &= 400 \text{ Nm} = 400 \text{ joule} \end{aligned}$$

2. Diketahui: $F = 50 \text{ N}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $\Delta x = 8 \text{ m}$

Ditanya: $W = ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} W &= F \cos \alpha \cdot \Delta x \\ &= 50 \text{ N} (\cos 30^\circ) \cdot 8 \text{ m} \\ &= 50 \text{ N} \left(\frac{1}{2} \sqrt{3} \right) \cdot 8 \text{ m} \\ &= 200 \sqrt{3} \text{ joule} \cong 346,41 \text{ joule} \end{aligned}$$

3. Diketahui: $x_0 = 0$
 $v_0 = 10 \text{ m/s}$
 $m = 1.000 \text{ kg}$
 $v_t = 3 v_0 = 30 \text{ m/s}$
 $t = 10 \text{ s}$

Ditanya: $W = ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + a \cdot t & x &= x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2 \\ 30 \text{ m/s} &= 10 \text{ m/s} + a \cdot 10 \text{ s} & &= 0 + 10 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ m/s}^2 \cdot (10 \text{ s})^2 \\ a &= 2 \text{ m/s}^2 & &= 200 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m \cdot a \\
 &= 1000 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2 \\
 &= 2.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= F \cdot S \\
 &= 2.000 \text{ N} \cdot 200 \text{ m} \\
 &= 400.000 \text{ J} \\
 &= 4 \cdot 10^5 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Ketika kita membicarakan tentang konsep usaha, penting bagi kita untuk memperjelas apakah usaha itu dilakukan oleh suatu benda atau usaha itu dikenakan pada suatu benda. Selain itu juga penting bagi kita untuk memperjelas apakah usaha itu dilakukan oleh sebuah gaya pada sebuah benda atau dilakukan oleh gaya total (beberapa gaya) pada suatu benda.

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Berapakah usaha yang dilakukan seorang pemuda untuk memindahkan sebuah peti kayu sejauh 3 meter bila pemuda tersebut mengerahkan gaya sebesar 60 newton?
2. Berapakah usaha yang dilakukan seorang anak yang hendak mendorong sebuah mobil yang sedang mogok bila gaya yang dikerahkan anak itu sebesar 35 newton sedangkan mobilnya tetap diam?
3. Sebuah benda bermassa 20 kg terletak pada bidang miring dengan sudut 30° terhadap bidang horizontal. Percepatan gravitasi $9,8 \text{ m/s}^2$ dan benda bergeser sejauh 3 meter ke arah bawah. Tentukan usaha yang dilakukan oleh gaya berat tersebut?

RANGKUMAN

Usaha merupakan sejumlah gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga menyebabkan benda berpindah sepanjang garis lurus dan searah dengan arah gaya. Usaha dapat dimaknai pula sebagai transfer energy melalui gaya. Dua hal yang menjadi syarat keberlakuan adanya usaha adalah adanya gaya yang bekerja dan adanya perpindahan. Bila benda yang mendapatkan gaya tetapi tidak bergerak, maka tidak ada usaha yang dikenakan kepada benda itu. Dengan kata lain, bila seseorang mengerjakan suatu gaya untuk memindahkan benda, namun benda yang dikenai gayanya tidak berpindah, maka orang tersebut tidak melakukan usaha.

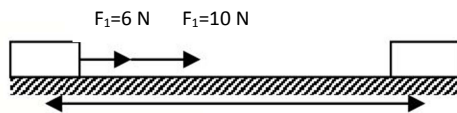
Usaha yang dilakukan pada suatu benda bergantung pula pada arah gaya yang bekerja pada benda itu. Artinya, apabila gaya yang bekerja pada suatu benda tidak searah dengan arah perpindahannya, maka usaha yang dilakukan pada benda itu menjadi lebih kecil. Semakin besar

sudut yang dibentuk gaya dan arah perpindahan, semakin kecil usaha yang dilakukan pada benda tersebut.

TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

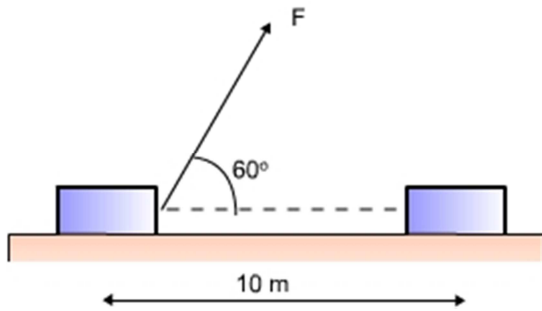
1. Amir mendorong mobil mogok, tetapi mobil itu tetap tidak bergerak. Usaha yang dilakukan Amir adalah ...
 - A. minimum
 - B. maksimum
 - C. nol
 - D. tetap
2. Perhatikan gambar di bawah. Benda A dapat berpindah sejauh 6 m apabila gaya F_1 dan F_2 , mempunyai usaha sebesar ...



- A. 10 J
 - B. 22 J
 - C. 96 J
 - D. 360 J
3. Sebuah benda bergerak di atas bidang datar, kemudian ditahan dengan gaya 60 N, ternyata benda berhenti pada jarak 180 m. Besar usaha pengereman benda adalah
 - A. 120 J
 - B. 180 J
 - C. 189 J
 - D. 10800 J
 4. Sebuah balok ditarik dengan tali yang membentuk sudut 60° terhadap lantai. Jika gaya tarik pada tali 30 N dan balok berpindah sejauh 5m, maka usaha yang dilakukan adalah
 - A. 30 J
 - B. 45 J
 - C. 60 J
 - D. 75 J
 5. Sebuah benda massanya 2 kg mula-mula dalam keadaan diam pada sebuah bidang datar yang licin, kemudian pada benda tersebut bekerja sebuah gaya. Usaha yang dilakukan pada benda sehingga kecepatannya menjadi 8 m/s adalah

- A. 44 J
- B. 54 J
- C. 64 J
- D. 72 J

6. Perhatikan gambar ! Untuk memindahkan benda sejauh 10 m, gaya F melakukan usaha sebesar 100 J. Dalam hal ini besar gaya F adalah



- A. 2 N
- B. 5 N
- C. 20 N
- D. 30 N

7. Gaya sebesar 8 N melakukan usaha pada benda sebesar 80 J sehingga benda dapat berpindah. Perpindahan benda tersebut adalah

- A. 6 m
- B. 10 m
- C. 20 m
- D. 32 m

8. Besarnya usaha yang dilakukan oleh gaya sebesar 10 N untuk memindahkan benda sejauh 4 m, jika arah gaya tegak lurus dengan arah perpindahan adalah

- A. 0
- B. 2 J
- C. 20 J
- D. 40 J

9. Sebuah benda dengan massa 40 kg mula-mula dalam keadaan diam. Padanya bekerja sebuah gaya konstan 200 N selama 6 detik. Usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut adalah

- A. 12.000 J
- B. 15.000 J
- C. 18.000 J
- D. 24.000 J

10. Suatu gaya yang besarnya 22 N bekerja pada sebuah benda sehingga benda mengalami perpindahan 3 m. Arah gaya membentuk sudut α terhadap arah perpindahan benda dan ternyata gaya melakukan usaha sebesar 33 J. Besarnya α adalah
- A. 30°
 - B. 45°
 - C. 60°
 - B. 75°

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Cocokkan hasil jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir bahan belajar mandiri ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100 \%$$

Arti Tingkat Penguasaan :

90% - 100% = Baik Sekali

80% - 89% = Baik

70% - 79% = Cukup

< 70% = Kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda telah berhasil menyelesaikan bahan belajar mandiri Kegiatan Belajar 1 ini. **Bagus!** Akan tetapi apabila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum Anda kuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

ENERGI

Pada Kegiatan Belajar 1, kita telah membahas konsep usaha yang dilakukan pada suatu benda dengan dua syarat keberlakuan usaha, yaitu adanya gaya yang bekerja pada benda itu dan adanya perpindahan benda tersebut. Ada konsep fisika yang erat kaitannya dengan konsep usaha, yaitu konsep energi.

