



**Fakultas Sains dan Teknologi**  
Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

# FISIKA

bermuatan

Kearifan Lokal



Joko Budi Poernomo

## KATA PENGANTAR

Buku **Fisika Bermuatan Kearifan Lokal**, ini hadir sebagai upaya untuk menumbuhkan minat dan memperdalam penguasaan konsep fisika dan memberi wawasan kepada guru dan calon guru untuk memahami fisika didalam kebudayaan yang ada dikehidupan sehari-hari kepada peserta didik. Kearifan local merupakan identitas atau kepribadian budaya sebuah bangsa yang menyebabkan bangsa tersebut mampu menyerap, bahkan mengolah kebudayaan yang berasal dari luar atau bangsa lain menjadi watak dan kemampuan sendiri. Pada bab-bab didalam buku ini terdapat berbagai macam kearifan lokal yang bias dipahami oleh peserta didik untuk mengupas materi fisika yang akan membawa peserta didik merasa senang selama belajar.

Isi Buku Fisika Bermuatan Kearifan Lokal ini dibagi dalam tiga bab. **Bab pertama** tentang elastisitas; **bab kedua** tentang momentum, impuls, dan tumbukan; **bab ketiga** tentang usaha dan energi; daftar pustaka; dan kunci jawaban evaluasi.

Buku Fisika Bermuatan Kearifan Lokal ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun untuk menyempurnakan buku ini sebagai sumber belajar yang tepat sangat diharapkan. Mari kita tak kenal lelah mengembangkan sumber belajar yang baik sehingga pendidikan di negeri ini dapat menuju ke arah yang lebih baik.

Semarang, 10 September 2021

Joko Budi Poernomo

# DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi.....	ii
<b>BAB 1</b>	<b>ELASTISITAS</b>
A. Elastisitas Zat Padat.....	10
B. Modulus Elastisitas.....	14
C. Hukum Hooke.....	22
RANGKUMAN.....	38
EVALUASI 1.....	40
<b>BAB 2</b>	<b>MOMENTUM, IMPULS, DAN TUMBUKAN</b>
A. Momentum.....	50
B. Impuls.....	57
C. Hukum Kelestarian Momentum.....	64
D. Tumbukan.....	68
E. Penerapan Konsep Momentum Impuls pada Prinsip Gerak Roket.....	76
RANGKUMAN.....	78
EVALUASI 2.....	79
<b>BAB 3</b>	<b>USAHA DAN ENERGI</b>
A. Usaha.....	94
B. Energi.....	103
C. Hubungan Usaha dan Energi.....	125
D. Daya.....	129
E.	

RANGKUMAN.....	132
EVALUASI 3.....	133
Daftar Pustaka.....	136
Kunci Jawaban Evaluasi 1.....	138
Kunci Jawaban Evaluasi 2.....	143
Kunci Jawaban Evaluasi 3.....	148
Biodata Penulis.....	151



# **BAB 1**

## **ELASTISITAS**

**Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar**  
**Fisika SMA/MA Kelas XI**  
**Materi Elastisitas**

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagat raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi. 2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan.

<p>3. Memahami, menerapkan, menganalisis dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.</p>	<p>3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari</p>
---	---

<p>4. Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri serta bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.</p>	<p>4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.</p>
---	---

### Indikator Pembelajaran

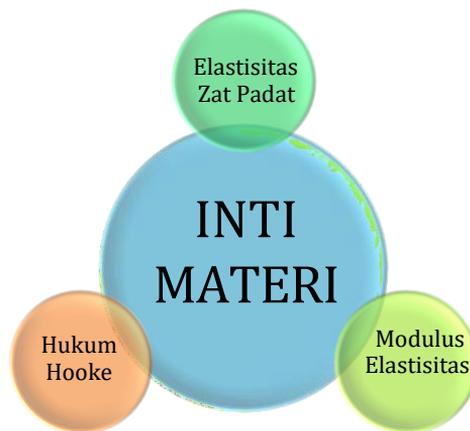
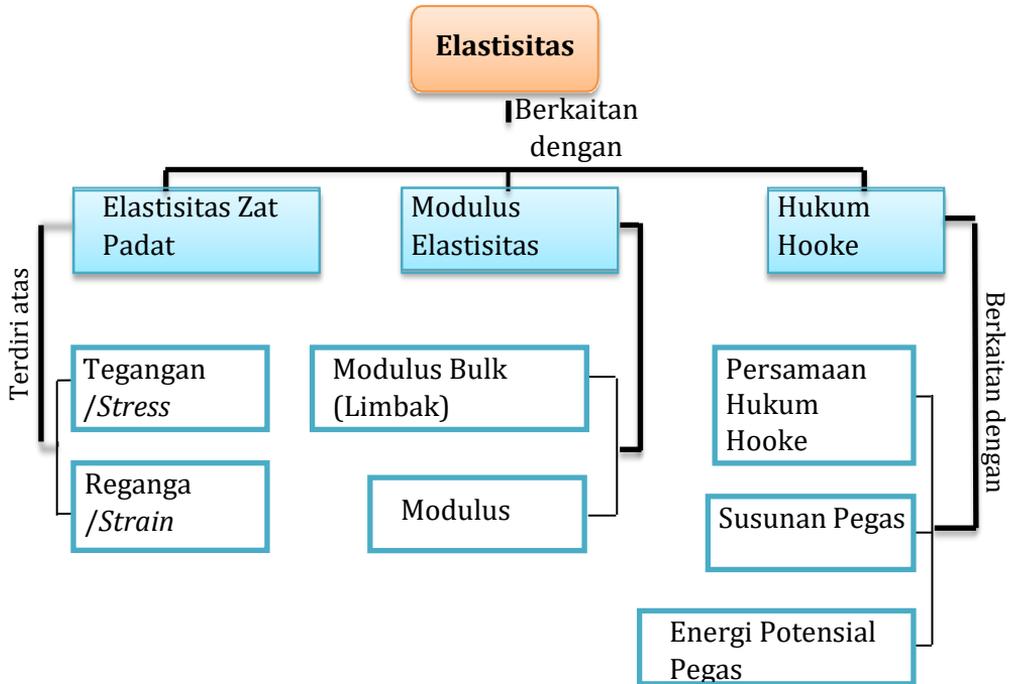
1. Mendefinisikan pengertian benda plastis dan elastis.
2. Mencontohkan benda plastis dan benda elastis.
3. Menunjukkan perbedaan antara tegangan dengan regangan.
4. Menghitung tegangan dan regangan yang dialami benda elastis.
5. Menjelaskan pengertian dan macam-macam modulus elastisitas.
6. Menganalisis hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang pegas .
7. Menganalisis susunan seri dan paralel.
8. Menghitung nilai konstanta gabungan pegas yang disusun seri, paralel, dan campuran.
9. Menghitung nilai energi potensial pegas dengan benar.
10. Memiliki pengetahuan baru tentang fisika yang berhubungan dengan kearifan lokal.

### Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mendefinisikan pengertian benda plastis dan elastis dengan tepat.
2. Siswa dapat mencontohkan benda plastis dan benda elastis dengan benar.
3. Siswa dapat menunjukkan perbedaan antara tegangan dengan regangan suatu benda.
4. Siswa dapat menghitung tegangan dan regangan yang dialami benda elastis.

5. Siswa dapat menjelaskan pengertian dan macam-macam modulus elastisitas dengan baik dan benar.
6. Siswa dapat menganalisis hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang pegas dengan tepat.
7. Siswa dapat menganalisis susunan pegas seri dan paralel dengan tepat.
8. Siswa dapat menghitung nilai konstanta gabungan pegas yang disusun seri, paralel, dan campuran.
9. Siswa dapat menghitung nilai energi potensial pegas dengan benar.
10. Siswa dapat memiliki pengetahuan baru tentang fisika yang berhubungan dengan kearifan lokal.

## PETA KONSEP



### Kata Kunci

Elastisitas, Tegangan/*stress*, Reganga/*strain*, Modulus Elastisitas, Modulus Bulk (Limbak), Modulus Geser, Hukum Hooke, Seri, Paralel, Energi Potensial Pegas

## APRESEPSI

Pernahkah kalian melihat sandal yang terbuat dari kayu? Dan apakah kalian tahu apa nama sandal tersebut? Bakiak merupakan sebutan di Jawa Tengah untuk sejenis sandal yang telapaknya terbuat dari kayu ringan dengan pengikat kaki terbuat dari ban bekas yang dipaku pada kedua sisinya. Bakiak adalah salah satu sandal tradisional Indonesia, mungkin daerah di Indonesia pernah ada, hanya nama penyebutannya yang berbeda. Sandal jenis ini biasa dipakai orang tua dulu untuk pergi mengambil wudhu atau pergi ke masjid. Bakiak sering dijadikan lomba pada saat tertentu misalnya lomba 17 Agustus. Bakiak dibuat memanjang dan kemudian dipakai secara berkelompok. Kelompok yang lebih dulu mencapai finish maka kelompok tersebut pemenangnya.

Apakah kalian pernah memakainya?. Jika kalian pernah memakainya coba bandingkan dengan memakai sandal yang telapaknya terbuat dari karet. Telapak yang terbuat dari karet pasti akan lebih nyaman dibandingkan dengan telapak yang terbuat dari kayu. Bagaimana bisa seperti itu? Kita akan mengerti jawabannya setelah mempelajari bab ini.

Setiap benda memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Karakteristik kayu akan berbeda dengan karakteristik karet. Perbedaan tersebut ditentukan oleh jenis bahan atau material penyusunnya. Setiap jenis bahan memiliki mekanika khusus yang perlu dipertimbangkan jika akan



Sumber: [www.cirebontrust.com](http://www.cirebontrust.com)

**Gambar 1.1**

Sandal tradisional Indonesia yang terbuat dari kayu



Sumber: Dok. pribadi

**Gambar 1.2**

Sandal yang terbuat dari karet

digunakan untuk membuat sebuah peralatan tertentu. Konsep yang akan kita pelajari dalam bab ini yaitu tentang elastisitas dan hukum Hooke. Kita akan mengetahui perbedaan sifat benda yang elastis dan plastis serta contohnya dalam kehidupan sehari-hari. Sebelum memulai pembahasan tentang konsep elastisitas, lakukanlah kegiatan 1.1 berikut!.



### Kegiatan 1.1

Lakukanlah sebuah kegiatan sederhana dibawah ini, kemudian jawablah pertanyaan yang sudah disediakan.

#### **Kegiatan:**

1. Ambillah sebuah karet gelang dan plastisin
2. Berikan gaya pada kedua benda tersebut dengan cara menariknya

#### **Pertanyaan:**

1. Apakah karet gelang dan plastisin kembali ke bentuk semula?
2. Diantara kedua benda tersebut, benda manakah yang termasuk benda elastis?
3. Mengapa benda bisa kembali ke bentuk semula?
4. Gaya apa yang membuat benda kembali ke bentuk semula?
5. Sebutkan benda yang mempunyai sifat elastis!

## A. Elastisitas Zat Padat

Permainan tradisional Indonesia yang berasal dari berbagai daerah sangat beragam dan unik. Jika kalian hidup di pedesaan mungkin kalian pernah memainkan ketapel. Sebuah alat yang terbuat dari kayu berbentuk huruf “Y” dan karet. Ketapel dimainkan dengan cara menarik karet yang berisi kerikil. Cara kerja ketapel memanfaatkan prinsip gaya pegas, timbul akibat adanya tarikan



atau dorongan benda yang elastis. Semakin kuat tarikan ketapel, semakin besar pula gaya tarikan yang diberikan. Semakin besar gaya yang diberikan, benda benda akan semakin cepat bergerak. Apabila kita menarik ketapel dengan lemah, kerikil terlempar dengan pelan. Akibatnya jarak lemparan yang dihasilkan menjadi lebih dekat. Jika gaya makin kecil, gerak benda juga semakin pelan. Pegas dan karet adalah contoh benda elastis.

Berdasarkan reaksinya terhadap gaya mekanis, bahan dapat dibedakan menjadi bahan lunak dan bahan keras, atau bahan lemas dan bahan kaku. Secara umum pembagian jenis bahan itu didasarkan pada sifat kelenturannya atau elastisitasnya. Berdasarkan elastisitasnya bahan bisa dikelompokkan menjadi bahan plastis dan bahan elastis. Sifat elastis atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan (dibebaskan). Ambil sebuah adonan, lalu letakkan diatas meja horizontal. Berikan gaya berupa tekanan menggunakan telapak tangan hingga berubah bentuk. Apakah adonan tersebut kembali ke bentuk semula? Adonan tersebut merupakan contoh benda tak elastis atau benda plastis.



Sumber: [www.masukdapur.wordpress.com](http://www.masukdapur.wordpress.com)

**Gambar 1.4**

Adonan termasuk benda tak elastis/plastis

Sifat lastis adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya. Bahan karet memiliki karakteristik yang berbeda dengan adonan. Perbedaan karakteristik antara dua bahan menyebabkan perbedaan sifat benda-benda yang disusunnya walaupun dibentuk serupa, misalnya bola. Warna dan ukurannya bisa saja dibuat sama, tetapi karakteristik atau sifat dasar bola

karet dan bola adonan tetap berbeda. secara mekanika, karakteristik suatu bahan dibedakan dari sifat alamiah benda, yaitu dari massa jenis dan berat jenis benda serta ketika gaya mengenai benda.

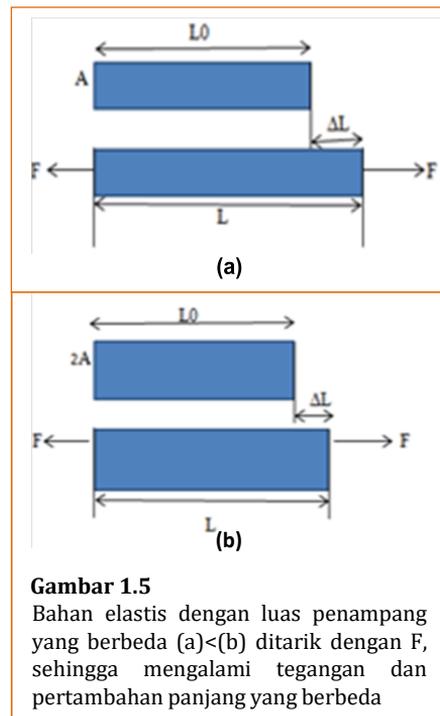
Kita perlu mempelajari elastisitas suatu bahan dalam kehidupan sehari-hari karena banyak manfaatnya. Seperti dalam olahraga dan rekayasa bahan. Dalam konsep elastisitas zat padat dikenal beberapa besaran penting yaitu tegangan dan regangan.

### 1. Tegangan/*Stress*

Tegangan/*Stress* didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dan luas penampang benda. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad [1.1]$$

Dengan



**Gambar 1.5**

Bahan elastis dengan luas penampang yang berbeda (a)<(b) ditarik dengan F, sehingga mengalami tegangan dan pertambahan panjang yang berbeda

$F$  = gaya yang bekerja (N)

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$\sigma$  = tegangan/stress ( $N/m^2$ )

Tegangan/*stress* adalah besaran skalar dan sesuai persamaan (1.1) memiliki satuan  $N/m^2$  atau pascal (Pa).

Perhatikan gambar 1.5 bahan elastis dengan luas penampang mengalami gaya tarik pada ujung-ujungnya. Akibat gaya tarik tersebut, karet mengalami tegangan tarik ( $\sigma$ ). Contoh dalam kearifan lokal adalah permainan sulap gelang karet yang dilakukan oleh seseorang hingga membentuk pola yang diingkan saat itulah gelang karet mengalami tegangan.

## 2. Regangan/*Strain*

Regangan atau *strain* didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang dan panjang mula-mula. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad [1.2]$$

Dengan

$\Delta L$  = pertambahan panjang (m)

$L$  = panjang mula-mula (m)

$\varepsilon$  = regangan/*strain*

Pada gambar 1.5 gaya tarik yang diberikan pada bahan elastis berusaha meregangkan bahan tersebut hingga bertambah sebesar  $\Delta L$ . Dalam kearifan lokal keseharian adalah permainan lompat tali, dimana kedua ujung tali tersebut di tarik hingga tali karet mengalami pertmbahan panjang.



### Contoh 1.1

Karet pada sebuah ketapel yang luas penampangnya  $8 \text{ mm}^2$ , diregangkan dengan gaya  $24 \text{ N}$  sehingga bertambah panjang  $0,2 \text{ cm}$ . Jika panjang karet mula-mula  $40 \text{ cm}$ , maka hitunglah tegangan dan regangan karet!

**Penyelesaian:**

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{24}{8 \cdot 10^{-6}} = 3 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$s = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,2}{40} = 5 \cdot 10^{-3}$$



### Uji Kompetensi 2.1

1. Sebuah karet gelang yang panjangnya  $100 \text{ cm}$  ditarik dengan gaya  $100 \text{ N}$ , yang menyebabkan karet gelang bertambah panjang  $10 \text{ cm}$ . Tentukan regangan karetnya!
2. Jelaskan perbedaan benda elastis dan plastis! Berikan contohnya!
3. Seorang tukang bangunan ingin menancapkan paku pada kayu, jika paku mempunyai luas penampang  $2 \text{ mm}^2$  dan dipukul dengan gaya  $40 \text{ N}$ , Tegangan (*Strees*) yang dialami paku adalah...
4. Suatu pegas akan bertambah panjang  $20 \text{ cm}$  jika diberi gaya  $40 \text{ N}$ . Berapakah pertambahan panjang pegas jika diberi gaya  $8 \text{ N}$ ?

5. Kawat logam panjangnya 80 cm dan luas penampangnya 4 mm<sup>2</sup>. Ujung yang satu diikat pada atap dan ujung yang lain ditarik dengan gaya 50 N. Ternyata panjangnya menjadi 82 cm. Tentukan:
- Regangan kawat
  - Tegangan kawat

## B. Modulus Elastisitas

Kelakuan suatu bahan secara mekanik dapat diperkirakan berdasarkan nilai-nilai modulus elastisitasnya. Modulus elastisitas didefinisikan sebagai perbandingan tegangan dan regangan yang dialami oleh benda elastis.

$$E = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{F \cdot L}{A \cdot \Delta L} \quad [1.3]$$

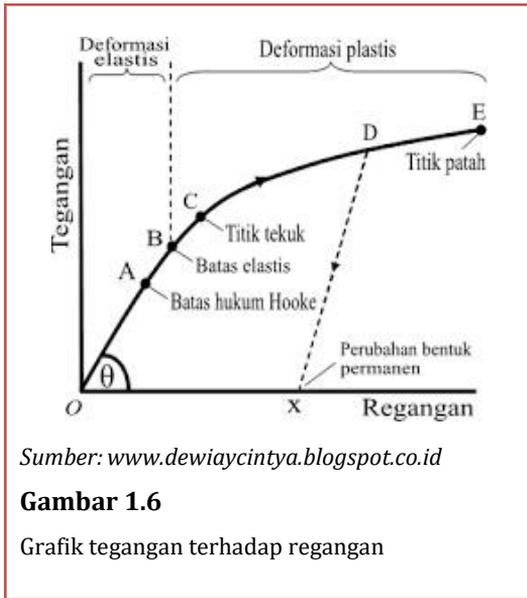
Dengan

$E$  = modulus elastis atau modulus Young (Nm<sup>-2</sup> atau Pa).

$\sigma$  = tegangan/stress (N/m<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = regangan/strain

Grafik pada gambar 1.6, menunjukkan variasi tegangan terhadap regangan ketika seutas kawat logam (baja) diberi gaya tarik hingga kawat itu patah. Dari O ke B, deformasi (perubahan bentuk) kawat adalah elastis. Ini berarti jika tegangan dihilangkan, kawat akan kembali ke bentuk awalnya. Dalam daerah deformasi elastis terdapat daerah yang grafiknya linear (garis lurus), yaitu titik OA. Dari titik O sampai titik A berlaku hukum Hooke, pada titik A disebut batas hukum Hooke.