Apa yang dimaksud dengan energi? Secara sederhana, energi merupakan kemampuan melakukan usaha. Definisi yang sederhana ini sebenarnya kurang tepat atau kurang valid untuk beberapa jenis energi (misalnya energi panas atau energi cahaya tidak dapat melakukan kerja). Definisi tersebut hanya bersifat umum. Secara umum, tanpa energi kita tidak dapat melakukan kerja. Sebagai contoh, jika kita mendorong sepeda motor yang mogok, usaha alias kerja yang kita lakukan menggerakkan sepeda motor tersebut. Pada saat yang sama, energi kimia dalam tubuh kita menjadi berkurang, karena sebagian energi kimia dalam tubuh berubah menjadi energi kinetik sepeda motor. Usaha dilakukan ketika energi dipindahkan dari satu benda ke benda lain. Contoh ini juga menjelaskan salah satu konsep penting dalam sains, yakni kekekalan energi. Jumlah total energi pada sistem dan lingkungan bersifat kekal alias tetap. Energi tidak pernah hilang, tetapi hanya dapat berubah bentuk dari satu bentuk energi menjadi bentuk energi lain.

Pada Kegiatan Belajar berikut akan kita lanjutkan pembahasan kita dengan membahas lebih jauh konsep energi yang dimiliki suatu benda sehingga mampu melakukan suatu usaha.

A. Energi dan Perubahan Bentuk Energi

Energi merupakan konsep yang sangat abstrak. Energi tidak memiliki massa, tidak dapat diamati, dan tidak dapat diukur secara langsung. Akan tetapi kita dapat merasakan perubahannya. Kita dapat beraktivitas sehari-hari karena tubuh kita memiliki energi. Sumber energi utama di alam ini adalah matahari (Gambar 4.5)

Energi dapat menyebabkan perubahan pada benda atau lingkungan. Perubahan energi yang dimaksud dapat terjadi dengan berbagai cara. Matahari sebagai sumber energi utama memberikan banyak manfaat dalam berbagai perubahan energi. Matahari menghasilkan energi radiasi yang dapat diubah menjadi berbagai bentuk energi lainnya yang tentu saja sangat berguna bagi kehidupan. Reaksi nuklir yang terjadi di matahari menghasilkan energi

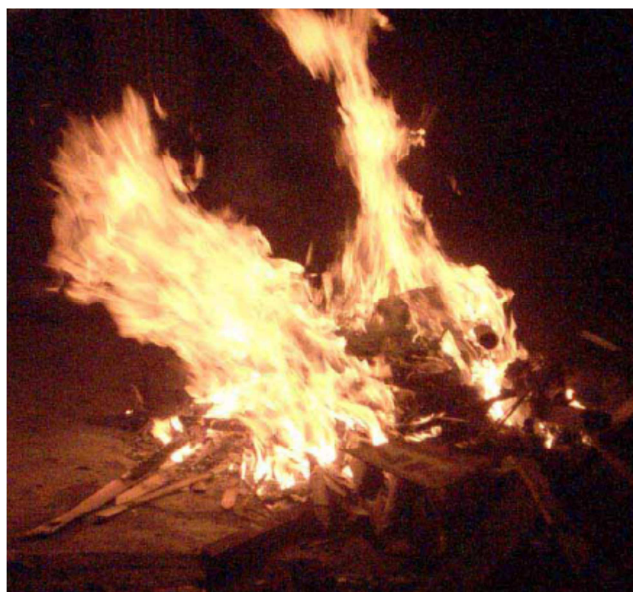
termal (kalor). Oleh karena itu suhu matahari tetap tinggi meskipun radiasi dipancarkan terus-menerus ke ruang angkasa.



Gambar 4.5. Matahari sebagai sumber energi utama

Sumber : Microsoft Encarta Premium 2009

Sebagai penyebab berubahnya benda-benda, energi mengalami perubahan dari satu bentuk ke bentuk lain. Misalnya, pada api unggun terjadi perubahan energi kimia yang ada di dalam kayu menjadi energi cahaya dan energi panas (Gambar 4.6).

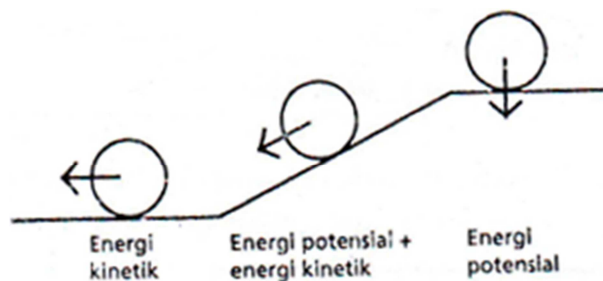


Gambar 4.6. Api unggun

Sumber: Contextual Teaching and Learning IPA SMP Depdiknas

B. Bentuk-bentuk Energi

Konsep bentuk energi tidak terlepas dari perubahan energi, karena yang berubah adalah bentuk energi. Air yang mendidih karena dipanaskan mampu menggerakkan baling-baling kertas. Dalam peristiwa ini terjadi perubahan dari energi termal pada air menjadi energi kinetik (gerak) pada gerakan baling-baling kertas. Dari peristiwa ini dapat memahami bahwa ada bentuk energi termal (panas) dan bentuk energi kinetik. Contoh peristiwa yang lain yaitu jika seseorang meletakkan bola di tempat yang lebih tinggi, kemudian bola tersebut menggelinding ke bawah. Pada saat bola berada di tempat yang tinggi dan diam, ia memiliki energi potensial dan ketika bola bergerak energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Peristiwa ini dapat diamati pada gambar berikut.



Gambar 4.7. Bentuk-bentuk Energi

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

Kipas angin dapat berputar setelah dinyalakan dan karena tersambung dengan listrik. Listrik memiliki kemampuan untuk menggerakkan kipas angin. Dengan demikian listrik salah satu bentuk energi yaitu energi listrik.

Sumber energi

Pembahasan mengenal sumber energi berkaitan dengan kedua bahasan di atas yaitu perubahan bentuk energi dan bentuk-bentuk energi. Sumber energi adalah sesuatu yang menghasilkan energi yang dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Pada pemakaian baterai perubahan energi yang terjadi adalah energi kimia menjadi energi listrik. Pada proses perubahan ini sering terjadi perubahan sebagian energi ke bentuk energi lain, yaitu energi termal (panas). Makanan yang kita makan merupakan salah satu sumber energi kimia, yang jika mengalami proses tertentu akan berubah sehingga kita dapat bekerja. Selama proses itu berlangsung sebagian energi berubah menjadi energi termal dan menyebar ke udara. Kualitas

energi dalam baterai perlu ditingkatkan kembali agar baterai dapat digunakan lagi sesuai keperluan, ini dapat terjadi pada baterai yang dapat “diisi kembali “. Namun tidak semua baterai dapat diisi kembali merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Makanan dapat diperbaharui dengan menghasilkan makanan baru, seperti menanam singkong, sayuran dan sebagainya sehingga makanan merupakan sumber energi yang dapat di perbaharui.

Untuk mengetahui lebih jelas konsep yang berkaitan dengan energi, marilah kita ikuti Kegiatan Percobaan berikut.

Kegiatan Percobaan:

Kegiatan 1:

Kegiatan ini bertujuan untuk memahami konsep energi melalui percobaan.

Alat dan bahan:

- Tabung reaksi kimia
- Penjepit tabung reaksi
- Pembakar spritus
- Kelereng
- Spiritus
- Baling-baling kertas
- Kertas karbon

Langkah kerja:

1. Tugaskan siswa untuk mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Isilah tabung reaksi dengan air yang lebih kecil kurang setengahnya. Untuk menghindari kerusakan pada tabung reaksi masukkan kerikil kecil ke dalam tabung reaksi.
3. Nyalakan pembakar spiritus, kemudian panaskan (bakar) tabung reaksi kimia pada pembakar spiritus.
4. Letakkan kelereng di mulut tabung reaksi, tunggu beberapa saat.
5. Amati apa yang terjadi ! (pengamatan diarahkan kepada nyala api, air dalam tabung reaksi dan kelereng yang ada dalam mulut tabung reaksi.
6. Isilah hasil pengamatan pada tabel percobaan berikut.

No	Keadaan air	Keadaan kelereng
1	sebelum dipanaskan	

2	panas (belum mendidih)	
3	mendidih	
4	mengeluarkan uap	
5	uap air berkurang (api dipadamkan)	
6	tidak mengeluarkan uap	

Pertanyaan:

1. Apa yang menyebabkan air mendidih ?
2. Apa yang terjadi pada kelereng :
 - a. Sebelum air mendidih?
 - b. Ketika air mendidih?
 - c. Setelah api dipadamkan ?
 - d. Setelah air tidak mendidih?
3. Apa yang menyebabkan air menjadi panas?
4. Apa yang menyebabkan api menyala?
5. Apa yang memiliki kemampuan menggerakkan kelereng?

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa:

- Air mendidih karena dipanaskan
- Sebelum air mendidih kelereng tidak bergerak
- Ketika air mendidih kelereng bergerak-gerak
- Setelah api dipadamkan kelereng mulai berhenti bergerak
- Setelah air tidak mendidih kelereng tidak bergerak.

Sesuatu yang mampu memanaskan air adalah nyala api. Sesuatu yang mampu menyalakan api adalah spiritus. Air yang dipanaskan mampu mengeluarkan uap air. Uap air mampu menggerakkan kelereng.

- Spiritus dapat terbakar sehingga mampu memanaskan air sehingga air itu mengeluarkan uap.
- Uap air mampu menggerakkan kelereng.

Kegiatan 2:

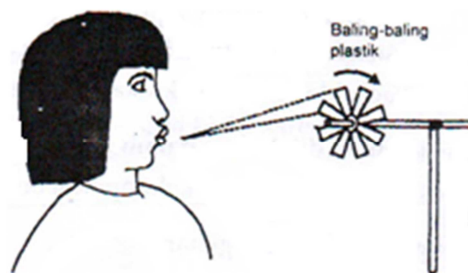
Kegiatan ini bertujuan untuk memahami konsep energi melalui percobaan.

Alat dan bahan:

- Baling-baling plastik dari botol bekas minuman kemasan

Langkah kerja:

1. Buatlah baling-baling dari botol bekas minuman kemasan
2. Tiuplah baling-baling plastik.
3. Biarkan baling-baling berputar beberapa saat, tunggu hingga baling-baling berhenti berputar.
4. Amati keadaan baling-baling secara seksama
5. Tiup sekali lagi dengan tiupan yang lebih kuat, lalu amatilah keadaan baling-baling.



Gambar 4.8. Baling-baling Plastik

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

Pertanyaan:

1. Bagaimana keadaan baling-baling sebelum ditiup?
2. Bagaimana keadaan baling-baling setelah ditiup?
3. Bagaimana keadaan baling-baling jika ditiup lebih kuat?
4. Apa yang menyebabkan baling-baling berputar?

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa:

- Sebelum ditiup keadaan baling-baling plastik diam.
- Setelah ditiup baling-baling kertas berputar.
- Tiupan yang kuat mempercepat putaran baling-baling plastik

- Penyebab baling-baling berputar adalah udara yang keluar dari mulut.

Gerakan udara yang keluar dari mulut memutar baling-baling plastik.

Energi angin menyebabkan baling-baling bergerak

Kegiatan 3:

Kegiatan ini bertujuan untuk memahami konsep energi melalui percobaan.

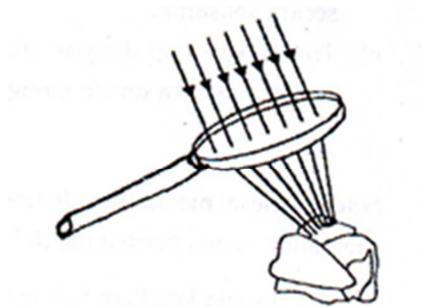
Kegiatan ini dapat dilakukan jika cuaca cerah dan cahaya matahari di luar kelas cukup terang jika cuaca tidak memungkinkan, kegiatan ini ditunda sampai cuaca cerah.

Alat dan bahan:

- Kaca pembesar
- Kertas karbon bekas

Langkah kerja:

1. Ajaklah siswa ke luar kelas, dan cari tempat yang cukup cahaya matahari.
2. Remaslah kertas karbon hingga menggumpal.
3. Tugaskan siswa untuk mencari titik fokus (titik api) cahaya matahari.
4. Arahkan titik fokus cahaya matahari pada kertas karbon yang menggumpal.



Gambar 4.9. Membakar Kertas Karton

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

5. Biarkan beberapa saat. Amati apa yang terjadi !

Pertanyaan:

1. Apa yang terjadi pada kertas karbon :
 - a. Sebelum dikenai sinar matahari?

- b. Setelah dikenai sinar matahari?
- c. Setelah disinari beberapa saat?

Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa:

- Sebelum dikenai sinar matahari kertas karbon tidak panas
- Setelah dikenai sinar matahari kertas karbon panas
- Setelah disinari beberapa saat kertas karbon terbakar.
- Sebelum terbakar kertas karbon terasa panas dan mengeluarkan asap
- Penyebab kertas karbon terbakar adalah sinar matahari yang terkumpul.

Sinar matahari yang terkumpul mampu memanaskan kertas karbon, sehingga kertas karbon mulai terbakar. Contoh alat-alat/peristiwa lain sebagai penerapan dari konsep (percobaan) di atas seperti kompor matahari, menjemur benda basah menjadi kering, layang-layang yang dapat terbang dan sebagainya.

Pertanyaan lanjutan yang dapat dikembangkan setelah percobaan:

- Mengapa lampu listrik atau lampu minyak tanah dapat menyala?
- Mengapa setrika listrik atau setrika arang bisa panas?
- Mengapa kompor minyak tanah atau kayu bakar mampu mematangkan makanan?

Kegiatan 4:

Kegiatan ini bertujuan untuk memahami konsep energi melalui percobaan.

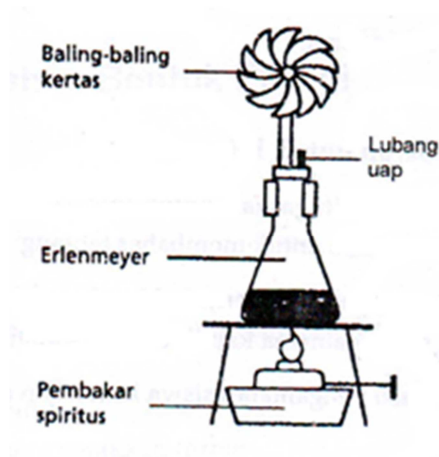
- Menyelidiki perubahan energi yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, misalnya pada mainan kapal laut.
- Menunjukkan adanya perubahan energi pada air yang mendidih dan baling-baling karton.

Alat dan bahan:

- Erlenmeyer
- Spiritus
- Sumbat karet
- Sambungan slang
- Stand/kaki
- Kertas karbon bekas
- Baling-baling plastic
- Korek api

Langkah kerja:

1. Rancang percobaan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.10. Kincir Uap

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

2. Isi pembakar spiritus secukupnya.
3. Isi tabung erlenmeyer dengan air $\pm \frac{1}{4}$ -nya, kemudian tutup dengan sumbat karet.
4. Salah satu sumbat karet ditutup dengan sambungan slang. Lubang yang satu ditutup dengan benda yang lain.
5. Letakkan labu erlenmeyer di atas tungku pembakar dan nyalakan lampu spiritus.
6. Biarkan air mendidih.
7. Letakkan baling-baling plastic di atas sambungan slang dan biarkan beberapa saat.
8. Isikan hasil percobaan pada tabel pengamatan berikut:

No	Keadaan air	Keadaan baling-baling plastik
1.	Sebelum dipanaskan	
2.	Mendidih (mengeluarkan gelembung)	
3.	Mendidih (mengeluarkan uap air)	
4.	Api dipadamkan	

Pertanyaan:

1. Apa sebabnya baling-baling plastik berputar ?
2. Apa sebabnya baling-baling plastik tidak berputar ketika api dipadamkan?

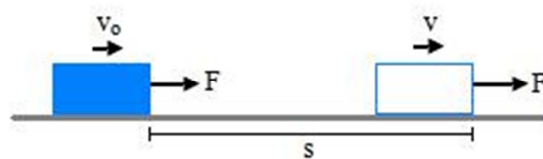
Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa:

Air yang mendidih mengeluarkan uap air yang mampu menggerakkan baling-baling plastik. Air mampu menggerakkan sesuatu berarti air memiliki energi. Air yang mendidih dapat menggerakkan baling-baling kertas, sehingga disebut sebagai sumber energi. Contoh peristiwa atau alat yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan percobaan di atas, misalnya: cara kerja kapal api, kereta api, ceret pemasak air yang berbunyi dan sebagainya.

Energi dapat berada dalam berbagai bentuk, seperti energi panas, energi cahaya, energi listrik, energi kinetik, energi kimia, energi potensial, energi nuklir, dan lain sebagainya. Ada dua bentuk energi yang ada kaitannya dengan mekanika, yaitu energi kinetik dan energi potensial. Dalam pembahasan berikut, kita akan membatasi pembicaraan kita hanya mengenai energi kinetik, energi potensial, dan energi mekanik.

1. Energi Kinetik

Setiap benda yang bergerak memiliki energi. Sejumlah kendaraan yang bergerak dengan laju tertentu di jalan raya juga memiliki energi kinetik. Benda yang bergerak memiliki kemampuan untuk melakukan usaha, karenanya dapat dikatakan memiliki energi. Energi pada benda yang bergerak disebut energi kinetik. Kata kinetik berasal dari bahasa Yunani, *kinetikos*, yang artinya “gerak”. Ketika benda bergerak, benda memiliki kecepatan. Dengan demikian, kita dapat menyimpulkan bahwa energi kinetik merupakan energi yang dimiliki benda karena gerakannya atau kecepatannya (Gambar 4.7).



Gambar 4.11. Energi kinetik benda

Agar benda dipercepat beraturan sampai bergerak dengan laju v maka pada benda tersebut harus diberikan gaya total yang konstan dan searah dengan arah gerak benda sejauh s . Untuk itu dilakukan usaha atau kerja pada benda tersebut sebesar $W = F \cdot s$, dengan $F = m \cdot a$.

Karena benda memiliki laju awal v_0 , laju akhir v_t dan bergerak sejauh s , maka untuk menghitung nilai percepatan a , kita menggunakan persamaan $v_t^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s$.

$$a = \frac{v_t^2 - v_o^2}{2s}$$

Kita substitusikan nilai percepatan a ke dalam persamaan gaya $F = m a$, untuk menentukan besar usaha :

$$W = F \cdot s = (ma)(s) = (m)\left(\frac{v_t^2 - v_o^2}{2s}\right)s$$

$$W = m\left(\frac{v_t^2 - v_o^2}{2}\right) = \frac{1}{2}m(v_t^2 - v_o^2)$$

$$W = \frac{1}{2}mv_t^2 - \frac{1}{2}mv_o^2 \rightarrow \text{persamaan 1}$$

$$W = \frac{1}{2}mv_t^2 \rightarrow v_o = 0$$

Persamaan ini menjelaskan usaha total yang dikerjakan pada benda. Karena $W = EK$ maka kita dapat menyimpulkan bahwa besar energi kinetik translasi pada benda tersebut adalah :

$$W = EK = \frac{1}{2}mv^2 \text{ ————— persamaan 2}$$

Persamaan 1 di atas dapat kita tulis kembali menjadi :

$$W = EK_2 - EK_1 = \Delta EK \rightarrow \text{persamaan 3}$$

Persamaan 3 menyatakan bahwa usaha total yang bekerja pada sebuah benda sama dengan perubahan energi kinetiknya. Pernyataan ini merupakan prinsip usaha-energi. Prinsip usaha-energi berlaku jika W adalah usaha total yang dilakukan oleh setiap gaya yang bekerja pada benda. Jika usaha positif (W) bekerja pada suatu benda, maka energi kinetiknya bertambah sesuai dengan besar usaha positif tersebut (W). Jika usaha (W) yang dilakukan pada benda bernilai negatif, maka energi kinetik benda tersebut berkurang sebesar W . Dapat dikatakan bahwa gaya total yang diberikan pada benda di mana arahnya berlawanan dengan arah gerak benda, maka gaya total tersebut mengurangi laju dan energi kinetik benda. Jika besar usaha total yang dilakukan pada benda adalah nol, maka besar energi kinetik benda tetap (laju benda konstan).