**Gambar 1.6**

Grafik tegangan terhadap regangan

Titik B adalah batas elastis. Diatas titik itu, deformasi kawat adalah plastis. Jika tegangan dihilangkan dalam daerah deformasi plastis, misalnya di titik D, kawat logam tidak akan kembali ke bentuk awalnya, melainkan mengalami deformasi permanen (regangan  $x$  pada sumbu mendatar). Titik C adalah titik tekuk (*yield point*). Di atas titik itu, hanya

dibutuhkan tambahan gaya tarik kecil untuk menghasilkan pertambahan panjang yang besar. Tegangan paling besar yang dapat kita berikan tepat sebelum kawat patah disebut tegangan maksimum (*ultimate tensile stress*). E adalah titik patah. Jika tegangan yang kita berikan mencapai E, maka kawat akan patah.

Perhatikan tabel 1.1, modulus elastis bergantung pada jenis zat dan tidak pada ukuran atau bentuknya.

Tabel 1.1 Modulus elastis berbagai zat

Zat	Modulus elastis $E$ ( $N/m^2$ )
Besi	$100 \times 10^9$
Baja	$200 \times 10^9$
Perunggu	$100 \times 10^9$
Aluminium	$70 \times 10^9$
Beton	$20 \times 10^9$
Batu bara	$14 \times 10^9$
Marmar	$50 \times 10^9$
Granit	$45 \times 10^9$
Kayu (pinus)	$10 \times 10^9$

Nilon	$5 \times 10^9$
Tulang muda	$15 \times 10^9$

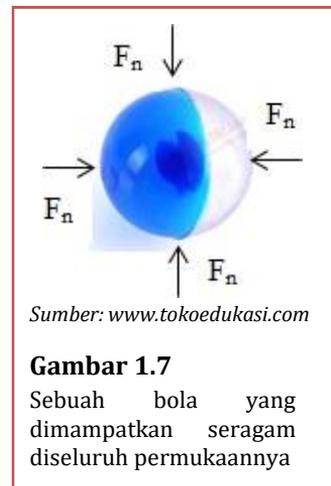
Ada tiga macam modulus elastisitas, yaitu modulus Young untuk zat padat, modulus Bulk (limbak) untuk zat padat maupun fluida, dan modulus geser untuk zat padat. Modulus Young merupakan nama lain dari modulus elastisitas. Sudah dijelaskan bahwa modulus elastisitas atau modulus Young merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan. Berikut ini merupakan penjelasan modulus bulk (limbak) dan modulus geser.

### 1. Modulus bulk (limbak)

Modulus Bulk adalah nilai yang menggambarkan toleransi sebuah bahan terhadap perubahan volume jika dikenai gaya. Modulus Bulk didefinisikan sebagai perbandingan tegangan volume dengan regangan volume. Modulus bulk merupakan suatu nilai yang menunjukkan sifat elastisitas benda padat maupun fluida ketika dikenai gaya seragam di seluruh permukaannya (dimampatkan atau dikompresi).

Jika diasumsikan sebuah bola bekel (pada gambar 1.7) memiliki volume  $V$  dikenai gaya seragam  $F_n$  di seluruh permukaannya yang arahnya selalu tegak lurus permukaan. Tegangan atau tekanan pada bola bekel itu (kita simbolkan sebagai  $P$ ) didefinisikan sebagai gaya yang tegak lurus permukaan dibagi luas permukaan bola ( $A$ );

$$P = \frac{F_n}{A} \quad [1.4]$$



**Gambar 1.7**

Sebuah bola yang dimampatkan seragam diseluruh permukaannya

Dengan

$F_n$  = gaya yang diberikan (N)

A = luas permukaan ( $m^2$ )

P = tegangan bulk ( $N/m^2$ )

Jika tekanan diperbesar, bola akan semakin mampat sehingga volumenya semakin mengecil. Perubahan volume  $\Delta V$  disebut tegangan volume, sedangkan rasio perubahan volume dan volume awalnya ( $\Delta V/V$ ) disebut regangan volume. Dengan demikian, modulus limbak bahan didefinisikan sebagai:

$$\text{Modulus limbak} = \frac{\text{Tegangan volume}}{\text{Regangan volume}}$$

Atau

$$B = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V} \quad [1.5]$$

Tanda minus dimasukkan dalam definisi B karena bertambahnya tekanan selalu menyebabkan berkurangnya volume. Contoh Karifan lokal dalam modulus bulk adalah permainan *bekkelan* yang dimainkan oleh anak-anak remaja yang populer dikalangan remaja putri.

## 2. Modulus geser

Modulus geser dari sebuah bahan padat menunjukkan kemampuan bahan itu untuk mengatasi gaya geseran, yaitu gaya yang diberikan pada arah tangensial (sejajar salah satu permukaannya). Tegangan geser didefinisikan sebagai:

$$\text{Tegangan geser} = \frac{\text{gaya tangensial}}{\text{luas permukaan}}$$

Atau

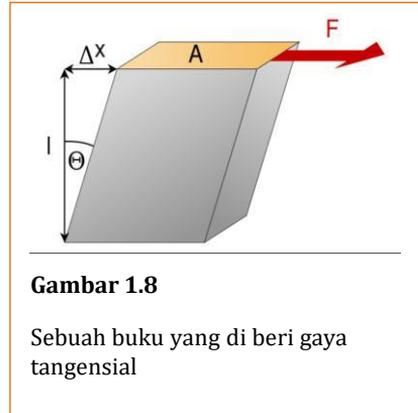
$$P = \frac{F_t}{A} \quad [2.6]$$

Dengan

$F_t$  = gaya pada arah tangensial (N)

$A$  = luas permukaan ( $m^2$ )

$P$  = Tegangan geser ( $N/m^2$ )



**Gambar 1.8**

Sebuah buku yang di beri gaya tangensial

Regangan gesernya didefinisikan sebagai :

$$\text{Regangan geser} = \frac{\Delta x}{h} \quad [1.7]$$

Dengan  $h$  adalah jarak antara permukaan bawah dan permukaan atas.

Modulus geser ( $G$ ) didefinisikan sebagai berikut:

$$G = \frac{F_t/A}{\Delta x/h} = \frac{F_t}{A} \cdot \frac{h}{\Delta x} \quad [1.8]$$

### Alat dan bahan:

1. Kayu
2. Lem kayu
3. Paku
4. Triplek
5. Pentil
6. Beban
7. Jarum



Gambar Percobaan

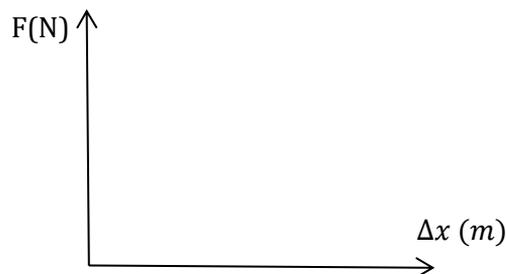
### Cara kerja :

1. Rangkailah alat dan bahan seperti Gambar Percobaan!
2. Ukurlah panjang pentil mula-mula!
3. Gantungkan sebuah beban diujung pentil yang telah diukur massanya!
4. Ukurlah panjang akhir pentil yang telah diberi beban!
5. Ulangi langkah 2-4 dengan menggunakan beban yang berbeda massanya sebanyak 3 kali!
6. Catat hasil pada tabel data hasil percobaan!
7. Buatlah grafik hubungan antara gaya dan pertambahan panjang!
8. Lakukan kembali langkah 2-7 dengan menambahkan pentil dan menyusunnya secara seri dan paralel.

NO	Massa (kg)	Gaya (N)	Panjang Awal (m)	Pertambahan Panjang (m)	K (N/m)
1					
2					
3					

Berdasarkan hasil data percobaan, maka dapat disimpulkan:

1. Jika gaya bernilai besar maka, dan jika gaya bernilai kecil maka.....
2. Hubungan antara gaya dan pertambahan panjang adalah.....
3. Pentil merupakan benda yang bersifat ..... karena .....
4. Berdasarkan hasil percobaan pada kegiatan 3 maka nilai konstanta pegas adalah.....
5. Bagaimana hubungan gaya dan pertambahan panjang jika digambarkan dalam bentuk grafik gaya terhadap pertambahan panjang?





### Contoh 1.2

Seutas senar pada gitar yang luas penampangnya  $1 \text{ mm}^2$  dan panjang  $1 \text{ m}$  dipetik dengan gaya  $100 \text{ N}$ . Jika dawai bertambah  $5 \text{ mm}$ , maka modulus elastisitas dawai adalah...

**Penyelesaian:**

$$E = \frac{F \cdot L}{A \cdot \Delta L}$$

$$E = \frac{100 \cdot 1}{1 \times 10^{-6} \cdot 5 \times 10^{-2}}$$

$$E = \frac{100}{5 \times 10^{-8}}$$

$$E = 2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$



## Uji Kompetensi 1.2

1. Karet gelang yang memiliki luas penampang  $1 \text{ mm}^2$  dan panjang 10 cm ditarik dengan gaya 50 N. Jika karet bertambah panjang 5 cm, maka modulus elastisitas karet gelang adalah...
2. Sebutkan benda-benda di sekeliling kalian yang termasuk benda elastis dan plastis!
3. Karet penghapus yang berbentuk kubus dengan volume  $125 \text{ cm}^3$  diberikan tegangan 10 N di seluruh permukaannya sehingga volume penghapus berubah menjadi  $120 \text{ cm}^3$ . Modulus limbak penghapus adalah...
4. Dimensi dari modulus elastisitas adalah...
5. Suatu kawat terbuat dari baja yang panjangnya 1,6 m berdiameter 0,2 cm. Jika modulus geser kawat tersebut adalah  $80 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ , berapa besar tegangan kawat jika meregang 0,3 cm ketika dikencangkan?

### C. Hukum Hooke

Pernahkah kalian mengendarai motor yang melewati polisi tidur? Jika pernah, pasti kalian merasakan sebuah guncangan. Pada sebuah motor terdapat suatu bagain yang dapat meringankan guncangan yaitu shock breaker. Shock breaker memanfaatkan pegas untuk meningkatkan kenyamanan pengendara. Pegas



Sumber: [www.tribunnews.com](http://www.tribunnews.com)

**Gambar 1.9**

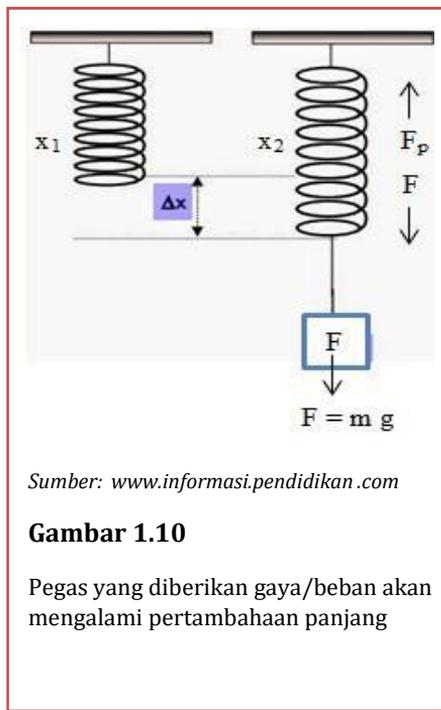
Pegas dapat meredam guncangan yang diakibatkan oleh polisi tidur.

merupakan suatu rangkaian kawat ataupun besi yang memiliki bentuk berulir-ulir seperti spiral sehingga membentuk suatu konstruksi pegas. Pegas dimanfaatkan untuk berbagai macam kebutuhan. Ukuran pegas bervariasi mulai dari pegas dengan ukuran kecil, hingga pegas yang berukuran sangat besar. Pegas menghasilkan suatu gaya fisika yang dikenal dengan gaya pegas. Gaya pegas bisa membantu memantulkan suatu benda atau bisa juga untuk menahan, menarik dan meredam guncangan dari suatu benda.

### 1. Persamaan Hukum Hooke

Dalam mekanika, hukum hooke tentang elastisitas menyatakan bahwa pertambahan panjang pegas sebanding dengan besar gaya yang bekerja padanya. Gaya yang dimaksud biasanya berupa beban yang digunakan pada pegas itu.

Perhatikan gambar 2.10. Sebuah pegas yang digantung bebas mula-mula mempunyai panjang  $x_1$ . Pegas tersebut diberi beban yang digantung di ujung bawah pegas. Gaya berat beban menarik pegas sehingga panjang pegas menjadi  $x_2$ . Pegas bertambah panjang sebesar  $\Delta x = x_2 - x_1$ . Pegas bersifat elastis sehingga pada pegas itu muncul gaya pemulih ( $F_p$ ) yang melawan gaya berat beban itu. Besar  $F_p$  sama dengan besar  $F$ , tetapi arahnya berlawanan. Pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan besar gaya. Selain bergantung pada besar gaya berat



**Gambar 1.10**

Pegas yang diberikan gaya/beban akan mengalami pertambahan panjang

pada kekakuan pegas. Kekakuan sebuah pegas ditunjukkan dengan suatu nilai karakteristik yang disebut konstanta gaya pegas atau disingkat konstanta pegas  $k$ . Semakin besar nilai  $k$ , semakin kaku pegas itu. Dengan demikian hukum hooke dirumuskan sebagai berikut:

$$F_p = -F \quad [1.9]$$

$$F = -k(x_2 - x_1) \quad [1.10]$$

$$F = -k(\Delta x) \quad [1.11]$$

Dengan

$F_p$  = gaya pemulih (N)

$F$  = gaya pegas (N)

$k$  = konstanta pegas (N/m)

$x_2$  = panjang akhir (m)

$x_1$  = panjang awal (m)

$\Delta x$  = pertambahan panjang (m)

Tanda negatif pada persamaan hukum hooke menunjukkan bahwa arah gaya hooke (gaya pemulih) pada pegas berlawanan dengan arah perubahan panjang. Bila pegas ditarik ke bawah, maka arah gaya pemulih ke atas, dan berlaku sebaliknya. Dengan kata lain, arah gaya pemulih berlawanan dengan arah gaya yang merubah bentuk pegas.

### Robert Hooke

(1635 - 1703)



(sumber : [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))

Robert Hooke (18 Juli 1635 - 3 Maret 1703) adalah seorang penemu, ahli kimia dan matematika, arsitek, dan filsuf. Robert Hooke memiliki perhatian yang sangat luas di bidang keilmuan, mulai dari astronomi sampai geologi, hukum kekekalan (elastisitas) masih memakai namanya.

Hukum Hooke yang ditemukan dengan rumus tanda (-) menyatakan bahwa arah  $F$  berlawanan dengan arah perubahan panjang  $x$ .



### Contoh 1.3

Sebuah pegas digantung pada statif, panjang mula-mula pegas adalah 40 cm, kemudian pada ujungnya digantung beban bermassa 1 kg, ternyata panjang pegas menjadi 45 cm. Hitunglah besar konstanta pegas tersebut jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ !

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

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

**Penyelesaian:**

$$x_1 = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$x_2 = 45 \text{ cm} = 0,45 \text{ m}$$

$$F = k\Delta x$$

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

$$F = w = m \cdot g = 1 \cdot 10 = 10 \text{ N}$$

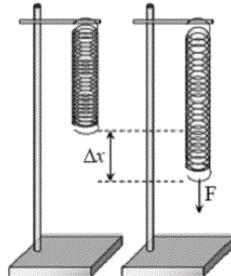
$$\Delta x = 0,45 - 0,4 = 0,05 \text{ m}$$

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{10}{0,05} = 200 \text{ N/m}$$



## Proyek 1.1

### Pengaruh Gaya terhadap Pegas



#### A. Tujuan

Menyelidiki hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang pegas.

#### B. Alat dan Bahan

1. Pegas
2. Beban/bandul
3. Timbangan
4. Mistar
5. Statif

## Pengaruh Gaya terhadap Pegas

### C. Langkah Kerja

1. Ukurlah panjang pegas sebelum diberi beban ( $x_1$ ) dengan menggunakan mistar.
2. Gantungkan beban yang sudah ditimbang diujung bawah pegas. Kemudian ukur panjang pegas setelah diberi beban.
3. Lakukan percobaan secara berulang-ulang dengan menambah jumlah beban.
4. Catatlah hasil pengamatan dalam tabel yang sudah disediakan.

### D. Tabel Hasil Pengamatan

No	Massa beban (kg)	Gaya tarik $F=mg$ (N)	$x_1$ (m)	$x_2$ (m)	$\Delta x$
1					
2					
3					
4					

### E. Diskusi

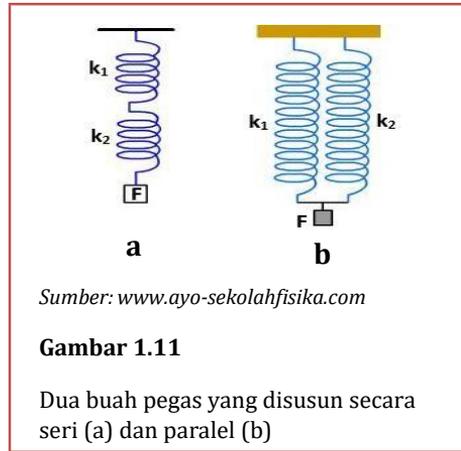
Buatlah grafik hubungan antara berat beban (gaya tarik)  $F$  terhadap perubahan panjang pegas ( $\Delta x$ ), kemudian jelaskan!

### F. Kesimpulan

.....  
.....  
.....

## 2. Susunan Pegas

Kalian pasti sudah mempelajari bahwa beberapa buah resistor dapat disusun seri, paralel, atau gabungan keduanya. Mirip dengan ini, beberapa pegas dapat disusun seri, paralel, atau gabungan keduanya. Susunan dua pegas yang memiliki konstanta pegas masing-masing  $k_1$  dan  $k_2$ . Nilai konstanta gabungan dua pegas yang disusun seri berbeda dengan konstanta gabungan dua pegas yang disusun paralel.



### a. Susunan Seri

Susunan seri adalah rangkaian listrik yang seluruh komponen atau beban listriknya disusun secara berurutan. Artinya, inputan satu komponen atau beban berasal dari output komponen yang lain.

Hal - hal yang berkaitan dengan pegas pengganti susunan seri adalah :

- 1) Gaya yang menarik pengganti dan tiap pegas sama besar.

$$F_s = F_1 = F_2 \quad [1.12]$$

- 2) Pertambahan panjang pegas pengganti sama dengan jumlah pertambahan panjang tiap pegas.

$$\Delta x_s = \Delta x_1 + \Delta x_2 \quad [1.13]$$

Karena:  $\Delta x_s = \Delta x_1 + \Delta x_2$

$$\frac{F_s}{k_s} = \frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2} \quad [1.14]$$

Sehingga :

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad [1.15]$$

### **b. Susunan Pararel**

Hal - hal yang berkaitan dengan pegas pengganti susunan Paralel adalah :

- 1) Gaya yang menarik gas pengganti sama dengan jumlah gaya yang menarik tiap gas.

$$F_p = F_1 = F_2 \quad [1.16]$$

- 2) Pertambahan panjang pegas pengganti dan tiap pegas sama besar.

$$\Delta x_p = \Delta x_1 + \Delta x_2 \quad [1.17]$$

Karena :

$$F_p = F_1 = F_2$$

$$K_p \Delta x_p = K_1 \Delta x_1 + K_2 \Delta x_2 \quad [1.18]$$

Sehingga :

$$K_p = K_1 + K_2 \quad [1.19]$$

Satuan Internasional untuk gaya pegas adalah N/m.



### Contoh 1.3

Tiga buah pegas masing-masing dengan konstanta gaya 200 N/m, 300 N/m, dan 600 N/m disusun seri dan diberi beban 25 N. Tentukan konstanta gabungan dari ketiga pegas tersebut!