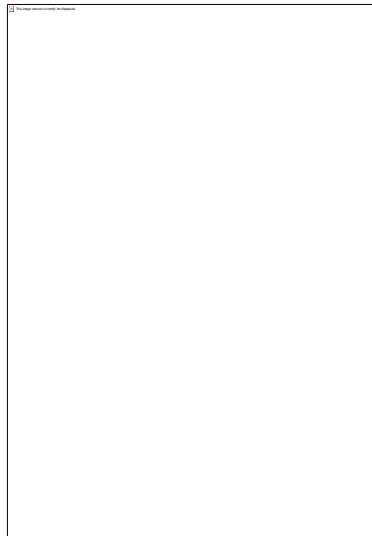
2. Energi Potensial

Istilah potensial memiliki kata dasar “potensi”, yang dapat diartikan sebagai kemampuan yang tersimpan. Secara umum, energi potensial diartikan sebagai energi yang tersimpan dalam sebuah benda atau dalam suatu keadaan tertentu. Energi potensial, karena masih tersimpan, sehingga baru bermanfaat ketika berubah menjadi energi lain. Misalnya pada air terjun, energi potensial diubah menjadi energi kinetik sehingga dapat menggerakkan turbin yang kemudian akan digunakan untuk menghasilkan energi listrik.

Dalam pengertian yang lebih sempit, yakni dalam kajian mekanika, energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena kedudukan atau keadaan benda tersebut. Berikut akan dipaparkan dua contoh energi potensial yang mengacu pada pengertian ini, yakni energi potensial gravitasi dan energi potensial pegas.

a. Energi Potensial Gravitasi

Energi potensial gravitasi adalah energi yang dimiliki suatu benda karena kedudukannya (ketinggiannya) terhadap suatu bidang acuan tertentu. Semakin tinggi benda di atas permukaan tanah, makin besar energi potensial yang dimiliki benda tersebut.



Gambar 4.12. Energi potensial gravitasi

Dengan demikian, energi potensial (EP) gravitasi sebuah benda merupakan hasil kali gaya berat benda (mg) dan ketinggiannya (h). $h = h_2 - h_1$

$$EP = mgh$$

Berdasarkan persamaan energi potensial di atas, tampak bahwa makin tinggi (h) benda di atas permukaan tanah, makin besar energi potensial (EP) yang dimiliki benda tersebut. Energi potensial gravitasi bergantung pada jarak vertikal alias ketinggian benda di atas titik acuan

tertentu. Biasanya kita tetapkan tanah sebagai titik acuan jika benda mulai bergerak dari permukaan tanah atau gerakan benda menuju permukaan tanah.

Jika kita gabungkan 2 persamaan yang telah kita ketahui

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

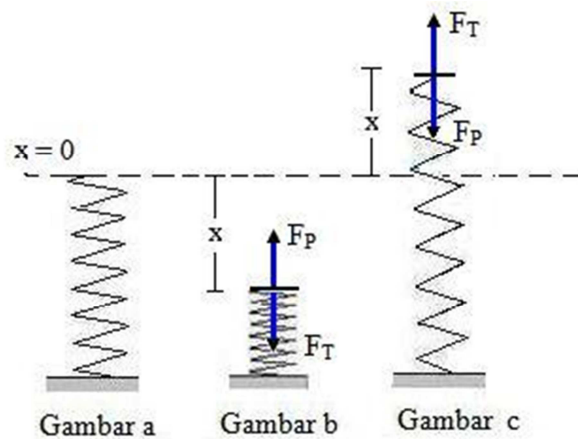
$$W = - (EP_2 - EP_1)$$

$$W = - \Delta EP$$

Persamaan ini menyatakan bahwa usaha yang dilakukan oleh gaya yang menggerakkan benda dari h_1 ke h_2 (tanpa percepatan) sama dengan perubahan energi potensial benda antara h_1 dan h_2 . Setiap bentuk energi potensial memiliki hubungan dengan suatu gaya tertentu dan dapat dinyatakan sama dengan energi potensial gravitasi. Secara umum, perubahan energi potensial yang memiliki hubungan dengan suatu gaya tertentu, sama dengan usaha yang dilakukan gaya jika benda dipindahkan dari kedudukan pertama ke kedudukan kedua. Dalam makna yang lebih sempit, bisa dinyatakan bahwa perubahan energi potensial merupakan usaha yang diperlukan oleh suatu gaya luar untuk memindahkan benda antara dua titik, tanpa percepatan.

b. Energi Potensial Pegas

Selain energi potensial gravitasi terdapat juga energi potensial pegas. Energi potensial pegas berhubungan dengan benda-benda yang elastis, misalnya pegas. Mari kita bayangkan sebuah pegas yang ditekan dengan tangan. Apabila kita melepaskan tekanan pada pegas, maka pegas tersebut melakukan usaha pada tangan kita. Efek yang dirasakan adalah tangan kita terasa seperti di dorong. Apabila kita menempelkan sebuah benda pada ujung pegas, kemudian pegas tersebut kita tekan, maka setelah dilepaskan benda yang berada di ujung pegas pasti terlempar. Perhatikan Gambar 4.9.



Gambar 4.13. Energi potensial pegas

Ketika berada dalam keadaan diam, setiap pegas memiliki panjang alami, seperti ditunjukkan gambar 4.9. Jika pegas di tekan sejauh x dari panjang alami, diperlukan gaya sebesar F_T (gaya tekan) yang nilainya berbanding lurus dengan x , yakni :

$$F_T = kx$$

k adalah konstanta pegas (ukuran kelenturan/elastisitas pegas) dan besarnya tetap. Ketika ditekan, pegas memberikan gaya reaksi, yang besarnya sama dengan gaya tekan tetapi arahnya berlawanan. gaya reaksi pegas tersebut dikenal sebagai gaya pemulih. Besarnya gaya pemulih adalah :

$$F_p = -kx$$

Tanda minus menunjukkan bahwa arah gaya pemulih berlawanan arah dengan gaya tekan. Ini adalah persamaan hukum Hooke. Persamaan ini berlaku apabila pegas tidak ditekan sampai melewati batas elastisitasnya (x tidak sangat besar).