#### Penyelesaian:

$$k_1 = 200 \text{ N/m}$$

$$k_3 = 600 \text{ N/m}$$

$$k_2 = 300 \text{ N/m}$$

$$F = 25 \text{ N}$$

$$\frac{1}{k_{gab}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}$$

$$\frac{1}{k_{gab}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{600}$$

$$\frac{1}{k_{gab}} = \frac{3}{600} + \frac{2}{600} + \frac{1}{600}$$

$$\frac{1}{k_{gab}} = \frac{6}{600}$$

$$k_{gab} = 100 \text{ N/m}$$

### 3. Energi Potensial Pegas

Saat pegas ditarik atau dikenai gaya sehingga panjangnya bertambah, pegas memiliki kemampuan untuk kembali ke bentuk semula dengan adanya gaya pemulih. Gaya yang dilakukan pegas tersebut untuk kembali ke bentuk semula disebut energi potensial pegas. Energi potensial pegas juga disebut energi potensial elastik, yang dapat dirumuskan dengan:

$$E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \quad [1.20]$$

Berdasarkan hukum hooke  $F = - k \Delta x$  maka persamaan 1.20 dapat ditulis dalam bentuk lain:

$$E_p = \frac{1}{2} F \Delta x^2 \quad [1.21]$$

Dengan :

$E_p$  = energi potensial pegas (joule)

$k$  = konstanta pegas (N/m)

$\Delta x$  = pertambahan panjang pegas (m)

$F$  = gaya tarik yang bekerja pada pegas (N)



### Uji Kompetensi 1.3

1. Sebuah balok yang bermassa 225 gram digantungkan pada pegas sehingga pegas bertambah panjang 35 cm. Berapa panjang pegas mula-mula jika konstanta pegas 45 N/m?
2. Tiga buah pegas identik disusun secara paralel dan diberi beban sebesar 30 N yang digantung pada ujung bagian bawah pegas. Jika beban menyebabkan sistem pegas bertambah panjang 10 cm, tentukan konstanta masing-masing pegas!
3. Tiga buah pegas identik ketika disusun seri menghasilkan konstanta gabungan 100 N/m. Berapa konstanta gabungan ketika pegas disusun paralel?

4. Berapa energi potensial pada sebuah pegas yang ditarik dengan gaya 200 N dan bertambah panjang 4 cm?
5. Jika ditarik dengan gaya 10 N pegas bertambah panjang 5 cm. Berapakah energi potensial pegas yang diperlukan agar pegas bertambah panjang 15 cm?

## KEGIATAN

### A. Tujuan Pembelajaran

1. Mengidentifikasi sifat elastisitas bahan kehidupan sehari-hari
2. Memahami pengaruh gaya terhadap perubahan Panjang pegas/karet

### B. Petunjuk

Bacalah peristiwa berikut dengan seksama, kemudian identifikasi masalah dari peristiwa tersebut dan kaitkan dengan materi yang telah kalian pelajari! Tulislah hasil diskusi kalian pada lembar identifikasi masalah!

### C. Coba Pikirkan

Pernahkan kalian memainkan permainan tradisional seperti ketapel? Ketapel pada umumnya dipasang sebuah tali yang terbuat dari karet. Mengapa tali pada ketapel jika diberi gaya tarik dia akan mengalami pertambahan panjang, dan ketika gaya tarik tersebut dilepas dia akan kembali ke bentuk semula?



Sumber:  
*siswapelajar.com*

**Gambar 1.12**

Seorang anak bermain

### **G. Diskusi**

Berdasarkan peristiwa pada kegiatan 1, bagaimana hal tersebut dapat terjadi? Apa saja faktor yang mempengaruhi keadaan tali pada ketapel tersebut? Diskusikan bersama kelompokmu.

### **H. Kesimpulan**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

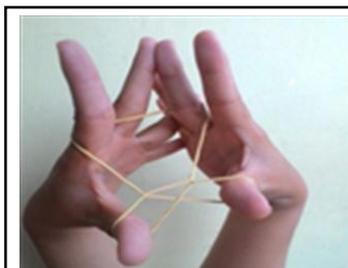
.....

## Pegas Kece (Permainan gaul, seru, keren, dan cerdas)

Tahukah kamu? karet gelang yang mempunyai berbagai warna dan ukuran yang biasanya dibuang begitu saja mempunyai keunikan. Selama ini kalian mungkin hanya tahu kegunaan karet gelang hanya untuk membungkus nasi. Ada beberapa permainan yang mengasyikan dengan menggunakan karet gelang. Selain mengasyikan, permainan tersebut juga sangat terjangkau dan bermanfaat untuk melatih ketrampilan. Karet gelang merupakan contoh dari benda elastis. Ketika karet diberikan gaya, maka karet akan kembali ke bentuk semula. Berikut ini ada 2 permainan yang memanfaatkan karet gelang yaitu:

### 1. Sulap karet gelang

Karet gelang dapat digunakan untuk membuat semacam pola huruf dan gambar sebuah benda. Apakah kalian pernah mencobanya? Permainan ini dilakukan dengan beberapa karet gelang yang kemudian dimainkan



*Sumber: Dok. Pribadi*

**Gambar 1.13**

Sulap karet gelang

oleh jari-jari tangan. Contohnya membuat pola gunting dengan menggunakan satu buah karet gelang. Karet dimasukkan ke kedua ibu jari dan kedua jari kelingking. Kemudian masukkan jari kanan ke karet bagian kiri dari jari kiri ke bagian kiri. Lepaskan karet yang berada pada kedua jari kelingking, lalu masukkan kedua ibu jari melewati karet bagian bawah. Tarik karet yang berbentuk horizontal terhadap ibu jari.

## 2. Lompat tali

Kumpulan Karet gelang yang banyak dapat dibuat sebuah simpul yang memanjang membentuk sebuah tali. Tali tersebut digunakan untuk lompat tali. Lompat tali bisa dimanfaatkan untuk olahraga dan bermain loncat-loncatan yang memiliki level berawal dari sebatas dengkul sampai kepala. Selain digunakan untuk bermain, karet gelang dapat digunakan sebagai penghapus pensil.



Sumber:

<https://www.google.com/amp/s/msdailylife.wordpress.com>

**Gambar 1.14**

Permainan lompat tali

## 3. Pistol karet bambu

bermain perang - perangan bersama teman - teman. Saling tembak - tembakan, bersmbunyi dan menghindar. Salah satu peralatan yang digunakan adalah senapan contoh senapan yang terbuat dari karet dan bambu atau di kenal dengan bedhil - bedhilan. Permainan yang memiliki manfaat mengasah kreativitas anak, melatih kesabaran dan ketekunan, melatih kemampuan untuk mengatur strategi untuk memnangkan permainan.



Sumber:

<https://godrama.online.com>

**Gambar 1.15**

Mainan pistol karet bambu

## RANGKUMAN

1. Sifat elastis atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan (dibebaskan).
2. Tegangan / Stress didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dan luas penampang benda sedangkan Regangan atau strain didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang batang dan panjang mula-mula.
3. Modulus elastisitas didefinisikan sebagai perbandingan tegangan dan regangan yang dialami oleh benda elastis.

$$E = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{F \cdot L}{A \cdot \Delta L}$$

4. Ada tiga macam modulus elastisitas, yaitu modulus Young untuk zat padat, modulus Bulk (limbak) untuk zat padat maupun fluida, dan modulus geser untuk zat padat.
5. Definisi umum modulus bulk adalah perbandingan (negatif) perubahan tekanan terhadap perubahan tegangan volume yang dihasilkannya, sedangkan modulus geser merupakan perbandingan antara gaya tangensial dengan luas permukaan.
6. Hukum hooke tentang elastisitas menyatakan bahwa pertambahan panjang pegas sebanding dengan besar gaya yang bekerja padanya. Hukum hooke dirumuskan sebagai berikut:

$$F_p = -F$$

$$F = -k(x_2 - x_1)$$

$$F = -k\Delta x$$

Nilai konstanta gabungan kedua pegas ( $k_{gab}$ ) yang disusun seri dapat ditentukan dengan rumus:

$$\frac{1}{k_{gab}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Nilai konstanta gabungan kedua pegas ( $k_{gab}$ ) yang disusun paralel dapat ditentukan dengan rumus:

$$K_{gab} = K_1 + K_2$$

7. Gaya yang dilakukan pegas tersebut untuk kembali ke bentuk semula disebut energi potensial pegas. Energi potensial pegas juga disebut energi potensial elastik, yang dapat dirumuskan dengan:

$$E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \text{ atau } E_p = \frac{1}{2} F \Delta x^2$$

## EVALUASI 1

### A. Pilihan Ganda

*Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!*

1. Berikut ini yang termasuk benda-benda elastis adalah...
  - a. Kaca dan besi
  - b. Kaca dan adonan roti
  - c. Karet dan lempung
  - d. Platisin dan lempung
  - e. Karet dan penggaris
2. Seorang anak sedang bermain karet gelang yang mempunyai luas penampangnya  $1,5 \text{ mm}^2$ . Karet tersebut ditarik dengan gaya 30 N. Tegangan yang dialami karet adalah...
  - a.  $2 \times 10^6 \text{ Pa}$
  - b.  $3 \times 10^6 \text{ Pa}$
  - c.  $2 \times 10^7 \text{ Pa}$
  - d.  $3 \times 10^7 \text{ Pa}$
  - e.  $4 \times 10^7 \text{ Pa}$
3. Seutas kawat berbentuk silinder dengan luas penampang  $25 \text{ cm}^2$  dikenai gaya tarikan sebesar 50 N. Besar tegangan pada kawat itu adalah... Pa
  - a.  $1,5 \times 10^4$
  - b.  $2 \times 10^4$

- c.  $2,5 \times 10^4$
  - d.  $3 \times 10^4$
  - e.  $4 \times 10^4$
4. Seorang anak bermain sulap karet yang semula panjang karetnya 15 cm. Setelah ditarik, panjangnya menjadi 18 cm. Regangan yang dialami karet adalah... cm
- a. 0,1
  - b. 0,2
  - c. 0,3
  - d. 0,4
  - e. 0,5
5. Sebuah karet pentil mengalami tegangan sebesar 0,2 N/m dan regangan sebesar 0,5 karena pengaruh gaya. Modulus young benda itu adalah...
- a. 0,1 Pa
  - b. 0,2 Pa
  - c. 0,3 Pa
  - d. 0,4 Pa
  - e. 0,5 Pa
6. Suatu bahan mengalami regangan akibat tegangan tertentu. Selama masih dalam jangkauan elastisitas bahan, dapat disimpulkan bahwa bahan itu...
- a. Berbanding terbalik dengan regangan

- b. Berbanding terbalik dengan kuadrat regangan
  - c. Sebanding dengan regangan
  - d. Sebanding dengan kuadrat regangan
  - e. Sebanding dengan panjang mula-mula
7. Gaya sebesar 10 N menyebabkan pertambahan panjang 2 cm pada suatu pegas. Besar gaya yang menimbulkan pertambahan panjang 1,5 cm pada pegas itu adalah...
- a. 5 N
  - b. 6,5 N
  - c. 7,5 N
  - d. 20 N
  - e. 30 N
8. Sebuah permainan lompat tali yang terbuat dari karet mempunyai panjang tali semula 4 m. Kemudian di beri gaya ternyata panjangnya menjadi 4,1 m.. Besar regangan tali karet tersebut adalah...
- a. 0,025
  - b. 0,25
  - c. 2,5
  - d. 25
  - e. 250
9. Dua buah pegas dengan konstanta pegas sama, yaitu 150 N/m disusun paralel dan dibagian bawahnya digantungi beban 6 kg. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , maka pertambahan panjang pegas dan energi

potensialnya berturut-turut adalah...

- a. 20 cm dan 6 joule
  - b. 25 cm dan 8 joule
  - c. 30 cm dan 10 joule
  - d. 35 cm dan 12 joule
  - e. 40 cm dan 15 joule
10. Dua pegas yang jenis dan ukurannya mula-mula disusun secara paralel dan diberi beban bermassa  $m_p$  hingga mengalami pertambahan panjang sebesar  $x$ . Selanjutnya kedua pegas disusun secara seri dan diberi beban bermassa  $m_s$ . Agar pertambahan pegas pada susunan seri ini sama dengan  $x$  juga, maka nilai  $m_p : m_s$  adalah...
- a. 1 : 1
  - b. 2 : 1
  - c. 3 : 1
  - d. 4 : 1
  - e. 4 : 3
11. Empat buah pegas masing-masing dengan konstanta pegas  $k$  disusun secara paralel. Konstanta pegas pengganti untuk susunan paralel tersebut adalah...
- a.  $\frac{1}{4} k$
  - b.  $\frac{1}{2} k$
  - c.  $k$
  - d.  $2k$

- e.  $4k$
12. Jika dua buah karet pentil pada ketapel masing – masing memiliki konstanta  $k_1=k_2= 80 \text{ N/m}$  disusun paralel, kemudian ujungnya diberi gaya 4 N. Maka karet pentil akan bertambah...
- a. 0.025 cm
  - b. 0.25 cm
  - c. 2.5 cm
  - d. 25 cm
  - e. 250 cm
13. Seutas kawat yang luasnya  $2,5 \text{ mm}^2$  yang panjangnya 4 m digantung vertikal dan ujung bawahnya diberi beban 50 kg. Kawat itu bertambah panjang sebesar 2 mm. Jika percepatan gravitasi  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , maka:
- 1) Tegangan pada kawat itu  $2 \times 10^5 \text{ Pa}$
  - 2) Regangan kawat  $5 \times 10^{-4}$
  - 3) Modulus elastisitas kawat  $5 \times 10^8 \text{ Pa}$
- Pernyataan yang benar adalah...
- a. (1), (2), dan (3)
  - b. (1) dan (2)
  - c. (1) dan (3)
  - d. (2) dan (3)
  - e. (3) saja
14. Perbandingan konstanta total yang dihasilkan dari 10 pegas identik

saat disusun secara seri dan secara paralel adalah...

- a. 1 : 20
- b. 1 : 100
- c. 2 : 50
- d. 3 : 50
- e. 3 : 100

15. Tetapan karet A lebih besar daripada tetapan karet B. Kedua pegas ditarik dengan gaya yang sama, maka...

- a. Panjang karet A lebih besar daripada panjang karet B
- b. Panjang karet B lebih besar daripada panjang karet A
- c. Panjang karet A sama dengan panjang karet B
- d. Perubahan panjang karet tidak bergantung pada besarnya gaya
- e. Pertambahan panjang karet berbanding langsung pada besarnya gaya

#### B. Uraian

*Jawablah dengan tepat!*

1. Seutas kawat baja panjang 1,5 meter, luas penampang  $2 \text{ mm}^2$ , dan modulus elastisitasnya  $3 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ . Sebuah gaya  $F$  yang menyebabkan kawat baja bertambah panjang 2 cm. Hitunglah gaya  $F$ !
2. Dua buah karet pental dengan konstanta masing-masing 100 N/m dan 150 N/m dihubungkan secara paralel. Jika susunan pegas tersebut bertambah panjang 5 cm, berapakah gaya yang bekerja pada susunan karet pental itu?

3. Suatu *shockbreaker* akan bertambah panjang 20 cm jika diberi gaya 40 N. Berapakah pertambahan panjang *shockbreaker* jika diberi gaya 8 N?
4. Sebuah pegas menggantung dalam keadaan normal, panjangnya 40 cm. Ketika pada ujungnya diberi beban 200 gram, panjangnya menjadi 50 cm. Hitunglah energi potensial elastisitas pegas !( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
5. Tentukan perbandingan pertambahan panjang tiga buah pegas yang identik disusun secara seri dan paralel jika diberikan gaya yang besarnya sama!

# **BAB 2**

## **MOMENTUM, IMPULS, DAN TUMBUKAN**

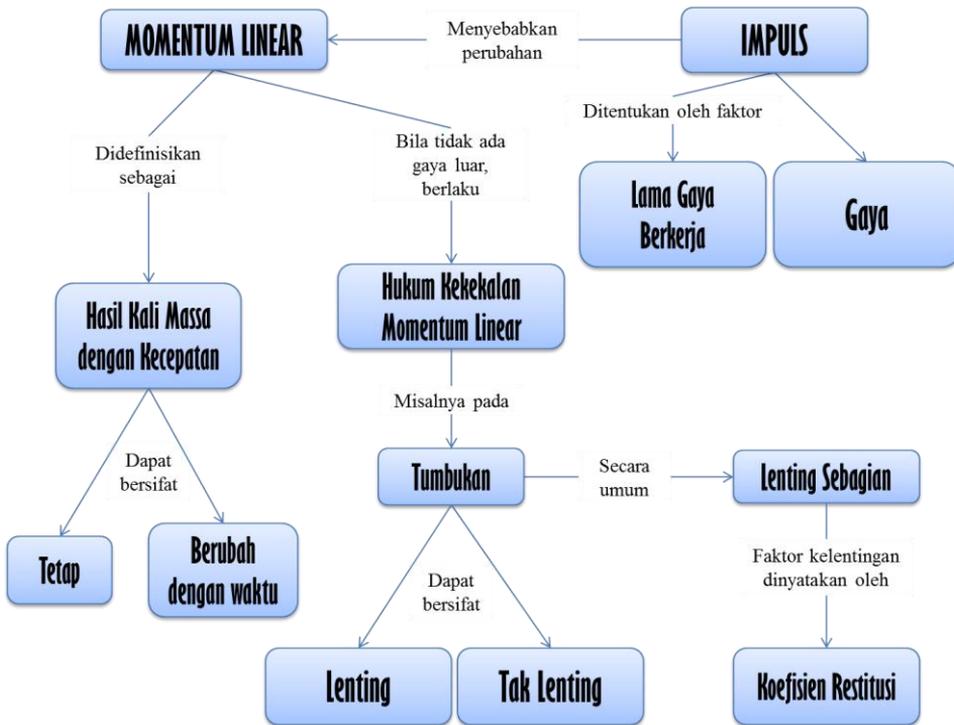
## Kompetensi Inti

1. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
2. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

## Kompetensi Dasar

- 3.10 Menerapkan konsep momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari.
- 4.10 Menyajikan hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuh bebas ke lantai dan roket sederhana.

## PETA KONSEP



### Istilah Penting

- Impuls
- Momentum
- Tumbukan
- Linear
- Hukum Kekekalan Momentum
- Koefiseen Restitusi

Pernahkah Anda melihat orang membuat keris atau sabit, atau mungkin Anda pernah melakukannya? Dalam pembuatan sabit dibutuhkan gaya yang besar, semakin besar gaya yang diberikan maka akan semakin cepat pipih bahan logam yang dibuat untuk membuat sabit, dan semakin kecil gaya yang diberikan maka akan semakin lama pipih logam yang digunakan untuk membuat sabit. Kenapa alat untuk menumbuknya berupa besi, bukan kayu atau plastik? Alat untuk menumbuk berupa besi agar logam cepat memipih. Hal ini bertujuan agar waktu kontak antara penumbuk dan logam semakin pendek. Jika waktu kontak ini semakin pendek, maka gaya impuls dari tumbukan menjadi lebih besar. Konsep pembuatan sabit atau keris ini berkaitan erat dengan impuls dan momentum yang akan Anda pelajari pada bab ini. Selain itu, masih banyak lagi peristiwa di dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan konsep impuls dan momentum. Pada bab ini Anda akan mempelajari konsep impuls dan momentum, hubungan impuls dan momentum, hukum kekekalan momentum, jenis-jenis tumbukan, dan penerapan konsep impuls dan momentum pada peluncuran roket. Untuk mengawali pembahasan Anda akan mengenal tentang konsep momentum.

### **A. Momentum**

Tahukah Anda apa yang dimaksud dengan momentum? Untuk memudahkan Anda memahami tentang konsep momentum, lakukanlah diskusi berikut ini !



## Diskusi 2.1



Gambar di samping menunjukkan sekelompok anak sedang bermain kasti. Dalam permainan ini ada yang menjadi bagian pemukul dan penangkap bola kasti. Diskusikan dengan teman Anda:

1. Kenapa ketika dipukul dengan keras, bola sulit dihentikan ?
2. Bagaimana jika bola kasti diganti bola bekel ?

Melalui Diskusi 3.1, Anda akan mengetahui bahwa bola yang dipukul akan melaju dengan cepat sehingga bola tersebut memiliki momentum yang besar. Begitu juga ketika massa bola semakin kecil maka momentum bola tersebut akan semakin kecil. Apa itu momentum? Dalam fisika, momentum berkaitan dengan gerak benda. Dalam hal ini momentum berarti kecenderungan suatu benda untuk terus bergerak dalam arah gerak awal. Secara matematis, mometum didefinisikan sebagai hasil kali antara massa dengan kecepatan benda, seperti pada Persamaan 2.1.



Sumber: *quoidenews.com*

**Gambar 2.1** Dalam Permainan Bola Api terdapat Momentum

Pada Gambar 2.1 terlihat bahwa sekelompok anak sedang bermain bola api. Semakin cepat bola api ditendang maka nilai momentum bola tersebut akan semakin besar. Begitu juga semakin besar ukuran bola api yang dimainkan maka semakin besar nilai momentumnya. Apabila semakin besar nilai momentumnya maka akan

semakin sulit bola api tersebut dihentikan. Mengapa bisa demikian? Sebab momentum dipengaruhi oleh masa benda dan kecepatan benda.

Hal ini sesuai dengan konsep momentum yang secara matematis dapat ditulis:

$$p = mv \quad [2.1]$$

Keterangan:

$p$  : momentum (kg.m/s)

$m$  : massa (kg)

$v$  : kecepatan (m/s)

Karena kecepatan merupakan besaran vektor sedangkan massa merupakan besaran skalar maka momentum merupakan vektor. Arah momentum bergantung pada arah kecepatan. Satuan momentum secara SI yaitu kg.m/s.

Selain itu, untuk merubah momentum benda dibutuhkan sebuah gaya, baik untuk menurunkan ataupun menaikkan (misalnya menghentikan bola api yang sedang bergerak). Kita lihat Persamaan 2.2.

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv_2 - mv_1}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma \quad [2.2]$$

Dari Persamaan 2.2 dapat dinyatakan Hukum II Newton berbunyi “laju perubahan momentum sebuah benda sama dengan gaya total yang diberikan padanya”.



### Contoh 2.1

1. Sekelompok anak sedang bermain bola kasti dengan massa bola 50 gram, kemudian salah satu dari anak tersebut memukul bola hingga kecepatan bola menjadi 30 m/s. Berapa besar momentum bola kasti tersebut?

**Penyelesaian:**

$$m = 50 \text{ gram} = 0,05 \text{ kg}$$

$$v = 30 \text{ m/s}$$

Besar momentum bola kasti adalah:

$$p = mv = (0,05)(30) = 1,5 \text{ kg.m/s}$$

2. Sebuah dokar bermassa 200 kg bergerak dengan momentum 3 x 105 kg.m/s. Hitunglah kecepatan dokar!

**Penyelesaian:**

$$m = 200 \text{ kg}$$

$$p = 3 \times 10^5 \text{ kg.m/s}$$

Besar momentum dokar adalah:

$$p = mv$$

$$v = \frac{p}{m} = \frac{30.000}{200} = 150 \text{ m/s}$$



### Uji Kompetensi 2.1

1. Arif mengendarai bajaj yang memiliki massa 150 kg bergerak dengan kecepatan 25 km/jam. Berapakah momentum bajaj yang dikendarai Arif tersebut?
2. Anto dan kawan-kawan sedang bermain bola api dengan massa bola 100 gram. Salah satu anak tersebut menendang dengan momentum 3,5 kg.m/s. Berapakah kecepatan bola api tersebut?
3. Dua buah becak A dan B masing-masing mempunyai massa  $m_A = 150 \text{ kg}$  dan  $m_B = 140 \text{ kg}$ . Jika kedua becak bergerak dengan kecepatan yang sama, yaitu 9 km/jam dengan arah becak A ke timur dan B ke utara, tentukan:
  - a. Momentum masing-masing becak, dan
  - b. Jumlah momentum kedua becak dan arahnya.



## Observasi

Perhatikan Gambar 2.2 dan cuplikan video pada alamat berikut :



**Gambar 2.2** Peluncuran Roket

Link : <https://www.youtube.com/watch?v=tbCGS3BKpqY>

### **MENJELASKAN**

1. Diskusikanlah dengan teman kalian! Berdasarkan hukum kekekalan momentum, bagaimanakah perbandingan besar momentum pada saat peluncuran roket sebelum dan sesudah dinyalakan?

2. Roket merupakan wahana luar angkasa, peluru kendali atau kendaraan terbang menuju luar angkasa. Pada saat peluncuran roket, bagaimanakah arah gerak roket dengan arah gerak semburan gas dari ekor roket?
3. Penerapan hukum kekekalan momentum juga terdapat pada permainan bola biliar. Pada permainan bola biliar biasanya pemain berusaha untuk memasukkan bola ke dalam lubang. Bola yang menjadi target biasanya diam. Jika Anda perhatikan secara cermat, kecepatan bola biliar yang disodok menuju target menjadi berkurang setelah kedua bola biliar bertumbukan dan sebaliknya. Jika momentum bola biliar yang disodok berkurang, kemanakah momentumnya pergi?

## B. Impuls

Anda masih ingat bahwa untuk membuat suatu benda diam menjadi bergerak diperlukan gaya yang bekerja pada benda dalam selang waktu tertentu. Begitu pula untuk menghentikan suatu benda yang bergerak diperlukan gaya untuk menghentikannya. Dalam hal ini perkalian antara gaya dengan selang waktu gaya yang bekerja pada benda disebut impuls ( $I$ ). Impuls merupakan hasil kali dari gaya total dengan selang waktu. Impuls merupakan besaran vektor yang arahnya sama dengan gaya total itu sendiri. Satuan SI untuk impuls adalah Newton-sekon (N s). Secara matematis impuls dapat ditulis sebagai Persamaan 2.3:

$$I = F \Delta t \quad [2.3]$$

Keterangan:

$I$  = impuls (Ns)

$F$  = gaya ( N )

$\Delta t$  = selang waktu ( s )

Perhatikan gambar 2.2! Terdapat sekelompok orang yang sedang menumbuk padi menggunakan alat penumbuk yang terbuat dari kayu.

Kenapa alat penumbuk terbuat dari kayu? Alat penumbuk terbuat dari kayu agar waktu sentuh antara penumbuk (kayu) dengan benda yang ditumbuk lama, yang mengakibatkan nilai impuls semakin besar. Hal ini sesuai dengan konsep impuls yang berbanding lurus dengan gaya dan waktu sentuh.

Impuls merupakan besaran vektor dengan arah bergantung pada gaya yang bekerja, sehingga operasi impuls memenuhi aturan vektor. Untuk dapat menggunakan konsep impuls dan pemecahan masalah, lakukan Diskusi 2.3.



Sumber: [ksetia.wordpress.com](http://ksetia.wordpress.com)

### Gambar 2.3

Sekelompok Orang Sedang Menumbuk Padi Terdapat Impuls



## Diskusi 2.2



Coba perhatikan gambar di samping! Kita sudah biasa melihat gamelan yang di pukul dengan pemukul yang terbuat dari kayu. Apakah pemukul terbuat dari kayu mempunyai pengaruh terhadap bunyi yang dihasilkan oleh gamelan? Apabila pemukul terbuat dari besi apakah ada pengaruh dengan bunyi yang dihasilkan gamelan? Adakah hubungan dengan impuls?



## Contoh 2.2

1. Seorang mu'adzin sebelum adzan di masjid, terlebih dahulu menabuh kentongan sebagai tanda waktu masuk sholat dengan gaya 10 N. Jika waktu sentuh antara pemukul dengan kentongan adalah 0,7 sekon, berapa impuls kentongan tersebut?

**Penyelesaian:**

$$F = 10 \text{ N}$$

$$\Delta t = 0,7 \text{ s}$$

Besar impuls kentongan adalah:

$$I = F\Delta t = (10)(0,7) = 7 \text{ N}\cdot\text{s}$$

2. Bola kasti dipukul menggunakan pemukul yang terbuat dari kayu dengan gaya 200 N dengan impuls 20 Ns. Berapa waktu sentuh antara bola kasti dengan pemukul?

**Penyelesaian:**

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

$$I = 2 \text{ N}\cdot\text{s}$$

Lamanya waktu sentuh bola kasti dengan pemukul adalah:

$$\Delta t = \frac{I}{F} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ s}$$



## Uji Kompetensi 2.2

1. Gaya sebesar 25 N bekerja pada sebuah benda dalam selang waktu 0,2 s. Tentukan impuls yang bekerja pada benda tersebut!
2. Sebuah bola futsal bermassa 2 kg dikenai gaya selama 0,2 sekon sehingga memiliki impuls sebesar 5 Ns. Tentukan gaya yang bekerja pada bola tersebut!
3. Seorang pemain rebana sedang memukul alat musiknya dengan gaya 10 N, dan impuls 2 Ns. Tentukan waktu sentuh antar pemain rebana dengan alat musiknya!

Apabila sebuah benda bermassa  $m$  dikenakan gaya  $F$  dalam selang waktu tertentu sehingga benda tersebut mengalami perubahan kecepatan, maka momentum benda tersebut akan berubah. Dalam hal ini, berdasarkan hukum II Newton dan definisi percepatan, maka diperoleh Persamaan 2.4.

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [2.4]$$

Jika kedua ruas dikalikan dengan  $\Delta t$  maka Persamaan 2.4 dapat ditulis

$$F = m\Delta t = m(v_2 - v_1) = mv_2 - mv_1 \quad [2.5]$$

Dari Persamaan 2.4, kita telah mengetahui bahwa  $F\Delta t$  adalah impuls sedangkan  $mv_2 - mv_1$  adalah perubahan momentum, sehingga kita memperoleh Persamaan 2.6 dan 2.7.

$$F\Delta t = mv_2 - mv_1 \quad [2.6]$$

$$I = p_2 - p_1 = \Delta p \quad [2.7]$$

Berdasarkan Persamaan 2.7, menyatakan bahwa impuls yang bekerja pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dimiliki suatu benda. Dengan kata lain, impuls adalah perubahan momentum yang dimiliki oleh suatu benda. Untuk memahami konsep tersebut, pahami Contoh 2.3.



### Contoh 2.3

1. Sebuah becak bermassa 100 kg bergerak dengan kecepatan 5 km/jam, kemudian menabrak sebuah pohon dan berhenti setelah 0,4 sekon. Hitunglah gaya rata-rata yang berekerja pada becak selama tumbukan!

#### Penyelesaian:

Karena  $m = 100 \text{ kg}$ ;  $v_1 = 5 \text{ km/jam} = 1,39 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = 0$ ;

$$\Delta t = 0,4 \text{ s}$$

maka,

$$I = \Delta p$$

$$F \Delta t = mv_2 - mv_1$$

$$F = \frac{mv_2 - mv_1}{\Delta t} = \frac{(100)(0) - (100)(5)}{0,4} = \frac{-7000}{0,4} = -1.250 \text{ N}$$

(negatif menandakan gaya berlawanan dengan arah gerak).



### Uji Kompetensi 2.3

1. Seorang anak memukul bola kasti dengan gaya 10 N. Apabila waktu persinggungan bola dengan pemukul yaitu 0,02 sekon dan massa bola 50 gram, berapa kecepatan bola sesaat setelah dipukul?
2. Sebuah bola bekel bermassa 10 gram dilempar vertikal ke atas dari permukaan tanah dengan kecepatan awal 9 km/jam. Bila  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , berapa momentum dan impuls yang bekerja setelah benda mencapai ketinggian 45 cm dari tanah?
3. Sebuah bola bermassa  $m$  bergerak dengan kecepatan  $v$ . Bola ini menumbuk secara elastic sebuah papan dengan sudut  $\alpha$  terhadap garis normal. Hitunglah gaya yang diberikan papan pada bola itu? Anggap lamanya bola bersentuhan dengan papan adalah  $t$ .

## Alat Musik Gamelan Saron



Ketika kita mendengarkan musik dalam permainan wayang, tentu tidak asing lagi mendengar istilah gamelan. Gamelan merupakan salah satu alat yang sering dimainkan pada saat iringan musik wayang dimulai. Gamelan berasal dari bahasa Jawa yaitu gamel yang berarti memukul atau menabuh, dan diikuti kata “an” yang menjadikannya kata benda. Orkes gamelan kebanyakan terdapat di pulau Jawa dan Bali.

Alat musik gamelan terdiri dari saron, bonang, gong dan lain-lain. Teknik yang digunakan memainkan alat gamelan seperti saron dan bonang yaitu dengan cara dipukul atau ditabuh. Alat yang digunakan untuk menabuh dinamakan bendha. Saron memiliki suara yang khas karena selain bentuknya yang unik, alat yang digunakan untuk menabuhpun terbuat dari kayu (biasanya dilapisi karet atau kain khusus pada pangkal pemukul).

Alat pemukul saron terbuat dari kayu dan dilapisi karet pada bagian ujung, selain memiliki nilai keunikan, ternyata berkaitan dengan konsep fisika yaitu konsep momentum dan impuls. Ketika saron sedang dimainkan, waktu kontak antara bibir saron dengan bibir pemukul akan semakin lama. Bendha memiliki massa  $m$  digunakan untuk memukul saron dengan gaya  $F$ , kecepatan  $v$  dan dengan waktu kontak  $\Delta t$ .

Ketika bendha bermassa  $m$  mengenai bibir saron dengan kecepatan  $v$  maka disinilah letak konsep impuls berlaku, semakin besar nilai massa atau kecepatan bendha ketika mengenai saron maka akan semakin besar nilai impulsnya. Hal ini juga beriringan dengan berlakunya konsep momentum, karena bendha terbuat dari kayu maka waktu sentuh bendha lebih lama dibandingkan dengan bendha yang terbuat dari logam, maka nilai momentumnya lebih besar.

### C. Hukum Kelestarian Momentum

Sebelum Anda mempelajari konsep hukum kelestarian momentum, lakukan kegiatan Diskusi 3!

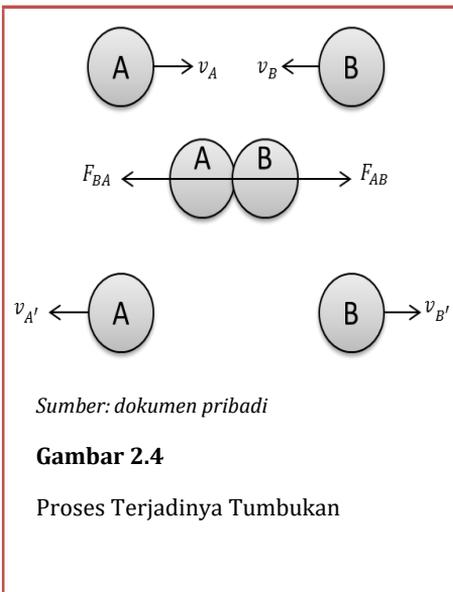


### Diskusi 2.3

Anda sedang menaiki perahu kayu dalam keadaan diam. Tiba-tiba Anda meloncat ke depan. Apa yang terjadi pada perahu setelah Anda meloncat?

Hukum III Newton menyatakan bahwa ketika sebuah benda dikenakan gaya aksi tentu akan ada terjadi gaya reaksi pada benda tersebut. Contoh ketika Anda berlari di atas pasir (bagian aksi pada kasus ini adalah pijakan kaki terhadap pasir sedangkan reaksinya adalah arah pasir setelah diinjak), pasir akan mengalami reaksi yang arahnya berlawanan dengan lari Anda. Kita lihat Persamaan 2.8.

$$F_A = -F_B$$



Untuk memahami kasus paragraf diatas, pahami ilustrasi pada Gambar 2.4. Pada Gambar 2.4 terlihat bahwa setelah tumbukan terjadi gaya aksi reaksi yang arahnya berlawanan. Jika waktu tumbukan sebesar  $\Delta t$ . Maka berlaku persamaan impuls.

$$I_A = -I_B$$

$$F_A \Delta t = F_B \Delta t$$

$$m_A v_A' - m_A v_A = -(m_B v_B' - m_B v_B)$$

Atau dapat ditulis:

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B' \quad [2.9]$$

Persamaan 2.9 dikenal dengan hukum kelestarian momentum. Persamaan 2.9 juga dapat ditulis.

$$P_A + P_B = P_A' + P_B' \quad [2.10]$$

Keterangan:

$p$  = momentum sebelum tumbukan

$p'$  = momentum sesudah tumbukan

Jadi, hukum kelestarian momentum dapat dinyatakan sebagai berikut :

*“ Jumlah momentum benda sebelum tumbukan sama dengan momentum benda sesudah tumbukan ”.*



### Contoh 2.3

1. Dua buah kelereng memiliki massa masing-masing 0,03 kg dan 0,032 kg. Kelereng pertama bergerak ke arah sumbu x-positif dengan kecepatan 2 m/s, sedangkan kelereng yang ke dua bergerak ke arah x-negatif dengan kecepatan 2 m/s. Setelah bertumbukan, kedua kelereng tersebut bergerak bersama-sama. Tentukan kecepatan kedua benda setelah tumbukan!

**Penyelesaian:**

$$m_1 = 0,03 \text{ kg} \qquad v_1 = 2 \text{ m/s}$$

$$m_2 = 0,032 \text{ kg} \qquad v_2 = -2 \text{ m/s}$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$v_1' = v_2' = v', \text{ maka:}$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

$$(0,03)(2) + (0,032)(-2) = (0,03 + 0,032) v'$$

$$v' = \frac{0,124}{0,062}$$

$$v' = 2 \text{ m/s}$$



### Uji Kompetensi 2.4

1. Dua buah koin karambol A dan B yang massanya masing-masing 0,02 kg dan 0,03 kg bergerak dengan arah yang berlawanan dan kecepatan benda masing-masing-masing 10 m/s dan 4 m/s, sehingga akhirnya bertumbukan. Setelah tumbukan, kecepatan B adalah 2 m/s berlawanan arah dengan arah kecepatan semula. Hitunglah besar dan arah kecepatan koin A setelah tumbukan!

2. Plastisin berbentuk bulat bermassa 0,01 kg dilempar dengan arah mendatar dan menumbuk sebuah papan yang bergantung, dengan massa papan adalah 0,9 kg. Plastisin menempel pada papan itu dan keduanya bergerak. Jika kecepatan plastisin saat menumbuk papan adalah 10 m/s, tentukan kecepatan kedua benda setelah tumbukan!

#### **D. Tumbukan**

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering mengalami kasus yang berkaitan dengan tumbukan, seperti kejadian kecelakaan antara mobil dengan mobil, tumbukan antara bola pada permainan biliard, serta pada permainan kelereng yang sering kita lakukan. Apa itu tumbukan? Tumbukan adalah peristiwa yang berhubungan erat dengan momentum dan impuls. Pada dasarnya tumbukan antara dua benda dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: tumbukan lenting sempurna, tumbukan tidak lenting sama sekali, dan tumbukan lenting sebagian.

##### **a. Tumbukan Lenting Sempurna**

Anda masih ingat dengan permainan kelereng? Apabila kelereng satu dengan kelereng lainnya saling bertumbukan, kemudian kedua kelereng tersebut saling terpental dengan arah kecepatan yang berlawanan dengan kecepatan awal, kasus ini mendekati peristiwa tumbukan lenting sempurna. Tumbukan lenting sempurna terjadi apabila jumlah energi mekanik benda sebelum dan sesudah tumbukan

tetap,serta kecepatan sebelum tumbukan sama dengan kecepatan sesudah tumbukan. Energi mekanik merupakan penjumlahan antara energi kinetik dan potensial. Kasus tumbukan pada bidang datar, energi potensial bernilai konstan. Untuk memahami konsep lenting sempurna pahami Gambar 2.5.



**Gambar 2.5 (a)**

Dua buah kelereng  
(Proses sebelum  
Terjadinya Tumbukan)



**Gambar 2.5 (b)**

Dua Buah Kelereng Saat  
Mengalami Tumbukan



**Gambar 2.5 (c)**

Dua Buah Kelereng  
Sesudah Mengalami  
Tumbukan

Gambar 2.5 (a), 2.5 (b), dan 2.5 (c) menunjukkan proses terjadinya tumbukan lenting sempurna. Sesaat setelah kelereng mengalami tumbukan, kedua kelereng tersebut saling terpental dengan kecepatan tertentu. Untuk mendapatkan persamaan tumbukan lenting sempurna kita dapat melakukan pendekatan menggunakan hukum kelestarian momentum dan hukum kelestarian energi kinetik.