Untuk menghitung Energi Potensial pegas yang ditekan atau diregangkan, terlebih dahulu kita hitung gaya usaha yang diperlukan untuk menekan atau meregangkan pegas. Kita tidak bisa menggunakan persamaan $W = F \cdot s = F \cdot x$, karena gaya tekan atau gaya regang yang kita berikan pada pegas selalu berubah-ubah selama pegas ditekan. Ketika menekan pegas misalnya, semakin besar x , gaya tekan kita juga semakin besar, kita menggunakan gaya rata-rata. Gaya tekan atau gaya regang selalu berubah, dari $F = 0$ ketika $x = 0$ sampai $F = kx$ (ketika pegas tertekan atau teregang sejauh x). Besar gaya rata-rata adalah :

$$\bar{F} = \frac{1}{2}[0 + kx] = \frac{1}{2}kx$$

x merupakan jarak total pegas yang teregang atau pegas yang tertekan Usaha yang dilakukan adalah :

$$W = \bar{F}_r x = \left(\frac{1}{2}kx\right)(x) = \frac{1}{2}kx^2$$

Jadi persamaan Energi Potensial elastis (EP Pegas)....

$$EP_{\text{Elastis}} = \frac{1}{2}kx^2$$

3. Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Kita telah mengenal kekekalan energi melalui contoh berikut, kita memiliki energi karena kita makan (energi kimia). Dari mana asal energi kimia bahan makanan yang kita makan? Ternyata asalnya dari Matahari. Contoh ini menunjukkan bahwa energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, melainkan hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Inilah yang dinamakan Hukum Kekekalan Energi.

Menurunkan Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Kita awali pembahasan hukum kekekalan energi mekanik dengan menurunkannya secara kuantitatif. Dari teorema usaha-energi kinetik kita peroleh

$$W_{\text{res}} = \Delta EK$$

Usaha oleh gaya resultan W_{res} adalah usaha yang dilakukan oleh gaya-gaya konservatif, W_k , dan gaya-gaya tak konservatif, W_{tk} , sehingga

$$W_k + W_{tk} = \Delta EK$$

Jika pada sistem hanya bekerja gaya konservatif maka $W_{tk}=0$, dan persamaan di atas menjadi

$$W_k + 0 = \Delta EK \rightarrow W_k = \Delta EK$$

Telah kita ketahui bahwa $W_k = -\Delta EP$, sehingga $-\Delta EP = \Delta EK$

Atau $\Delta EP + \Delta EK = 0$. Jumlah $\Delta EP + \Delta EK$ sama dengan ΔEM sehingga dapat kita tulis $\Delta EM = EM_{ak} - EM_{aw} = 0$

$$\text{Atau } EM_{ak} = EM_{aw} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Energi mekanik } EM = EP + EK \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan 1 dan 2 dikenal dengan sebutan hukum kekekalan energi mekanik. Hukum ini berbunyi :

Jika pada suatu sistem hanya bekerja gaya-gaya dalam yang bersifat konservatif (tidak bekerja gaya luar dan gaya dalam tak konservatif), maka energi mekanik sistem pada posisi apa saja selalu tetap (kekal). Artinya energi mekanik sistem pada posisi akhir sama dengan energi mekanik sistem pada posisi awal.

Gaya Konservatif dan Gaya Tak Konservatif

Gaya konservatif yaitu gaya-gaya yang tidak bergantung pada lintasannya tetapi hanya bergantung pada keadaan awal dan akhirnya saja sedangkan gaya tak konservatif merupakan kebalikan dari gaya konservatif. Usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif untuk perpindahan antara dua posisi tertentu hanya bergantung pada kedua posisi tersebut dan tidak bergantung pada jalan yang ditempuh. Usaha $W = F \cdot \Delta x$ sedang Δx adalah konstan untuk perpindahan tersebut. Jadi, supaya usaha W hasil gaya konservatif F hanya merupakan fungsi posisi, maka gaya F tersebut haruslah merupakan fungsi posisi saja dan bukan fungsi kecepatan atau waktu. Perhatikan gaya gravitasi konstan $F_{kons} = mg$, gaya gravitasi Newton $F_{grav} = \frac{GMm}{r^2}$, dan gaya pegas $F_p = kx$. Ketiga gaya ini hanya merupakan *fungsi posisi*, dan bukan fungsi kecepatan atau waktu. Oleh karena itu, ketiga gaya ini termasuk *gaya konservatif*.

Bagaimana dengan *gaya gesekan*? Telah kita ketahui bahwa gaya gesekan angin pada penerjun bergantung pada kecepatan penerjun. Makin cepat penerjun jatuh, makin besar juga gaya gesekan angin yang bekerja pada benda karena gaya gesekan angin bergantung pada kecepatan, maka jelas gaya gesekan angin termasuk *gaya tak konservatif*. *Gaya gesekan air* untuk benda bergerak pada permukaan air juga bergantung pada kelajuan benda. Karena itu gaya gesekan air juga termasuk gaya tak konservatif.

Bagaimana dengan *gaya gesekan antar zat padat*? Fungsi gesekan kinetis antar permukaan zat padat untuk kecepatan rendah tidak begitu banyak berubah. Tetapi pada kecepatan tinggi perubahan gaya gesekan cukup bervariasi. Karena gaya gesekan kinetis antar permukaan zat padat merupakan fungsi kecepatan, maka gaya gesekan kinetis pun merupakan *gaya tak konservatif*.

4. Daya

Dalam ilmu fisika, *daya* diartikan sebagai *laju usaha dilakukan atau perbandingan antara besar usaha dengan selang waktu*. Dalam kaitan dengan energi, *daya* diartikan sebagai *laju perubahan energi*. Sedangkan daya rata-rata didefinisikan sebagai perbandingan usaha total yang dilakukan dengan selang waktu total yang dibutuhkan untuk melakukan usaha. Secara matematis, hubungan antara daya, usaha dan waktu dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Daya Rata - Rata} = \frac{\text{Usaha Total}}{\text{Waktu Total}} = \frac{\text{Perubahan Energi}}{\text{Waktu Total}}$$

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

Berdasarkan persamaan ini, dapat disimpulkan bahwa semakin besar laju usaha, semakin besar daya. Sebaliknya, semakin kecil laju usaha maka semakin kecil laju daya. Yang dimaksudkan dengan laju usaha adalah seberapa cepat sebuah usaha dilakukan. Misalnya mobil A dan B memiliki massa yang sama menempuh suatu lintasan berjarak 1 km. Apabila mobil A menempuh lintasan tersebut dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan mobil B, maka ketika menempuh lintasan itu, daya mobil A lebih besar dari mobil B. Dengan

kata lain, Mobil A memiliki laju perubahan energi kimia menjadi energi mekanik yang lebih besar dari pada mobil B.

Satuan Daya

Daya merupakan besaran skalar, besaran yang hanya mempunyai nilai atau besar, tidak mempunyai arah. Satuan daya dalam Sistem Internasional adalah Joule/detik. Joule/detik juga biasa disebut Watt (disingkat W), untuk menghargai James Watt. Dalam sistem British, satuan daya adalah 1 pon-kaki/detik. Satuan ini terlalu kecil untuk kebutuhan praktis sehingga digunakan satuan lain yang lebih besar, yakni *dayakuda* atau *horse power* (disingkat hp). $1 \text{ dayakuda} = 550 \text{ pon-kaki/detik} = 764 \text{ watt} = \frac{3}{4} \text{ kilowatt}$.