Hukum kelestarian energi kinetik

$$\frac{1}{2}m_1v_1 + \frac{1}{2}m_2v_2 = \frac{1}{2}m_1v_1' + \frac{1}{2}m_2v_2'$$

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

$$m_1(v_1 + v_1')(v_1 - v_1') = -m_2(v_2 + v_2')(v_2 - v_2') \quad [2.11]$$

Hukum kelestarian momentum

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

$$m_1 (v_1 - v_1') = -m_2 (v_2 - v_2') \quad [2.12]$$

Jika Persamaan 2.11 dibagi dengan Persamaan 2.12 maka akan diperoleh:

$$(v_1 - v_1') = (v_2 - v_2')$$

$$v_1 - v_2 = v_1' - v_2' \quad [2.13]$$

Persamaan 2.13 menunjukkan Persamaan tumbukan lenting sempurna. Kecepatan relatif sebelum dan sesudah besarnya sama, akan tetapi arahnya berlawanan. Pada kasus tumbukan sempurna nilai koefisien restitusi (koefisien lenting yang bernilai pecahan antara 0 dan 1 yang merupakan rasio besarnya kecepatan sesudah dengan sebelum tumbukan dua buah benda) tumbukan sama dengan 1. Kita lihat Persamaan 2.14.

$$e = \frac{-(v_1' - v_2')}{v_1 - v_2} = 1 \quad [2.14]$$

### b. Tumbukan Lenting Sama Sekali

Dua buah benda yang mengalami tumbukan tidak lenting sama sekali, setelah terjadi tumbukan, benda tersebut akan menyatu atau menempel sehingga energi kinetik berkurang yaitu energi kinetik sebelum lebih besar dibandingkan sesudah tumbukan. Maka dari itu pada kasus tumbukan tidak lenting sama sekali tidak berlaku hukum kelestarian energi kinetik.



**Gambar 2.6 (a)**

Dua Buah Bola Terbuat dari Plastisin Sebelum Tumbukan



**Gambar 2.6 (b)**

Dua Buah Bola Terbuat dari Plastisin Sesudah Tumbukan

Pada Gambar 2.6 (b) terlihat bahwa dua buah bola terbuat dari plastisin mengalami tumbukan tidak lenting sama sekali. Setelah mengalami tumbukan, kedua bola menyatu yang mengakibatkan kecepatan bola 1 sama dengan bola 2 sesudah tumbukan. Dalam hal ini, kecepatan benda setelah tumbukan adalah sebagai berikut :

$$v_1' = v_2' = v' \quad [2.15]$$

Hukum kelestarian momentum pada tumbukan tidak lenting sama sekali dapat ditulis sebagai berikut :

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v' \quad [2.16]$$

koefisien tumbukan tidak lenting sama sekali sama dengan nol, secara matematis dapat ditulis:

$$e = \frac{-(v_1' - v_2')}{v_1 - v_2} = 0 \quad [2.17]$$

Pada tumbukan tidak lenting sama sekali koefisien restitusi bernilai nol.

### c. Tumbukan Lenting Sebagian

Dalam kehidupan sehari-hari yang sering kita alami adalah tumbukan lenting sebagian. Pada tumbukan lenting sebagian kecepatan berkurang selama tumbukan, sehingga tidak berlaku hukum kelestarian energi kinetik, yang berlaku hanyalah hukum kelestarian momentum saja.



Sumber: dokumen pribadi

**Gambar 2.7**

Sekelompok Anak Sedang Bermain Bekel Yang Menerapkan Prinsip Tumbukan Lenting Sebagian

Pada Gambar 2.7 terlihat sekelompok anak sedang main bola bekel. Permainan bola bekel yang dimainkan mengandung konsep tumbukan lenting sebagian. Setelah bola bertumbukan dengan lantai, bola kembali terpantul ke atas, sedangkan lantai tetap diam. Selain itu, ketinggian awal bola dengan ketinggian pantulan bola berbeda. Bola hasil pantulan

lebih pendek daripada ketinggian awal ( $h' < h$ ).

Setelah tumbukan, kecepatan bola bekel relatif berkurang akibat suatu faktor tertentu yang disebut koefisien restitusi ( $e$ ), secara matematis ditulis:

$$e = \frac{(v_1' - v_2')}{v_1 - v_2} \quad [2.18]$$

Pada kasus tumbukan lenting sempurna, nilai  $e = 1$ , pada tumbukan tidak lenting sama sekali nilai  $e = 0$ , sedangkan pada tumbukan lenting sebagian nilai  $e$  berkisaran antara 0 sampai 1 ( $0 < e < 1$ ).



### Contoh 2.3

1. Sebuah bola A massanya 4 kg bergerak ke kanan dengan kecepatan 10 m/s, kemudian ditumbuk oleh bola B bermassa 2 kg yang bergerak ke arah kanan dengan kecepatan 20 m/s. Jika tumbukan yang terjadi adalah lenting sebagian dengan koefisien resitansi  $e = 0,8$ . Hitunglah kecepatan kedua bola setelah tumbukan!

#### Penyelesaian:

$$m_A = 4 \text{ kg} \qquad v_A = 10 \text{ m/s}$$

$$m_B = 2 \text{ kg} \qquad v_B = 20 \text{ m/s}$$

$$e = \frac{-(v_A' - v_B')}{v_A - v_B} \Rightarrow 0,8 = \frac{-(v_A' - v_B')}{10 - 20} \Rightarrow -8 = -(v_A' - v_B')$$

$$(v_A' - v_B') = 8 \qquad (1)$$

Berdasarkan Hukum kelestarian momentum

$$\begin{aligned} m_A v_A + m_B v_B &= m_A v_A' + m_B v_B' \\ (4)(10) + (2)(20) &= (4)v_A' + (2)v_B' \\ 80 &= (4)v_A' + (2)v_B' \\ 2v_A' + v_B' &= 40 \qquad (2) \end{aligned}$$

Dari Persamaan 1 dan 2

$$2v_A' + v_B' = 40$$

$$(v_A' + v_B') = 8 \quad +$$

---

$$3v_A' = 48$$

$$v_A' = 16 \text{ m/s}$$

$$v_A' + v_B' = 8$$

$$16 + v_B' = 8$$

$$v_B' = 8 \text{ m/s}$$

Jadi, setelah tumbukan kecepatan bola A menjadi 16 m/s dan bola B menjadi 8 m/s.



### Uji Kompetensi 2.5

1. Dua buah kelereng bergulir dari arah yang berlawanan. Kelereng pertama bermassa 0,05 kg bergerak dengan kecepatan 2 m/s ke kanan, sedangkan kelereng ke dua bermassa 300 gram bergerak dengan kecepatan 4 m/s ke kiri. Hitung kecepatan kedua benda setelah terjadi tumbukan lenting sempurna!
2. Dua buah bola terbuat dari lilin masing-masing bermassa 0,5 kg dan 0,6 kg, bergerak dengan arah berlawanan dan masing-masing memiliki kecepatan 2 m/s dan 4 m/s. Hitung kecepatan setelah tumbukan apabila tumbukan yang terjadi tidak lenting sama sekali!

3. Sebuah bola bekel dilepaskan dari ketinggian 50 cm. Setelah menumbuk lantai, bola bekel tersebut dipantulkan lagi dan mencapai ketinggian 40 cm.

## Kentongan



Pada zaman dahulu, kentongan digunakan sebagai pertanda atau alarm untuk mengumpulkan warga. Dengan seiring kemajuan teknologi, kentongan mulai ditinggalkan oleh masyarakat. Selain sebagai alarm, kentongan juga digunakan sebagai pertanda masuknya waktu sholat.

Kentongan merupakan alat musik yang terbuat dari kayu atau bambu. Kentongan terdiri atas tubuh kentongan yang diberi lubang di tengah dan pemukul. Cara membunyikan kentongan dengan cara memukul bagian tubuh kentongan yang telah terlubangi. Selain kentongan memiliki suara yang khas, memainkan alat musik kentongan juga berkaitan dengan konsep fisika yaitu tumbukan lenting sebagian.

Pada saat kentongan dipukul, tubuh kentongan akan tetap diam sedangkan pemukul akan terpental kembali ke arah yang berlawanan. Hal ini sesuai dengan konsep tumbukan lenting sebagian. Jika ada dua buah benda bertumbukan, setelah tumbukan resultan kecepatan kedua benda berbeda dengan resultan kecepatan benda sebelum tumbukan dengan besar koefisien restitusi  $0 < e < 1$ .

### E. Penerapan Konsep Momentum Impul pada Prinsip Gerak Roket

Roket dapat naik ke atas karena penerapan prinsip hukum III Newton yaitu gaya aksi-reaksi. Namun, sebelum Anda mempelajari prinsip gerak roket, lakukanlah pengamatan berikut ini!



#### Kegiatan 2.1



*Sumber: dokumen pribadi*

#### **Gambar 2.8**

Dua Buah Balon dengan Ukuran Berbeda.

**Diskusikan:** balon manakah yang memiliki kecepatan paling besar? Mengapa?

Peragakan dihadapan teman-teman Anda.

**Alat dan bahan:** dua buah balon

**Lakukanlah:**

1. Tiuplah kedua balon tersebut dengan salah satu balon berukuran kecil seperti pada Gambar 2.8.
2. Lepaslah kedua balon secara bersamaan.
3. Amati kecepatan kedua balon tersebut.

Dalam konsep balon udara, ketika burner (alat yang berfungsi untuk memanaskan) dibesarkan, maka balon udara akan melaju lebih cepat. Dan jika burner dikecilkan maka balon udara akan melaju lebih lambat (ini disebabkan oleh tekanan yang ada pada balon). Momentum udara yang keluar mengimbangi momentum balon yang melesat ke arah yang berlawanan, sehingga berlaku hukum kelestarian momentum. Prinsip gerak roket sama dengan gerak balon udara.

Gaya dorong yang diberikan mesin roket pada roket bekerja berdasarkan impuls yang diberikan oleh roket. Pada peluncuran roket juga berlaku hukum kelestarian momentum, yaitu saat mesin dinyalakan, gas panas yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar mendapatkan momentum yang besarnya sama dengan melesatnya roket dengan arah yang berlawanan.

Berdasarkan prinsip momentum dan impuls, gaya dorong pada roket dapat dinyatakan dalam matematis, kita lihat Persamaan 2.19.

$$F\Delta t = \Delta mv$$
$$F = \frac{\Delta mv}{\Delta t} \quad [2.19]$$

Keterangan:

$F$  = Gaya dorong roket (N)

$\frac{\Delta m}{\Delta t}$  = Perubahan massa roket tiap satuan waktu (kg/s)

$v$  = Kecepatan roket (m/s)

## RANGKUMAN

1. Momentum berkaitan dengan gerak benda. Momentum merupakan perkalian antara massa dengan kecepatan suatu benda. Secara matematis ditulis:  $p=mv$ .
2. Impuls berkaitan dengan gaya kontak antara dua benda atau lebih dalam waktu kontak yang sangat singkat. Secara matematis ditulis:  $I=F\Delta t$ .
3. Impuls dapat dikatakan sebagai perubahan momentum suatu benda. Secara matematis ditulis:  $F\Delta t =mv_2-mv_1$  atau  $I=p_2-p_1$ .
4. Hukum kelestarian momentum menyatakan bahwa jumlah momentum sebelum tumbukan sama dengan jumlah momentum sesudah tumbukan. Secara matematis ditulis:  $p_A+p_B=p_A'+p_B'$ .
5. Tumbukan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: 1) tumbukan lenting sempurna dengan koefisien restitusi  $e=1$ ; 2) tumbukan tidak lenting sama sekali dengan nilai  $e=0$ ; dan 3) tumbukan lenting sebagian dengan  $e= 0<e<1$ .
6. Salah satu penerapan konsep momentum dan impuls yaitu pada prinsip gerak roket, secara matematis ditulis:  $F=\frac{\Delta mv}{\Delta t}$ .

## EVALUASI 2

### A. Pilihan Ganda

*Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!*

1. Dari pernyataan dibawah ini yang merupakan pengertian momentum adalah...
  - a. Hasil bagi antara massa dengan percepatan benda
  - b. Hasil kali massa dengan percepatan benda
  - c. Hasil kali antara gaya dan Interval waktu selama gaya yang bekerja pada benda
  - d. Hasil kali kecepatan dengan gaya yang bekerja
  - e. Hasil kali massa dan kecepatan suatu benda
2. Jika kecepatan sebuah bajaj yang bergerak ke depan dinaikkan menjadi dua kali semula, maka momentum bajaj menjadi... kali semula.
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 4
  - d. 5
  - e. 6
3. Sebuah delman bermassa 700 kg bergerak dengan kecepatan 7,2 km/jam. Momentum delman tersebut adalah...
  - a.  $5,04 \times 10^2$  kg m/s

- b.  $1,4 \times 10^1 \text{ kg m/s}$
  - c.  $14 \times 10^2 \text{ kg m/s}$
  - d.  $50,4 \times 10^5 \text{ kg m/s}$
  - e.  $54 \times 10^2 \text{ kg m/s}$
4. Besarnya impuls gaya 200 N yang menyentuh benda sasaran selama 0,1 s adalah...
- a. 20 N s
  - b. 20,2 N s
  - c. 0,2 N s
  - d. 200 N s
  - e. 2000 N s
5. Sebuah peluru dengan massa 50 g dan kecepatan 1.400 m/s mengenai dan menembus sebuah balok dengan massa 250 kg yang diam di bidang datar tanpa gesekan. Jika kecepatan peluru setelah menembus balok 400 m/s, hitunglah kecepatan balok setelah tertembus peluru...
- a. 2,0 m/s
  - b. 0,02 m/s
  - c. 0,2 m/s
  - d. 20,0 m/s
  - e. 0,0002 m/s
6. Persamaan yang menyatakan hubungan antara impuls dan momentum adalah...

- a.  $p = \frac{I}{\Delta t}$
- b.  $F\Delta t = \frac{v_2 - v_1}{m}$
- c.  $F\Delta t = mv_2 - mv_1$
- d.  $I = F\Delta t$
- e.  $F(v_2 - v_1) = m\Delta t$

7. Bila sebuah becak bergerak dengan kecepatan  $\frac{1}{2}$  kali semula, maka momentumnya menjadi... kali semula

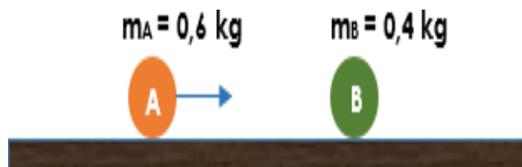
- a.  $\frac{1}{8}$
- b.  $\frac{1}{5}$
- c.  $\frac{1}{4}$
- d.  $\frac{1}{2}$
- e. 2

8. Sebuah benda bergerak dengan momentum sebesar  $p$ , kemudian benda tersebut terbelah menjadi dua bagian yang sama besar dengan momentum masing-masing  $p_1$  dan  $p_2$  dalam arah saling tegak lurus, maka...

- a.  $p = p_1 + p_2$
- b.  $p = p_1 - p_2$
- c.  $p = p_2 + p_1$
- d.  $p = (p_1^2 - p_2^2)^{\frac{1}{2}}$
- e.  $p = (p_1^2 + p_2^2)^{\frac{1}{2}}$

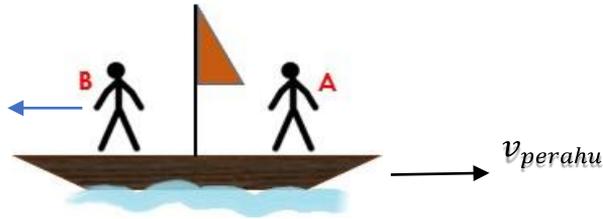
9. Pada tumbukan lenting sempurna berlaku hukum kelestarian...
- energi kinetik
  - energi potensial
  - momentum
  - momentum dan energi kinetik
  - momentum dan energi potensial
10. Sebuah bola kasti A bergerak ke kanan dengan kecepatan 1 m/s lalu menumbuk bola kasti B yang diam di lantai mendatar yang licin. Jika massa kedua bola sama dan tumbukan lenting sempurna, maka kecepatan bola kasti A setelah tumbukan adalah...
- Nol
  - 0,5 m/s ke kiri
  - 0,5 m/s ke kanan
  - 1 m/s ke kiri
  - 1 m/s ke kanan
11. Sebuah bola bekel berada pada ketinggian 4 m di atas lantai mendatar, kemudian mengalami jatuh bebas dan menumbuk lantai. Bola dipantulkan oleh lantai untuk pertama kali, sampai ketinggian 2,5 m. Tinggi pantulan bila bola dijatuhkan dari ketinggian 8 m adalah...
- 3,0 m
  - 3,5 m
  - 4,0 m

- d. 4,5 m
- e. 5,0 m
12. Sebuah jamparingan panahan khas Yogyakarta ditembakkan pada sebatang pohon. Setelah mengenai pohon, bagian ujung panahan tersebut masuk dalam batang pohon. Peristiwa tersebut termasuk...
- tumbukan lenting sempurna
  - tumbukan lenting sebagian
  - tumbukan tidak lenting
  - tumbukan dua partikel berbeda
  - tumbukan anak panah dengan pohon
13. Bola A bergerak ke arah kanan dengan kecepatan 3 m/s menumbuk bola B yang sedang diam, jika setelah tumbukan bola A dan B menyatu, kecepatan masing-masing bola setelah tumbukan adalah...



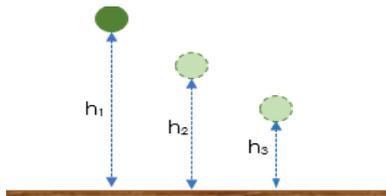
- 1,2 m/s
  - 1,5 m/s
  - 1,8 m/s
  - 11,2 m/s
  - 11,5 m/s
14. Dua orang anak berada dalam sebuah perahu bermassa 100 kg yang sedang bergerak ke arah kanan dengan kelajuan 10 m/s. Jika anak A bermassa 50 kg dan anak B bermassa 30 kg, kelajuan perahu

saat anak B meloncat ke belakang dengan kelajuan 5 m/s adalah...



- a. 10 m/s
- b. 10,53 m/s
- c. 12,33 m/s
- d. 116,43 m/s
- e. 15,23 m/s

15. Sebuah bola jatuh dari ketinggian 1 m. Jika bola memantul kembali dengan ketinggian 0,8 meter, tinggi pantulan berikutnya adalah...



- a. 0,5 m
- b. 0,51 m
- c. 0,6 m
- d. 0,63 m
- e. 0,64 m

16. Dua buah benda yang massanya masing-masing  $m_1 = m_2 = 2$  kg bergerak saling mendekati dengan kelajuan  $v_1 = 10$  m/s dan  $v_2 = 20$  m/s. Jika benda bertumbukan lenting sempurna, maka

kecepatan masing-masing benda setelah tumbukan adalah...

- a.  $v_1' = -5 \text{ m/s}$  dan  $v_2' = 10 \text{ m/s}$
- b.  $v_1' = -10 \text{ m/s}$  dan  $v_2' = 10 \text{ m/s}$
- c.  $v_1' = -20 \text{ m/s}$  dan  $v_2' = 10 \text{ m/s}$
- d.  $v_1' = -20 \text{ m/s}$  dan  $v_2' = 20 \text{ m/s}$

17. Sebuah truk bermassa 2000 kg melaju dengan kecepatan 36 km/jam, kemudian menabrak sebuah pohon dan berhenti dalam waktu 0,1 sekon. Gaya rata-rata pada truk tersebut selama berlangsungnya tabrakan adalah...

- a.  $2 \times 10^2 \text{ N}$
- b.  $2 \times 10^3 \text{ N}$
- c.  $2 \times 10^4 \text{ N}$
- d.  $2 \times 10^5 \text{ N}$
- e.  $2 \times 10^6 \text{ N}$

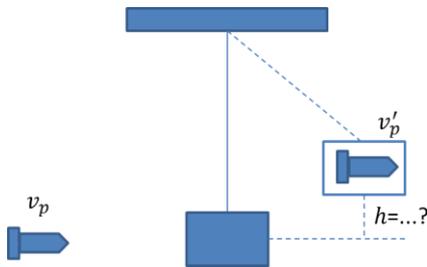
18. Benda A dan B bertumbukan sentral di atas bidang datar horizontal licin. Besar kecepatan A, kecepatan B, massa A, dan massa B berturut-turut adalah 2 m/s, 2 m/s, 5 kg, dan 3 kg. Jika tumbukan itu tidak elastik sama sekali,

- 1) besar kecepatan setelah tumbukan 0,5 m/s;
- 2) energi kinetik A sebelum tumbukan 10 J;
- 3) energi kinetik B sebelum tumbukan 6 J;
- 4) energi total (A+B) setelah tumbukan 1 J;

Pernyataan diatas yang benar adalah...

- a. (1), (2), dan (3)
- b. (1) dan (3)
- c. (2) dan (4)
- d. (4)
- e. Semua benar

19. Sebuah peluru bermassa 15 gram ditembakkan dengan kecepatan 60 m/s pada balok bermassa 3,6 kg yang tergantung diam seperti gambar di bawah ini.



Jika setelah bertumbukkan peluru tertanam didalam balok, tinggi balok setelah mengenai peluru adalah...

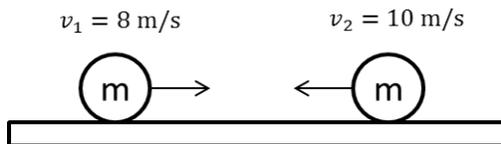
- a.  $4,9 \times 10^{-2}$  m
  - b.  $4,7 \times 10^{-1}$  m
  - c.  $5,0 \times 10^{-2}$  m
  - d.  $5,0 \times 10^{-1}$  m
  - e.  $5 \times 10^{-3}$  m
20. Sebuah roket menyemburkan gas dengan kelajuan 200 kg per sekon. Jika kecepatan molekul-molekul gas mencapai 300 m/s, gaya dorong pada roket tersebut adalah...
- a.  $6 \times 10^3$  N

- b.  $6 \times 10^4 \text{ N}$
- c.  $6 \times 10^5 \text{ N}$
- d.  $6 \times 10^6 \text{ N}$
- e.  $6 \times 10^7 \text{ N}$

**B. Uraian**

*Jawablah dengan tepat!*

1. Bola kasti bermassa 0,5 kg mula - mula bergerak dengan kecepatan 2 m/s, kemudian bola tersebut dipukul dengan gaya F yang berlawanan dengan arah gerak bola sehingga kecepatan bola berubah menjadi 6 m/s. Jika bola yang bersentuhan dengan pemukul selama 0,01 detik, berapa perubahan momentumnya ?
2. Terdapat 2 benda bermassa sama bergerak pada satu garis lurus saling mendekati seperti gambar di bawah ini.



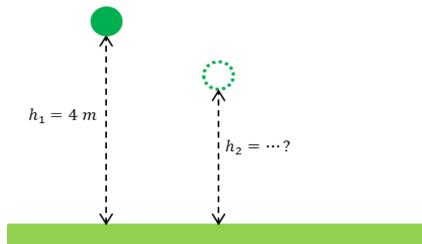
Jika  $v_2'$  adalah kecepatan benda 2 setelah tumbukan ke kanan dengan laju 5 m/s, tentukan kecepatan  $v_1'$  setelah tumbukan !

3. Bola a dan bola b saling mendekat dan bertumbukan seperti diperlihatkan gambar di bawah ini!



Kecepatan bola a dan b yaitu 30 m/s dan 20 m/s dengan massa kedua bola 1 kg. Jika koefisien restitusi 0,5, tentukan kecepatan kedua benda setelah tumbukan!

4. Dua buah benda bermassa masing-masing 2 kg dan 3 kg bergerak saling mendekati dengan kelajuan masing-masing 10 m/s dan 5 m/s. Setelah tumbukan, kedua benda menjadi satu. Tentukan kecepatan kedua benda setelah tumbukan!
5. Sebuah bola jatuh bebas dari ketinggian 4 m di atas lantai. Jika koefisien restitusi =  $\frac{1}{2}$ , tentukan tinggi bola setelah tumbukan pertama!



# BAB 3

## USAHA DAN ENERGI

### Kompetensi Inti

Memahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari.

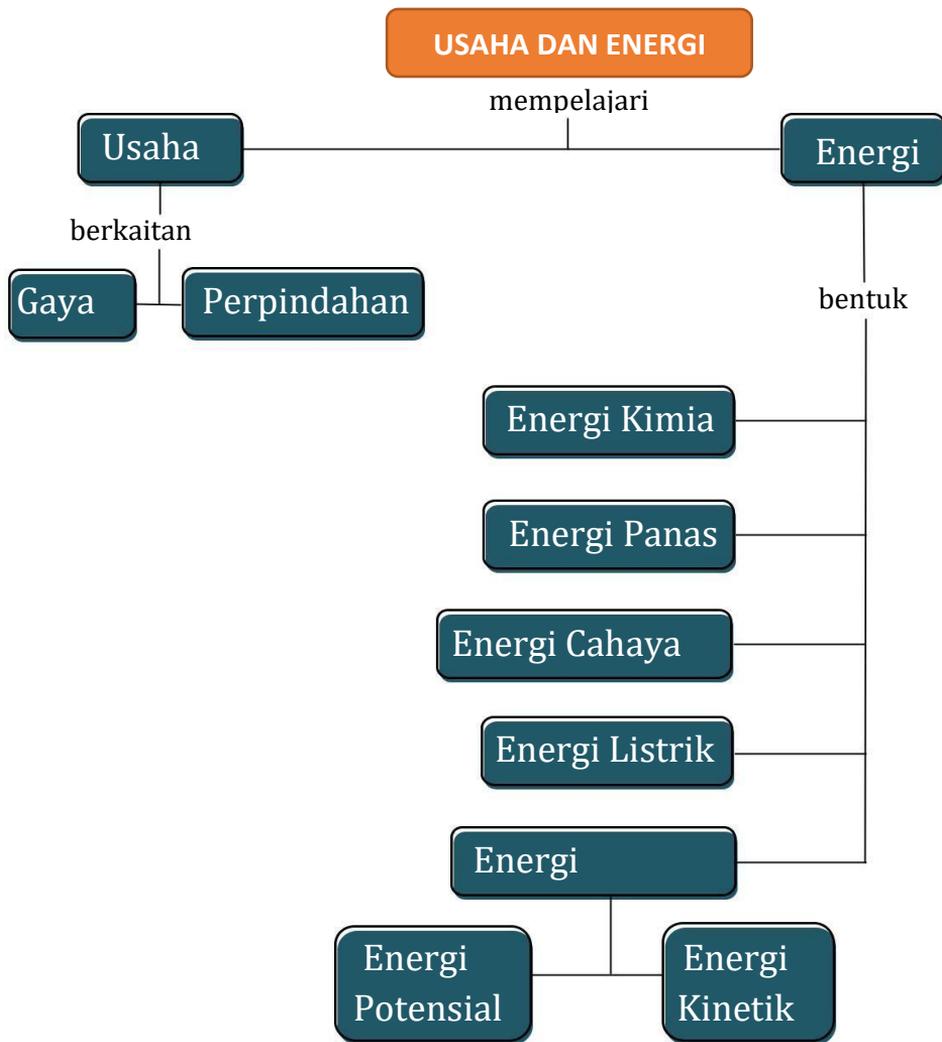
### Kompetensi Dasar

Menjelaskan hubungan bentuk energi dan perubahannya serta penerapannya, prinsip-prinsip usaha dan energi dalam peristiwa sehari-hari.

### Tujuan Pembelajaran

- Menunjukkan hubungan usaha, gaya, dan perpindahan.
- Menunjukkan bentuk-bentuk energi dan contohnya dalam kehidupan sehari-hari.
- Mengaplikasikan konsep energi dan perubahannya dalam kehidupan sehari-hari.
- Membedakan konsep energi kinetik dan energi potensial.
- Menunjukkan konsep kekekalan energi.
- Menjelaskan kaitan antara energi dan usaha.
- Menunjukkan hubungan antara daya, kecepatan, dan usaha.
- Menunjukkan penerapan daya dalam kehidupan sehari-hari.

## PETA KONSEP



### Kata Kunci

Energi, Energi Kinetik, Energi Potensial, Usaha, Hukum Kelestarian Energi, dan Daya

Bagaimana cara kalian menggunakan energi setiap hari? Setiap aktivitas yang kalian lakukan pasti menggunakan energi yang tersimpan dalam tubuh kalian. Salah satu aktivitas menggunakan energi, misalnya ketika bermain egrang pasti kalian akan menggunakan usaha dan energi untuk berjalan dengan egrang, seperti pada Gambar 3. 1.



Sumber: kaskus.co.id

**Gambar 3.1**

Permainan Egrang

Bab ini kalian akan mempelajari beberapa bentuk energi dan usaha atau kerja. Untuk menyelidiki keterkaitan aktivitas dengan penggunaan energi, amatilah bagaimana penggunaan energi yang ada dalam aktivitas yang kalian lakukan. Mari lakukanlah kegiatan penyelidikan di bawah ini!



### Kegiatan 3.1

Selidikilah energi yang terlibat saat kalian melakukan aktivitas berikut ini!

1. Ukur suhu tubuhmu sebelum melakukan aktivitas dan rasakan frekuensi nafasmu.
2. Lakukan set up hingga 10 kali.
3. Ukur kembali suhu tubuhmu setelah set up dan rasakan kembali nafasmu.
4. Bandingkan suhu tubuh dan frekuensi pernafasanmu sebelum dan setelah set up.
5. Buatlah kesimpulan.



## Pertanyaan Bersyarat



*Sumber: dokumen pribadi*

**Gambar 3.2**

Menimba air disumur

Pada gambar tampak seseorang yang sedang menimba air di sumur. Orang tersebut membutuhkan energi yang cukup untuk menarik ember yang berisi air. Dari manakah orang tersebut mendapatkan sumber energi? Untuk menjawab pertanyaan tersebut simaklah

materi berikut dengan seksama!

Telah diketahui bahwa gaya dapat menyebabkan suatu gerakan. Sebagai contoh adalah gaya otot, seseorang dapat memindahkan benda dari satu tempat ke tempat lain sehingga benda tersebut mengalami perpindahan. Namun, untuk memberikan gaya otot yang kuat, seseorang tersebut harus memiliki energi yang cukup. Tanpa adanya energi, orang tersebut tidak



*Sumber: dokumen pribadi*

**Gambar 3.3**

Silat

akan mampu memindahkan sebuah benda. Dari contoh tersebut, bagaimana keterkaitan antara gaya dengan energi?

Usaha dalam kehidupan sehari-hari selalu dikaitkan dengan melakukan pekerjaan. Oleh karena itu, usaha dapat diartikan sebagai kerja. Seorang pesilat yang ingin menjatuhkan lawannya, pasti akan berusaha semaksimal mungkin dengan berlatih. Pelajarilah hubungan antara gaya, usaha, dan energi dari contoh yang telah disebutkan!

Berikan contoh lain yang kalian temui di lingkungan sekitar! Menurut kalian, apakah pengertian tersebut sama dengan usaha atau kerja dalam ilmu fisika? Untuk mengetahuinya, perhatikan uraian berikut ini!

### A. Usaha



Sumber:  
[https://id.wikipedia.org/wiki/%20ki/Cristiano\\_Ronaldo](https://id.wikipedia.org/wiki/%20ki/Cristiano_Ronaldo)

**Gambar 3.4**  
Ronaldo

Berkat usaha yang sungguh-sungguh, pemain sepak bola Ronaldo berusaha merebutkan gelar juara sepak bola kelas dunia. Kalimat di atas merupakan beberapa contoh usaha yang sering dikatakan dalam kehidupan sehari-hari.

Usaha sering dikaitkan dengan kegiatan yang dilakukan seseorang untuk mencapai tujuan. Apakah tujuannya tercapai atau tidak, kalian tetap mengatakan bahwa orang tersebut telah melakukan usaha. Pengertian usaha atau kerja dalam kehidupan sehari-hari berbeda dengan pengertian usaha dalam fisika.

Seseorang yang sedang berdiam ke pantai seperti Gambar 3.5, dikatakan tidak melakukan kerja. Jika kalian mendorong meja yang ada di

kelas dan meja tersebut berpindah tempat, kalian dapat dikatakan telah melakukan usaha.

Dari dua contoh kegiatan di atas, seseorang dikatakan melakukan usaha jika orang tersebut mengerjakan gaya pada suatu benda dan benda tersebut



Sumber: dokumen pribadi

**Gambar 3.5**  
Berwisata ke pantai

berpindah tempat. Besar usaha tidak hanya tergantung dari besar gaya, tetapi juga tergantung dari besar perpindahannya. Meskipun gaya yang dikeluarkan besar, tetapi jika benda tidak mengalami perpindahan, maka usahanya dikatakan bernilai nol. Contohnya ketika kalian berdiri membawa buku banyak, tetapi kalian tidak berpindah dari tempat tersebut maka usaha kalian adalah nol.

Uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, **usaha dihasilkan oleh gaya yang dikerjakan pada suatu benda, sehingga benda tersebut dapat berpindah tempat.** Jadi usaha dapat dirumuskan sebagai perkalian antara gaya penyebab gerak dengan jarak perpindahannya. Secara matematis dapat dituliskan seperti persamaan (3.1):

$$W = F^{\vec{}} \cdot s^{\vec{}} \quad [3.1]$$

Keterangan:

$W$  = Usaha (Joule) (J)

$F^{\vec{}}$  = Gaya (Newton) (N)

$s^{\vec{}}$  = Perpindahan (meter) (m)



Sumber: dokumen pribadi

**Gambar 3.6**

Rara sedang melakukan olahraga mendorong tembok, tembok tersebut masih berada ditempat dan tidak berpindah. Jadi dapat dikatakan kalau Rara tidak melakukan usaha.

Satuan usaha yaitu Joule. Joule merupakan satuan usaha yang dilakukan oleh gaya 1 Newton untuk menimbulkan perpindahan sejauh 1 meter. Jadi 1 Joule = 1 Nm.

Jika suatu benda yang dikenai gaya, namun tidak dapat berpindah tempat maka besar usahanya sama dengan nol. Besar kecilnya usaha ditentukan oleh besar kecilnya gaya dan perpindahan yang dialami oleh benda. Misalnya ketika Rara mendorong tembok seperti Gambar 3.6. Tembok

tersebut tidak mengalami perpindahan maka  $s = 0$  sehingga Rara dikatakan tidak melakukan usaha atau  $W = 0$ . Usaha yang dilakukan oleh Rara dapat diselesaikan dengan persamaan (3.1) sebagai:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$W = F \cdot 0$$

$$W = 0$$

Apabila arah perpindahan benda tegak lurus terhadap arah gaya yang bekerja, dikatakan usahanya bernilai nol. Mengapa bisa dikatakan usahanya bernilai nol? Mari kita analisis permainan tradisional mengambil uang koin dalam tepung seperti pada Gambar 3.7. Orang

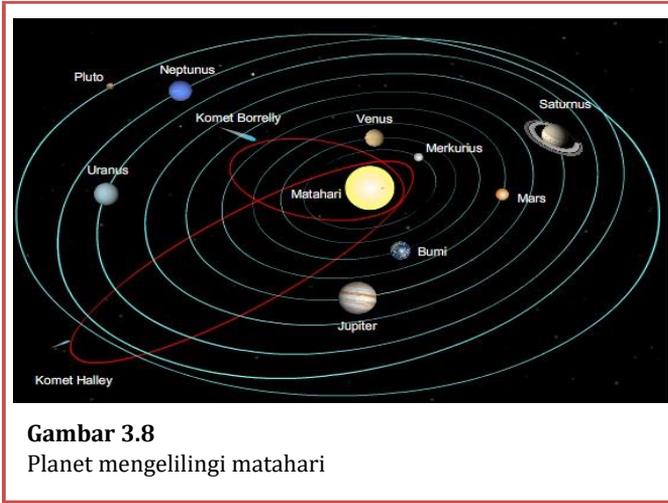


Sumber: himasaifi.com

**Gambar 3.7**

Permainan tradisional mengambil uang koin didalam tepung. Permainan tersebut merupakan budaya Indonesia, biasanya sering dijumpai ketika acara lomba 17 Agustusan.

berbaju merah berjalan dengan mengangkat nampan ke atas. Perpindahan yang dilakukan oleh orang berbaju merah ke arah horizontal, sedangkan gaya yang dilakukan ke arah vertikal. Sehingga usaha orang yang berbaju merah tersebut adalah nol.



Sebuah benda yang bergerak tetapi gayanya sama dengan nol terjadi pada lingkungan khusus, misalnya pada Gambar 3.8, planet yang bergerak mengelilingi

matahari sesuai dengan lintasan orbitnya. Walaupun planet tersebut bergerak dengan tetap mengelilingi matahari dan matahari bergerak dijalur edarnya di galaksi bimasakti, tetapi tidak ada usaha yang dilakukan terhadapnya karena percepatannya nol yang sebanding dengan gayanya.

Jika gaya yang bekerja pada benda lebih dari satu, usaha yang dikerjakan benda merupakan resultan (penjumlahan) gaya-gaya itu dikalikan dengan perpindahan.

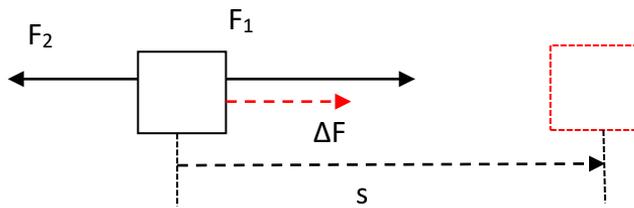


Sumber: [piccssr.com](http://piccssr.com)

**Gambar 3.9**

Tarik tambang merupakan permainan tradisional yang sangat digemari oleh hampir semua masyarakat. Permainan tersebut sering dijumpai ketika acara 17 Agustusan.

Berikut ini penjelasan diagram kerja dari gambar di atas.



Sebagaimana dalam permainan tarik tambang. Sebuah tali yang ditarik kelompok Amir ke arah kanan ( $F_1$ ) dan ditarik kelompok Aris ke arah kiri ( $F_2$ ), mengakibatkan tali bergeser sejauh  $s$  ke kanan (perhatikan arah gaya tersebut). Besar usaha yang dikerjakan pada tali tersebut adalah

$$W = \Delta F \cdot s$$

$$W = (F_1 \pm F_2) \cdot s \quad [3.2]$$

**Gaya bernilai negatif jika komponen gaya berlawanan arah dengan perpindahannya.**

Kalian sudah mengetahui usaha yang dilakukan untuk memindahkan sebuah benda ke arah horizontal, tetapi bagaimanakah besarnya usaha yang dilakukan untuk memindahkan sebuah benda ke arah vertikal? Mari kalian pelajari usaha dengan arah vertikal seperti Gambar 3.10. Beberapa anak berusaha memanjat pinang untuk mengambil hadiahnya. Usaha yang dilakukan anak-anak tersebut untuk berpindah secara vertikal sejauh  $h$  dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi yang besarnya sama dengan berat ( $w$ ) anak tersebut. Secara matematis usaha dalam arah vertikal dapat dituliskan seperti persamaan (3.3):

$$W = w \cdot h$$

$$W = m \cdot g \cdot h \quad [3.3]$$

Keterangan:

$w$  = Berat (Newton) (N)

$m$  = Massa (kilogram) (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi bumi (meter per sekon kuadrat) (m/s<sup>2</sup>)

$h$  = Ketinggian (meter) (m)



Sumber: [panjatpinang.com](http://panjatpinang.com)

### Gambar 3.9

Perlombaan panjat pinang yang sering dijumpai pada acara 17 Agustusan, tiangnya tersebut mempunyai ketinggian ( $h$ ) dan anak-anak yang berusaha naik untuk mengambil hadiah di atas mempunyai massa ( $m$ ), dan anak-anak tersebut juga di pengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi, sehingga lomba panjat pinang tersebut bisa dikaitkan dengan usaha terhadap benda ke arah vertikal.



## Problem

Pemerintah Ponorogo akan mengadakan festival reog. Kemudian Rizki dan Fakhri ingin mengikuti festival reog tersebut. Rizki membawa singa barong yang beratnya dua kali lipat dari singa barong yang dibawa Fakhri. Jika Fakhri berjalan lebih jauh dua kali lipat dari jarak yang ditempuh Rizki, menurut kalian manakah usaha yang lebih besar?