Besaran Usaha juga bisa dinyatakan dalam satuan daya x waktu, misalnya *kilowatt-jam* alias kWh. Satu kWh adalah usaha yang dilakukan dengan laju tetap sebesar 1 kilo Watt selama satu jam.

Contoh Soal:

1. Seorang atlet melontarkan bola tolak peluru bermassa 4,2 kg dengan kecepatan 12 m/s. Berapakah energi kinetik benda itu ? Berapakah usaha yang dilakukan atlet itu ?

Penyelesaian:

Diketahui: $m = 4,2 \text{ kg}$

$$v = 12 \text{ m/s}$$

Ditanya: a) $EK = \dots\dots\dots ?$

b) $W = \dots\dots\dots ?$

Jawab:

a) Energi kinetik benda: $EK = \frac{1}{2} m v^2$
 $= \frac{1}{2} \cdot (4,2 \text{ kg}) \cdot (12 \text{ m/s})^2$
 $= 302,4 \text{ J}$

b) Usaha sama dengan perubahan energi kinetik: $W = \Delta EK$

$$W = 302,4 \text{ J}$$

2. Sebuah benda bermassa 2 kg jatuh bebas dari ketinggian 20 m dari atas tanah. Hitunglah:
 - a. Energi potensial setelah benda bergerak 1 sekon
 - b. Usaha yang dilakukan gaya berat pada saat ketinggian benda 10 m

Penyelesaian:

Diketahui: $m = 2 \text{ kg}$

$$h_1 = 20 \text{ m}$$

$$h_2 = 10 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

Ditanya: a) $EP_2 = \dots\dots ?$

b) $W = \dots\dots ?$

Jawab:

a) Energi potensial benda: $\Delta h = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} g t^2$

$$= 0 \cdot 1 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot (1 \text{ s})^2$$
$$= 5 \text{ m}$$

$$W = EP_1 - EP_2$$

$$EP_2 = EP_1 - W$$

$$= m g h_1 - m g \Delta h$$

$$= m g (h_1 - \Delta h)$$

$$= 2 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 (20 \text{ m} - 5 \text{ m})$$

$$= 300 \text{ J}$$

b) Usaha sama dengan perubahan energi potensial: $W = \Delta EP$

$$= m g (h_1 - h_2)$$

$$= 2 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 (20 \text{ m} - 10 \text{ m})$$

$$= 200 \text{ J}$$

3. Sebuah benda jatuh dari ketinggian 6 meter dari atas tanah. Berapa kecepatan benda tersebut pada saat mencapai ketinggian 1 meter dari tanah, bila percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 ?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$h_1 = 6 \text{ m}$$

$$h_2 = 1 \text{ m}$$

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

Ditanya: $v_2 = \dots\dots ?$

Jawab:

Energi mekanik adalah jumlah energi potensial dan energi kinetik

$$EM = EP + EK$$

$$EM_1 = EM_2$$

$$EP_1 + EK_1 = EP_2 + EK_2$$

$$m g h_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 = m g h_2 + \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$g h_1 + \frac{1}{2} v_1^2 = g h_2 + \frac{1}{2} v_2^2$$

$$v_1 = 0 \longrightarrow g h_1 = g h_2 + \frac{1}{2} v_2^2$$

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

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

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

$$v_2^2 = 100 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v_2 = 10 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan benda pada saat mencapai ketinggian 1 m dari tanah adalah 10 m/s.

4. Sebuah traktor digunakan untuk mengangkat benda seberat $1,2 \times 10^4$ N setinggi 9 m dalam waktu 15 s. Berapakah daya traktor itu ?

Penyelesaian:

Diketahui: $F = 1,2 \times 10^4$ N

$$s = 9 \text{ m}$$

$$t = 15 \text{ s}$$

Ditanya: $P = \dots\dots ?$

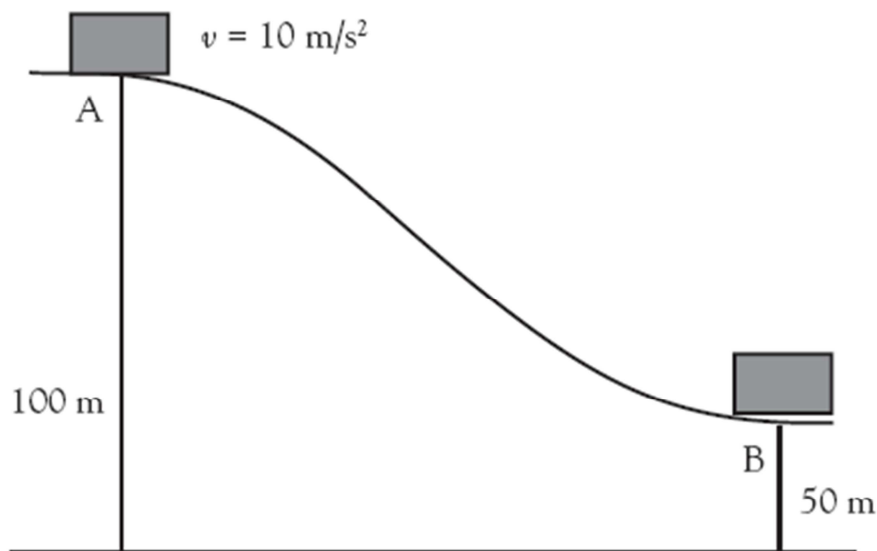
Jawab:

$$P = \frac{W}{t}$$
$$= \frac{F \cdot s}{t}$$
$$= \frac{1,2 \times 10^4 \text{ N} \cdot 9 \text{ m}}{15 \text{ s}}$$
$$= 7,2 \times 10^3 \text{ W}$$
$$= 7,2 \text{ kW}$$

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Seorang pemanjat tebing membawa ransel yang massanya 7,5 kg. Ia mulai memanjat tebing dengan kecepatan konstan, dan 30 menit kemudian ia berada pada ketinggian 9,2 m di atas titik awal.
 - a. Berapakah usaha yang ia lakukan terhadap ranselnya ?
 - b. Jika berat pemanjat itu 650 N, berapakah usaha total yang ia lakukan untuk mengangkat dirinya sendiri dan ranselnya ?
 - c. Berapakah daya total yang dikerahkan pemanjat itu ?
2. Anak panah 80 gram ditembakkan dari busur diregangkan pada jarak 80 cm, sehingga menghasilkan rerata gaya pegas sebesar 90 N pada anak panah itu. Berapakah kecepatan anak panah saat terlepas dari busurnya?
3. Benda bermassa 5 kg dilempar vertikal ke atas dengan kecepatan awal 10 m/s. Berapakah besarnya energi potensial di titik tertinggi yang dicapai benda ?
4. Sebuah benda yang masaanya 1 kg jatuh bebas dari ketinggian 20 m. Berapakah besarnya energi kinetik benda pada saat berada 5 m dari tanah ?
5. Perhatikan gambar berikut !