Sumber:  
[tegarnawawy.blogspot.com](http://tegarnawawy.blogspot.com)



## Problem Solving

Mari kita analisis problem di atas! Problem di atas, dianalisis dengan menggunakan persamaan usaha. Usaha adalah perkalian antara gaya dan jarak/ perpindahan. Rizki membawa singa barong reog yang beratnya dua kali lipat dari singa barong reog fakhri ( $w_{rizki} = 2w_{fakhri}$ ), Sedangkan jarak tempuh Fakhri dua kali lipat dari jarak tempuh Rizki ( $s_{fakhri} = 2s_{rizki}$ ). Karena arah gaya dan perpindahan yang dilakukan Fakhri maupun Rizki saling tegak lurus, maka Rizki maupun Fakhri besar usahanya sama dengan nol.



### Latihan 3.1

1. Seekor kuda ditarik pak kusir dengan gaya  $20\text{ N}$ , yang menyebabkan kuda berjalan sejauh  $8\text{ m}$ , berapakah usaha yang dilakukan pak kusir?
2. Rizki dan Rizal sedang mendorong sebuah meja. Untuk berpindah sejauh  $2\text{ m}$  diperlukan usaha sebesar  $1\text{ kJ}$ . Jika Rizal memberikan gaya  $150\text{ N}$ , berapakah besar gaya yang harus diberikan Rizki?



### Pojok Diskusi

1. Sebuah benda dikenai dua buah gaya yang sama besar dan berlawanan arah. Apakah benda yang dikenai gaya tersebut mempunyai usaha? Jelaskan!
2. Pemain reog ponorogo menggunakan singa barong reog berjalan mengelilingi di lingkungan sekitar. Apakah pemain reog ponorogo melakukan usaha? Jelaskan?

### **James Prescott Joule** **(1818 - 1889)**



James Prescott Joule, lahir di Salford, Lancashire, Inggris, 24 Desember 1818. James Prescott Joule tidak pernah duduk di bangku sekolah sampai umur 17 tahun karena sakit-sakitan.

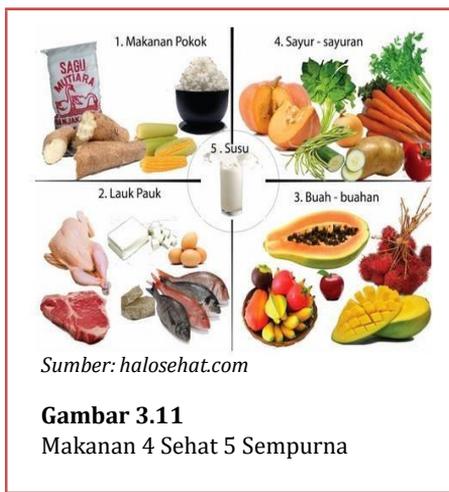
Orang tua Joule mendatangkan guru privat kerumahnya dan menyediakan semua buku yang diperlukan Joule, agar Joule memperoleh ilmu pengetahuan, tetapi sebagian besar ilmu yang dikuasai oleh Joule diperoleh dari membaca buku. Ketika Joule berumur 17 tahun, Joule masuk sekolah dan diterima di Universitas Manchester. Joule dipimpin oleh Jhon Dalton bersama dengan Herman dan JuliusVon Mayer. Pada tahun 1847 Joule menerbitkan buku mengenai hubungan dan kekekalan energi.

(Sumber: <http://www.biografiku.com/2009/11/biografi-james-prescott-joule.html>)

## B. Energi

Energi bukanlah sesuatu yang asing bagi kita dan masyarakat. Manusia telah diberikan energi oleh Tuhan Yang Maha Esa untuk melakukan berbagai aktivitas sehari-hari, seperti sekolah dan bekerja, bahkan ketika tidur. Tumbuhan pun memerlukan energi yang sebagian besar berasal dari matahari. Dengan kata lain, semua makhluk memerlukan energi.

Kalian pasti sudah mengenal berbagai contoh energi yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, bahkan hampir semua yang kalian lihat atau kerjakan melibatkan energi. Energi tidak dapat dilihat secara kasat mata dan tidak dapat dicium oleh manusia, contohnya energi pada makanan 4 sehat 5 sempurna seperti Gambar 3.11. Energi kimia pada makanan dapat kalian rasakan saat beraktivitas.



### DID YOU KNOW?

Makanan yang bergizi dan seimbang akan memberikan “bahan bakar” bagi tubuh. Energi yang tersimpan di dalam makanan diubah dalam bentuk yang dapat digunakan tubuh. Makanan yang sehat yaitu makanan yang mengandung 4 sehat 5 sempurna .

### 1. Pengertian Energi

Tahukah kalian bahwa energi berasal dari makanan yang kalian makan. Apakah kalian dapat bekerja tanpa energi? Apakah selain manusia juga butuh energi? Tidak hanya manusia, semua benda yang bergerak pasti membutuhkan energi, misalnya seperti Gambar 3.12.



*Sumber: dokumen pribadi*

**Gambar 3.12**  
Tanaman padi

### DID YOU KNOW?

Tanaman padi membutuhkan energi matahari untuk pertumbuhannya. Tanpa energi matahari, tanaman padi akan menjadi kurus dan tidak akan menghasilkan panen. Matahari merupakan sumber energi terbesar bagi seluruh makhluk hidup di alam.

Energi merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting, karena tanpa adanya energi tidak akan ada kehidupan, tidak ada makhluk bergerak, tidak ada bunyi yang terdengar, dan tidak ada cahaya pada malam hari. Energi ada dimana- mana dan diperlukan oleh siapa saja. Energi bisa dimanfaatkan serta bisa diubah bentuk sesuai dengan keperluan. Sumber energi kehidupan adalah matahari.

Agama Islam mengajarkan umat muslim untuk melaksanakan ibadah shalat berjamaah, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13, mereka sedang melakukan shalat berjamaah sama saja mereka menggunakan energi untuk melaksanakannya. Umat muslim dalam aktivitas shalatnya, jika tidak sanggup untuk berdiri maka diperbolehkan melaksanakan dengan posisi duduk . Apabila dudukpun tidak sanggup, maka shalat boleh dilaksanakan dengan posisi tidur. Hal ini menunjukkan bahwa dalam melaksanakan aktivitas diperlukan yang namanya energi.



*Sumber: dokumen pribadi*

**Gambar 3.13**  
Sholat berjamaah

### DID YOU KNOW?

Shalat berjamaah merupakan syi'ar Islam yang agung, menyerupai shafnya malaikat ketika beribadah, dan ibarat pasukan dalam suatu peperangan, ia merupakan sebab terjalinnya saling mencintai sesama muslim, saling mengenal, saling mengasihi, saling menyayangi, menampakkan kekuatan, dan kesatuan.

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha, yakni menyebabkan sesuatu berpindah. Dari contoh yang telah dijelaskan di atas, energi adalah kemampuan untuk menyebabkan perubahan. Perubahan tersebut merupakan perubahan bentuk energi.

## 2. Bentuk-Bentuk Energi

Bentuk-bentuk energi tidak jauh dalam kehidupan kalian. Di sekitar kalian ada beberapa macam bentuk energi, diantaranya energi potensial, energi kinetik (gerak), energi kimia, energi cahaya, energi panas (kalor), energi listrik, energi bunyi, dan energi nuklir. Pada saat mengayuh sepeda kalian memperoleh energi kimia dari makanan yang kalian konsumsi dan mengubahnya menjadi energi gerak. Ketika kalian bermain yoyo, sebenarnya kalian sedang memperagakan perubahan energi. Kalian membutuhkan energi kimia dari makanan, kemudian energi kimia tersebut akan berubah saat menggulung tali pada poros yoyo dan meletakkan di genggaman tangan kalian, cakram yoyo memiliki energi potensial karena ketinggiannya (posisinya). Energi potensial yang dipengaruhi oleh

ketinggiannya disebut energi potensial gravitasi. Dapatkah kalian menyebutkan contoh bentuk energi di lingkungan sekitar?

### a. Energi Potensial



Sumber:  
*tradisionalpermainan.wordpress.com*

**Gambar 3.14**  
Bermain Yoyo

#### DID YOU KNOW?

Permainan yoyo merupakan permainan tradisional. Yoyo yaitu alat permainan yang terdiri dari 2 bagian lempengan yang terbentuk bundar kecil. Kedua buah lempengan bundar tersebut saling menempel dengan sebuah celah sempit diantaranya.

Secara umum, energi potensial adalah energi yang tersimpan dalam benda karena posisinya terhadap bumi. Energi potensial terbagi menjadi beberapa bentuk, diantaranya energi potensial gravitasi, energi potensial pegas, dan energi potensial listrik.

Telah kalian ketahui bahwa energi potensial gravitasi adalah energi akibat perbedaan ketinggian. Energi potensial gravitasi timbul karena adanya gaya gravitasi. Sebagai contoh permainan tradisional yoyo yang dilepaskan dari ketinggian tertentu, yoyo tersebut memiliki energi potensial gravitasi.

Persamaan energi potensial gravitasi dituliskan persamaan (3.4):

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad [3.4]$$

Keterangan:

$E_p$  = Energi Potensial (Joule) (J)

$m$  = Massa (Kilogram) (kg)

$g$  = Percepatan gaya gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

$h$  = Ketinggian (meter) (m)



### Contoh

Seorang penari piring membawa piring bermassa 0,5 kg dengan ketinggian 0,52 meter. Jika diketahui gravitasi bumi ditempat tersebut adalah  $10 m/s^2$ , tentukan nilai energi potensial yang dimiliki oleh piring yang dibawa oleh penari tari piring tersebut!

$m = 0,5 \text{ kg}$

$g = 10 m/s^2$

$h = 0,52 \text{ m}$

**Penyelesaian:**

$E_p = m \cdot g \cdot h$

$E_p = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,52$

$E_p = 2,6 \text{ Joule}$



(Sumber: [kebudayaan.kemdikbud.go.id](http://kebudayaan.kemdikbud.go.id))

Jadi energi potensial piring yang dibawa oleh penari piring adalah 2,6 Joule.

## **b. Energi Kinetik**

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya. Setiap benda yang bergerak pasti memiliki energi kinetik. Energi kinetik merupakan besaran skalar yang bergantung pada massa dan kecepatan.

Sebuah mobil yang mempunyai energi kinetik yang sama ketika bergerak ke Timur dengan kecepatan sebesar 10 m/s atau bergerak ke Utara dengan kecepatan sebesar 10 m/s. Energi kinetik semakin besar nilainya ketika bendanya bergerak semakin cepat dan ketika benda dalam keadaan diam maka energi kinetiknya bernilai nol.

Pada Gambar 3.14, jika cakram yoyo kalian lepaskan, maka gaya gravitasi akan menarik pusat massanya sehingga cakram tersebut jatuh sambil berputar. Pada saat cakram yoyo mulai jatuh, energi potensialnya diubah menjadi energi kinetik. Energi kinetik cakram yoyo akan bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan dan bertambah dekatnya yoyo dengan bumi. Semakin yoyo mendekati bumi, maka energi potensialnya berkurang, tetapi energi kinetiknya bertambah besar.

Setiap benda yang bergerak dan memiliki kecepatan pasti memiliki energi kinetik. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda karena geraknya. Misalnya, angin yang bertiup dapat menggerakkan layang-layang seperti Gambar 3.15.



Sumber:  
[gayahidup.republika.co.id](http://gayahidup.republika.co.id)

**Gambar 3.15**  
Bermain Layangan

### DID YOU KNOW?

Layang-layang merupakan permainan tradisional yang memanfaatkan kekuatan hembusan angin sebagai alat pengangkatnya. Di Jawa Barat, Lampung, dan beberapa tempat di Indonesia ditemukan permainan tradisional layang-layang yang dipakai sebagai alat bantu memancing.

Layang-layang bisa terbang tinggi karena ada angin. Energi kinetik akan hilang jika benda berhenti (diam). Besar energi kinetik benda ditentukan oleh massa dan kecepatan gerak suatu benda. Semakin besar massa benda maka semakin besar energi kinetiknya. Apabila benda bergerak semakin cepat, maka energi kinetiknya juga semakin besar. Benda yang bergerak dengan kecepatan tetap memiliki energi kinetik tetap. Persamaan energi kinetik dituliskan seperti persamaan (3.5):

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad [3.5]$$

Keterangan:

$E_k$  = Energi kinetik (Joule) (J)

$m$  = massa (Kilogram) (kg)

$v$  = Kecepatan (m/s<sup>2</sup>)



## Contoh

Di Madura sering mengadakan festival karapan sapi. Jika sapi dan gerobak bermassa 80 kg, berlari dengan kecepatan 10 m/s. Tentukan energi kinetiknya!

$$m = 80 \text{ kg}$$

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

**Penyelesaian:**

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

$$E_k = \frac{1}{2} 80.(10)^2$$

$$E_k = 4.000 \text{ Joule}$$

Jadi besar energi kinetiknya adalah 4000 Joule.



(Sumber: Ayogitabisa.com)

### c. Energi Kimia



Sumber:  
*Dokumen pribadi*

**Gambar 3.16**  
Kulit pisang sebagai sumber energi

#### DID YOU KNOW?

Kulit pisang dapat menghasilkan bahan baku baterai kering yang ramah lingkungan. Kulit pisang mengandung Magnesium (Mg), garam Sodium dan yang paling banyak adalah Kalium. Baik Mg, garam Sodium dan Kalium ini termasuk logam dan di mana logam adalah penghantar elektrolit yang kuat. Kulit pisang memiliki potensi menjadi bahan dasar pembuatan baterai ramah lingkungan.

Kulit pisang sebagai sumber energi alternatif seperti Gambar 3.16, merupakan pengganti sistem elektrokimia pada baterai. Baterai menghasilkan energi, karena di dalamnya terdapat bahan kimia. Tiap sel baterai terdiri atas elektroda yang berbeda dipisah satu sama lain dalam cairan penghantar yang disebut elektrolit. Elektrolit inilah yang nantinya akan menghasilkan arus listrik dalam baterai. Energi kimia adalah energi yang tersimpan dalam suatu persenyawaan kimia. Baterai mempunyai energi kimia yang salah satunya dapat digunakan untuk menggerakkan jarum jam, senter dan lain-lain, seperti Gambar 3.17.



Sumber:  
*Dokumen pribadi*

**Gambar 3.17**  
Jam Dinding membutuhkan baterai untuk menggerakkan jarumnya alternatif

#### d. Energi Panas dan Cahaya



Sumber:  
via.com

**Gambar 3.18**  
Obor api sebagai penerangan

Masih ingatkah kalian apa itu kalor? Kalor tidak lepas dengan energi panas. Energi panas sering berhubungan erat dengan energi cahaya. Benda yang memancarkan cahaya biasanya disertai dengan panas. Gambar 3.18, Api obor merupakan salah benda yang menghasilkan energi panas dan energi cahaya. Api selain digunakan sebagai penerang, juga digunakan sebagai penghangat. Energi panas selain digunakan sebagai penghangat juga dapat

digunakan sebagai pengering baju, ikan asin dan lain-lain. Coba kalian sebutkan contoh energi panas yang ada di lingkungan sekitar!

#### e. Energi Listrik

Di lingkungan kalian pasti tidak jauh dengan energi listrik. Tanpa energi listrik alat-alat elektronik kalian tidak dapat berfungsi. Manfaat listrik memang begitu luas. Salah satu sumber energi ini bahkan bisa dikatakan menjadi penopang dalam kegiatan sehari-hari kita. Energi listrik juga menjadi energi yang dapat berubah menjadi berbagai energi lainnya, seperti energi cahaya, energi bunyi, energi gerak, dan masih banyak yang lainnya.

Hampir setiap waktu kita bisa merasakan manfaat listrik. Sadar atau tidak, energi listrik sudah banyak berkontribusi dalam setiap aktivitas. Energi listrik ditimbulkan adanya arus listrik. Energi listrik dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan. Coba sebutkan benda di sekitar kalian yang membutuhkan energi listrik!

### f. Energi Bunyi

Pernahkah kalian bermain mercon bumbung yang terbuat dari bambu? Mercon bumbung seperti Gambar 3.19, bukan sekedar mercon atau peledak biasa yang membutuhkan bubuk mesiu layaknya petasan. Mercon bumbung ini bisa menghasilkan sebuah ledakan yang bunyinya seperti petasan. Mengapa mercon bumbung dapat menghasilkan bunyi?



Sumber:  
*suarasurabaya.com*

**Gambar 3.19**  
Mercon Bumbung

Energi bunyi adalah berasal dari suatu benda yang bergetar. Partikel udara yang bergetar akan bersentuhan dengan partikel benda yang ikut bergetar. Getaran benda diteruskan ke seluruh ruangan lewat partikel udara. Partikel udara tersebut berfungsi sebagai medium penghantar bunyi. Tanpa adanya partikel udara, energi bunyi tidak akan pernah ada.

### 3. Sumber Energi

Dalam kehidupan kalian pasti tidak jauh dengan sumber energi. Segala sesuatu di sekitar kita yang mampu menghasilkan suatu energi baik yang kecil maupun besar. Sebelumnya kalian sudah belajar tentang bentuk-bentuk energi. Darimanakah bentuk-bentuk energi berasal? Apa yang kalian ketahui tentang sumber energi? Sumber energi merupakan alat dan bahan yang menghasilkan energi. Sumber energi berdasarkan bentuknya sebagai berikut.

### **a. Matahari**

Matahari merupakan sumber energi terbesar di bumi. Matahari menghasilkan energi panas dan cahaya. Energi panas sinar matahari dapat membantu manusia dan makhluk hidup lainnya dalam menjalankan aktivitasnya. Tanpa adanya panas matahari dapatkah kalian mengeringkan pakaian? Energi panas matahari digunakan manusia untuk penghangat, pengering pakaian, hasil panen petani dan nelayan dan sebagainya. Sedangkan energi cahaya matahari digunakan sebagai sumber penerang bumi dan oleh tumbuhan digunakan untuk proses fotosintesis.

### **b. Listrik**

Kalian pasti tahu, bahwa sumber energi listrik merupakan salah satu sumber energi yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik dihasilkan dari pembangkit tenaga listrik. Macam-macam pembangkit tenaga listrik diantaranya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan teknologi pembangkit listrik yang terbaru berasal dari panas bumi (Geotermal). Energi listrik yang berasal dari berbagai macam pembangkit tersebut kemudian didistribusikan ke berbagai pemukiman penduduk dan industri. Energi listrik dapat diubah bentuk menjadi energi lain, seperti energi panas, cahaya dan gerak.

### c. Minyak Bumi dan Gas Alam

#### DID YOU KNOW?

Sidoarjo merupakan salah satu kota yang terkena peristiwa meluapnya lumpur panas dari perut bumi sebagai akibat dari kesalahan teknik pengeboran pada sumur gas bumi yang kedalamannya sekitar 150 meter dari gunung lumpur.

Pengeboran tersebut dilakukan oleh PT. Lapindo Brantas.

Akibatnya yang keluar dari dalam bumi bukan gas melainkan air panas yang bercampur dengan tanah membentuk lumpur panas yang sering disebut lumpur lapindo.

Mengapa kendaraan bermotor dapat berjalan? Kendaraan bermotor dapat berjalan karena ada sumber energi untuk menjalankannya. Sumber energi tersebut berasal dari minyak bumi yang diolah menjadi bensin dan solar. Adanya minyak bumi dan gas alam diakibatkan karena adanya penimbunan berbagai macam hewan dan tumbuhan yang telah musnah selama ratusan atau jutaan tahun yang silam.

Penimbunan hewan dan tumbuhan akan mengalami proses penguraian dengan tekanan suhu bumi di dalam tanah yang sangat panas, sehingga mengakibatkan penimbunan dan bebatuan induk yang di dalamnya mengandung cairan minyak yang nantinya menjadi minyak bumi dan gas alam.

#### d. Energi Kimia

Perhatikan senter yang ada di rumah kalian, kemudian nyalakan! Mengapa lampu senter dapat menyala? Lampu senter dapat menyala karena ada sumber energi seperti Gambar 3.20. Baterai merupakan elemen kering yang memiliki sumber energi kimia. Energi kimia tersebut tersimpan dalam sel elektrokimia. Sel elektrokimia yang sering digunakan yaitu sel galvanis. Sel galvanis merubah energi kimia menjadi energi listrik.