Berapakah kecepatan *roller coaster* saat berada di titik B?

RANGKUMAN

Energi merupakan konsep yang sangat terkait dengan usaha. Energi dapat menyebabkan perubahan pada benda atau lingkungan. Energi dapat pula mengalami perubahan bentuk. Secara sederhana energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Tentu saja pengertian ini tidak dapat berlaku umum, tetapi hanya pada bentuk-bentuk tertentu saja, terutama yang berkenaan dengan mekanika.

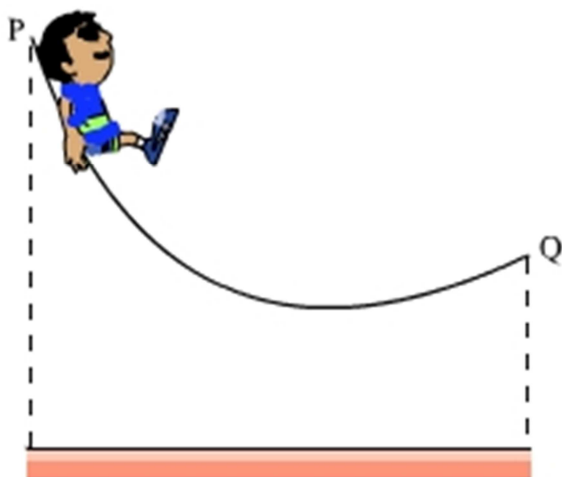
Dalam mekanika dibicarakan dua bentuk energi, yaitu energi kinetik dan energi potensial. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda yang bergerak atau memiliki kecepatan. Sedangkan energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena posisi atau kedudukannya. Di dalam mekanika ada dua jenis energi potensial, yakni energi potensial gravitasi dan energi potensial pegas.

TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Seorang yang massanya 60 kg menaiki tangga yang tingginya 20 m dalam selang waktu 2 menit. Bila percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$, berapa daya yang dikeluarkan oleh orang tersebut ?
 - A. 80 watt
 - B. 100 watt
 - C. 240 watt
 - D. 450 watt
2. Bila sebuah benda dijatuhkan tanpa kecepatan awal (jatuh bebas) dan gesekan udara diabaikan, maka
 - A. energi kinetiknya bertambah
 - B. energi kinetiknya berkurang
 - C. energi potensialnya bertambah
 - D. energi mekaniknya berkurang
3. Sebuah benda bermassa 4 kg mula-mula diam, kemudian bergerak lurus dengan percepatan 3 m/s^2 . Usaha yang diubah menjadi energi kinetik setelah 2 sekon adalah
 - A. 12 J
 - B. 24 J
 - C. 48 J
 - D. 72 J
4. Diantara kasus berikut ini:
 - (1) air yang berada di tempat yang tinggi
 - (2) busur panah yang meregang
 - (3) bola yang menggelinding di lantaiBenda yang memiliki energi potensial adalah benda pada kasus nomor
 - A. (1) saja
 - B. (1) dan (2)
 - C. (2) dan (3)
 - D. (3) saja
5. Sebuah bola besi massanya 0,2 kg dilempar vertikal ke atas. Energi potensial benda pada ketinggian maksimum ialah 40 J. Bila $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka ketinggian maksimum yang di capai benda tersebut ialah...
 - A. 2 m

- B. 4 m
C. 8 m
D. 20 m
6. Semua satuan di bawah ini adalah satuan energy, *kecuali*
- A. joule
B. erg
C. watt
D. kWh
7. Benda yang massanya 0,5 kg dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 20 m/s. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, energi kinetik benda saat mencapai ketinggian 5 m adalah
- A. 50 J
B. 75 J
C. 100 J
D. 125 J
8. Apabila kita menancapkan paku dengan palu ke dinding, maka perubahan energi yang terjadi adalah
- A. energi gerak menjadi energi panas dan energi bunyi
B. energi gerak menjadi energi potensial dan energi panas
C. energi potensial menjadi energi gerak dan energi panas
D. energi potensial menjadi energi panas dan energi bunyi
9. Seorang anak meluncur pada sebuah bidang lengkung PQ yang licin seperti pada gambar di samping. Apabila dari permukaan tanah ketinggian titik P sama dengan 9 meter dan ketinggian titik Q sama dengan 4 meter sedangkan $g = 10 \text{ m/s}^2$ maka kecepatan anak tersebut pada saat meninggalkan titik Q adalah...



- A. 10 m/s
- B. 20 m/s
- C. 30 m/s
- D. 40 m/s

10. Bila hukum kekekalan energi berlaku untuk suatu sistem, maka

- A. jumlah energi kinetik dan energi potensial sistem adalah tetap
- B. energi kinetik sistem tidak berubah
- C. energi potensial sistem selalu bertambah
- D. jumlah energi kinetik dan energi potensial sistem selalu bertambah

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Cocokkan hasil jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir bahan belajar mandiri ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti Tingkat Penguasaan :

- 90% - 100% = Baik Sekali
- 80% - 89% = Baik
- 70% - 79% = Cukup
- < 70% = Kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda telah berhasil menyelesaikan bahan belajar mandiri Kegiatan Belajar 2 ini. **Bagus!** Akan tetapi apabila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum Anda kuasai.

KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

Tes Formatif 1

1. C
2. C
3. D
4. D
5. C
6. C
7. B
8. A
9. C
10. C

Tes Formatif 2

1. B
2. A
3. D
4. B
5. D
6. C
7. B
8. A
9. A
10. A

GLOSARIUM

Daya	:	Laju usaha yang dilakukan atau usaha tiap satuan waktu
Energi	:	Kemampuan benda untuk melakukan usaha
Energi kinetik	:	Energi yang dimiliki benda karena geraknya
Energi potensial	:	Energi yang dimiliki benda karena posisinya
Hukum kekekalan energi	:	Energi dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lainnya, tetapi energy totalnya tetap sama
Usaha	:	Transfer energy melalui gaya atau hasil kali antara komponen gaya yang bekerja pada suatu benda dalam arah perpindahan dan besar perpindahan itu.

DAFTAR PUSTAKA

- Depdiknas. (2005). *Ilmu Pengetahuan Alam-Fisika*. Jakarta: Dirjen Dikdasmen
- Halliday, D., & R. Resnick (1997). *Physics*. Terjemahan: Patur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Microsoft Encarta Premium 2009
- Pratiwi P, R., dkk. (2008). *Contextual Teaching and Learning Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VIII Edisi 4*. Jakarta: Pusat Perbukuan Depdiknas.
- Sulistiyanto, H & Edi Wiyono (2008). *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SD/MI Kelas V*. Jakarta: Pusat Perbukuan Depdiknas.
- Tim SEQIP. (2007). *Buku IPA Guru Kelas 5*. Jakarta: Dirjen Dikdasmen Depdiknas.
- Tipler, P.A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.