Sel Galvani biasanya mengandung dua buah logam yang terhubung dengan jembatan garam, atau setengah sel yang dipisahkan dengan membran *porous*.



Sumber energi kimia selain baterai yaitu aki, seperti Gambar 3.21. Aki merupakan alat yang dapat menyimpan energi.. Aki merupakan elemen basah. Mengapa aki disebut elemen basah? Aki disebut elemen basah karena di dalam aki terdapat larutan kimia yang disebut dengan asam sulfat yang berfungsi sebagai penghantar listrik atau elektrolit.

#### e. Angin

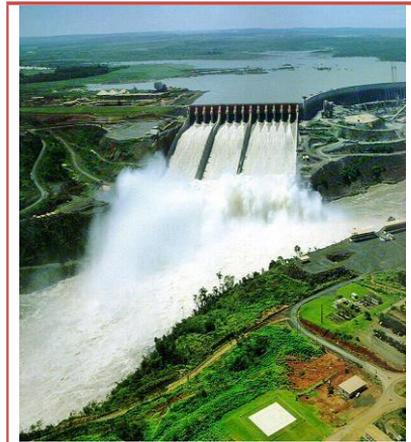
Kalian dalam kehidupan sehari-hari tidak jauh dengan sumber energi angin. Apa yang kalian ketahui tentang angin? Angin merupakan gerakan massa udara dari daerah yang memiliki tekanan udara tinggi ke

daerah yang memiliki tekanan udara rendah. Angin terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara atau temperatur di permukaan bumi. Angin dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir angin sebagai pembangkit tenaga listrik. Contoh negara yang memanfaatkan angin sebagai sumber pembangkit tenaga listrik diantaranya Belanda. Oleh karena banyaknya kincir angin di Belanda, maka Belanda disebut dengan “negara kincir angin”.

#### f. Air

Air merupakan salah satu sumber energi yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Tanpa air mungkin semua makhluk hidup di alam ini semuanya akan mati. Air berasal dari air hujan. Hujan berasal dari penguapan laut, sungai, dan danau. Penguapan terjadi karena penyerapan energi matahari. Proses pembentukan air ini disebut dengan siklus air.

Air memiliki berbagai fungsi bagi kehidupan kalian diantaranya air berfungsi untuk melarutkan dan mengeluarkan racun atau sampah-sampah di dalam tubuh, air sebagai katalisator dalam metabolisme tubuh serta mampu merendam benturan bagi organ vital, air dapat melarutkan dan membawa nutrisi- nutrisi, oksigen dan hormon ke seluruh sel tubuh yang membutuhkan. Selain itu air berfungsi sebagai PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air). PLTA merupakan salah satu



Sumber:  
*berenergi.com*

**Gambar 3.22**  
Air berfungsi sebagai PLTA

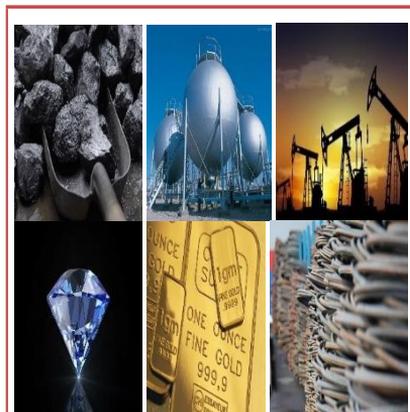
pembangkit yang memanfaatkan aliran air untuk diubah untuk menjadi energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan disebut sebagai hidroelektrik. Pembangkit listrik tersebut bekerja dengan cara merubah energi air yang

mengalir dari bendungan menjadi energi mekanik dengan bantuan turbin air, jika pembangkit listrik bekerja dari energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator). Energi listrik tersebut dialirkan melalui jaringan-jaringan yang telah dibuat, kemudian energi listrik tersebut menyebar di lingkungan sekitar.

Kalian sudah tahu bahwa sesuatu yang menghasilkan energi disebut sumber energi. Sumber energi berdasarkan sifatnya terbagi menjadi dua jenis yaitu sumber energi tidak dapat diperbarui dan sumber energi yang dapat diperbarui.

#### a. Sumber energi yang tidak dapat diperbarui

Sumber energi yang tidak dapat diperbarui adalah sumber energi yang persediaannya terbatas, tidak dapat diproduksi dalam jangka waktu yang singkat, dan proses pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama hingga mencapai jutaan tahun. Sumber energi ini terbentuk dari tumbuhan dan fosil hewan yang telah



Sumber:  
*monitorday.com*

**Gambar 3.23**  
Energi tidak dapat diperbarui

#### DID YOU KNOW?

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya dengan batubara. Daerah penghasil batubara di Indonesia yang paling terkenal terletak di Bukit Asam yang terletak di Tanjungenim, Sumatra Selatan.

mati dan terkuburkan selama berjuta tahun, sehingga ketersediaan sumber energi yang tidak dapat diperbarui dari tahun ke tahun mengalami penurunan secara drastis. Beberapa contoh sumber energi yang tidak

dapat diperbarui adalah minyak bumi dan batu bara sebagai sumber energi kimia. Batu bara dan minyak bumi digunakan sebagai sumber energi untuk membangkitkan listrik untuk menjalankan kendaraan bermotor, dan menjalankan mesin-mesin industri kebanyakan berasal dari minyak bumi, batu bara, dan gas bumi.

### b. Sumber energi yang dapat diperbarui



Sumber:  
Dokumen pribadi

**Gambar 3.24**  
Air terjun dimanfaatkan

Air merupakan sumberdaya alam yang dapat diperbarui karena mengalami siklus air setiap saat.

Air digunakan sebagai PLTA untuk menghasilkan sumber energi listrik. Air yang bisa digunakan sebagai PLTA merupakan air yang debitnya besar seperti air terjun seperti Gambar 3.24.

Sumber energi yang dapat diperbarui yaitu sumber energi yang persediaanya tidak terbatas dan dapat diproduksi dalam jangka waktu yang singkat. Beberapa contoh energi yang dapat diperbarui di antaranya bahan pangan, angin dan air.

#### DID YOU KNOW?

Air terjun merupakan aliran sungai, hanya saja aliran sungai jatuh dari tempat terjal, sehingga terlihat bentuk air terjun. Air terjun dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin sebagai pembangkit tenaga listrik, daya listrik yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk keperluan sumber daya listrik pada kegiatan pertanian di daerah sekitarnya.



## Pojok Diskusi

1. Bagaimanakah jika sumber energi seperti minyak bumi habis terpakai? Menurut kalian, bagaimana cara mengatasinya?
2. Penggunaan listrik saat ini semakin meningkat sehubungan dengan perkembangan teknologi. Hal ini dikarenakan teknologi yang dimanfaatkan sumber energi kebanyakan berasal dari listrik, sehingga menyebabkan krisis energi listrik. Menurut kalian, bagaimana cara mengatasi krisis ini?

### 4. Perubahan Bentuk Energi

Saat kalian melihat ibu rumah tangga memasak, bentuk energi apakah yang digunakan dan dihasilkan? Saat memasak seperti Gambar 3.25, pada umumnya ibu rumah tangga menggunakan gas LPG kemudian baru menghasilkan api untuk memasak. Pada umumnya manfaat energi akan terlihat setelah berubah bentuk menjadi energi lain.



Sumber:  
Dokumen pribadi

**Gambar 3.25**  
Gas memiliki energi kimia

Gas LPG yang biasanya digunakan ibu rumah tangga untuk memasak merupakan hasil olahan dari gas bumi melalui reaksi kimia. Oleh karena itu, gas dikatakan memiliki energi kimia. Energi panas yang ditimbulkan pada saat memasak masakan dengan menggunakan kompor akan memudahkan. Jadi, dalam hal ini energi kimia berubah menjadi energi panas.

Makanan yang kalian makan akan mengalami reaksi kimia di dalam tubuh. Oleh karena itu, makanan yang kalian makan dikatakan memiliki energi kimia. Sehingga kalian memperoleh energi dari makanan tersebut untuk melakukan aktivitas misalkan untuk berjalan atau berlari.

Energi yang kalian gunakan untuk berjalan atau berlari disebut energi kinetik (gerak). Jadi, dalam hal ini energi kimia berubah menjadi energi kinetik. Dua contoh di atas menunjukkan bahwa energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Contoh perubahan bentuk energi ditunjukkan pada kegiatan berikut ini. Mari lakukan kegiatan pengamatan berikut!



### Kegiatan Mengamati

**Tujuan:** Mengamati perubahan bentuk energi.

**Alat:**

- Lampu listrik
- Televisi
- 

**Langkah Kerja:**

1. Hidupkan lampu listrik yang ada di rumah kalian!
2. Nyalakan televisi kalian yang di rumah!
3. Coba diskusikan dengan temanmu tentang perubahan energi yang terjadi pada alat yang telah disebutkan!

## 5. Hukum Kelestarian Energi

Pernahkah kalian naik ayunan? Ayunan dimulai dengan suatu dorongan supaya dapat bergerak sehingga menghasilkan energi kinetik pada kalian ketika naik ayunan seperti Gambar 3.26. Pada saat ayunan naik, energi kinetik berubah menjadi energi potensial. Energi potensial terbesar saat ayunan berada di posisi tertinggi. Pada saat ayunan turun, energi potensialnya berubah menjadi energi kinetik. Saat ayunan menempati posisi terendah, ayunan memiliki energi kinetik terbesar.



Sumber:  
[gadisgendhis.wordpress.com](http://gadisgendhis.wordpress.com)

**Gambar 3.26**  
Penumpang ayunan

Ketika ayunan berlangsung maju mundur, energi diubah dari energi kinetik ke energi potensial ke energi kinetik, berlanjut dan berlangsung terus menerus. Secara bersamaan, energi potensial dan energi kinetik ayunan membentuk energi mekanik. Energi mekanik adalah jumlah energi kinetik dan energi potensial dalam suatu sistem. Persamaan energi mekanik dapat dituliskan seperti persamaan (3.6).

$$E_m = E_p + E_k \quad [3.6]$$

Keterangan:

$E_m$  = Energi Mekanik (Joule) (J)

$E_p$  = Energi potensial (Joule) (J)

$E_k$  = Energi kinetik (Joule) (J)

Apakah manusia dapat menciptakan energi? Sejarah menyatakan bahwa manusia tidak pernah berhasil membuat alat yang dapat menghasilkan energi. Manusia berharap agar dapat membuat mesin sekali dorong dapat bergerak terus tanpa berhenti. Namun, sampai sekarang tetap hanya sebagai angan-angan saja. Manusia hanya dapat membuat mesin yang mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Misalnya seperti setrika dari energi listrik menjadi energi panas. Akhirnya manusia menyimpulkan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Sehingga pernyataan tersebut dikenal sebagai **hukum kelestarian energi**.

#### Keterpaduan

وَالْخَيْلَ وَالْبِغَالَ وَالْحَمِيرَ لِتَرْكَبُوهَا وَزِينَةً وَيَخْلُقُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٨﴾

Artinya: dan (Dia telah menciptakan) kuda, bagal dan keledai, agar kamu menungganginya dan (menjadikannya) perhiasan. Dan Allah menciptakan apa yang kamu tidak mengetahuinya. (QS. An-Nahl: 8)

#### Penjelasan:

Allah SWT telah menciptakan berbagai binatang, seperti kuda, kuda sangat membantu manusia untuk beraktivitas. Kuda memiliki energi yang lebih besar dibandingkan dengan binatang lainnya, sehingga kuda mampu mengerjakan usaha yang berat.



## Contoh

Fakhri bermassa 28 kg bermain arung jeram sesampainya di ujung sungai ternyata Fakhri berada di puncak air terjun yang tingginya 10 m. Jika pada ketinggian 8 m Fakhri jatuh dengan kecepatan 35 m/s. Berapa energi mekanik yang dialami Fakhri?

$$m = 28 \text{ kg}$$

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

$$h = 8 \text{ m}$$

$$v = 35 \text{ m/s}$$



### Penjelasan:

$$E_m = E_p + E_k$$

(Sumber: [hobikitakita.blogspot.com](http://hobikitakita.blogspot.com))

$$E_m = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_m = 28 \cdot 10 \cdot 8 + \frac{1}{2}28 \cdot 35^2$$

$$E_m = 19.390 \text{ Joule}$$

Jadi energi mekanik yang dialami oleh Fakhri sebesar 19.390 Joule.



## Uji Kompetensi 3.2

1. Seorang anak mengikuti lomba panjat pinang bermassa 35 kg. Berapakah ketinggian anak tersebut ketika berada di puncak, jika energi potensial yang dimiliki anak tersebut sebesar 5 joule dan percepatan gravitasi 10 m/s<sup>2</sup>?
2. Pemain barongsai bermassa 50 kg berkeliling di simpang enam Demak pada acara festival barongsai dalam rangka peringatan tahun baru 2017 dengan kecepatan 5 m/s. Tentukan besar energi kinetik pemain barongsai tersebut!
3. Rara bermassa 34 kg bermain arung jeram sesampainya di ujung sungai ternyata Rara berada di puncak air terjun yang tingginya 15 m. Jika pada ketinggian 12 m Rara jatuh dengan kecepatan 35 m/s. Berapa energi mekanik yang dialami Rara?

### C. Hubungan Usaha dan Energi

Telah diketahui bahwa definisi usaha merupakan perkalian antara gaya dan perpindahan benda, sedangkan energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Berarti usaha berkaitan dengan energi. Bagaimana hubungan antara usaha dan energi?

Pada saat kalian bermain lompat tali, ketika sudah sampai pada tahap “Selangit” yaitu tali karet diletakkan di atas kepala 1 jengkal, kalian akan berusaha melompati tali karet dari permukaan dengan  $F$  (gaya) yang lebih



Sumber:  
Game.net

**Gambar 3.27**  
Lompat tali, hubungan antara usaha dan energi

besar hingga bisa melompat mencapai ketinggian ( $h$ ) yang sudah ditentukan. Pada saat kalian berada di ketinggian tersebut, kalian mempunyai energi potensial yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi. Besarnya perubahan usaha yang digunakan untuk melompati tali karet tersebut sama dengan selisih energi potensialnya. Sehingga dapat dirumuskan:

$$\Delta E_p = \Delta W = \Delta F \cdot s \quad [3.7]$$

Keterangan:

$\Delta E_p$  = Perubahan energi potensial (Joule) (J)

$\Delta W$  = Perubahan usaha (Joule) (J)

$\Delta F$  = Perubahan gaya (Newton) (N)

$s$  = Perpindahan (meter) (m)

Jadi, dapat disimpulkan bahwa besarnya perubahan usaha sama dengan besarnya perubahan energi pada benda.



### Contoh

Miftah mengikuti lomba panjat pinang, dia bermassa 60 kg dari ketinggian 4 m. Jika percepatan gravitasi 10 m/s<sup>2</sup>, maka tentukan besarnya usaha yang dilakukan Miftah untuk mengambil hadiahnya yang berada di puncak tiang dengan ketinggian 6 m dari posisi awal!

$$m = 60 \text{ kg}$$

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

$$h_2 = 4 \text{ m}$$

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

**Penjelasan:**

$$W = \Delta EP$$

$$W = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1$$

$$W = 60 \cdot 10 \cdot 6 - 60 \cdot 10 \cdot 4$$

$$W = 3600 - 2400$$

$$W = 1200 \text{ Joule}$$



(Sumber: ngadubanteng.blogspot.com)



### Uji Kompetensi 3.3

1. Bagaimana hubungan usaha dan energi?
2. Di Sumedang sering mengadakan festival kuda renggong. Kuda dan anak yang naik di atasnya bermassa 450 kg. Kuda renggong tersebut ketika berangkat menuju ke lapangan festival kuda renggong melaju dengan kecepatan 5 m/s kemudian kecepatannya berubah menjadi 15 m/s/ Tentukan usaha yang dilakukan kuda renggong untuk mempercepat laju tersebut?



Gambar 3.28. Olahraga Jemparingan (Sumber : wikipedia.com)

**Jemparingan** adalah olahraga panahan tradisional khas dari Jawa Tengah. Panahan yang menggunakan busur dan panah ini dahulunya hanya dilakukan oleh kalangan tertentu (kesatria atau kaum bangsawan). Yang unik di jemparingan adalah memanah dalam posisi duduk. Posisi duduk ini dikarenakan dahulu para bangsawan memanah sambil bercengkrama membicarakan bisnis atau relasi sambil menikmati kopi atau makanan ringan. Untuk sasarannya berbentuk seperti batang lurus dengan diameter 5 cm dan panjang kurang dari 30 cm, sangat menguji ketajaman mata pemanah.



## Yuk Kita Analisis!

Semakin kuat dalam menarik anak panah pada busur, maka akan semakin jauh anak panah terlontar. Ketika anak panah terlontar dari busurnya, berarti tali busur melakukan kerja (usaha) terhadap anak panah, dan anak panah yang terlontar memiliki energi kinetik (energi gerak). Pada alat jemparingan, energi tidak hanya dimiliki oleh anak panah, tali busur yang melepaskan anak panah juga memiliki energi. Pada saat ditarik, tali busur memiliki energi potensial. Energi potensial tersebut ditimbulkan oleh gaya pegas, maka dari itu disebut energi potensial pegas.

### D. Daya

Apakah kalian pernah bermain bola bekel? Bagaimana cara bermain bola bekel? Cara bermain bola bekel seperti Gambar 3.29, dimulai dengan melambungkan bola karet kemudian diikuti dengan menaburkan biji bekel. Pada saat bola melambung ke atas, pemain mengambil biji bekel yang terserak. Pemain akan meraup jumlah biji bekel sesuai dengan tingkatannya



Sumber:  
*indogamers.net*

**Gambar 3.29**  
Bermain bola bekel

yang biasa disebut dengan *mi*. Permainan bola bekel dilakukan secara bertingkat, dimulai dengan pengambilan biji bekel satu-satu yang disebut *mihiji*, apabila dapat menyelesaikan *mihiji*, kemudian midua yaitu

mengambil biji bekel dua-dua dan seterusnya sampai pengambilan semua biji bekel sekaligus.

### DID YOU KNOW?

Permainan tradisional bola bekel, jika diterapkan dalam proses pembelajaran selain mengarah pada aspek kognitif, tetapi juga mengarah pada aspek afektif yaitu mengajarkan untuk teliti dan kritis, berani melangkah dan membuat keputusan, jujur, percaya diri, proaktif, toleransi dan demokrasi.

*(Sumber: hariani.wordpress.com)*

Pada Gambar 3.29, ketika bola karet kalian lambungkan ke atas, maka bola akan kembali ke permukaan bumi. Kenapa hal tersebut bisa terjadi? Ketika bola karet yang bermassa ( $m$ ) dilambungkan ke atas, bola karet tersebut dipengaruhi oleh gaya gravitasi ( $g$ ) sehingga akan jatuh ke permukaan bumi. Bola karet yang dilambungkan ke atas tadi juga memiliki ketinggian. Semakin tinggi bola karet tersebut maka waktu ( $t$ )

yang dibutuhkan akan semakin lama. Ketika bermain bola bekel, agar pemain dapat mengambil biji yang lebih banyak, maka pemain berusaha melambungkan bola karet sebesar ( $W$ ) yang lebih tinggi. Usaha yang dilakukan tiap waktu oleh pemain disebut dengan daya. Semakin besar daya yang dibutuhkan oleh pemain untuk melambungkan bola maka semakin besar usaha yang dibutuhkan. Daya didefinisikan sebagai usaha yang dilakukan oleh benda setiap waktu. Daya dirumuskan seperti persamaan (3.8):

$$P = \frac{W}{t} \quad [3.8]$$

Keterangan:

$P$  = Daya (Watt) ( $W$ )

$W$  = Usaha (Joule) ( $J$ )

$t$  = Waktu (Sekon) ( $s$ )



### Contoh

Seorang anak bermain bola bekel. Selama 5 menit anak tersebut mengambil biji bekel yang berserakan dengan usaha sebesar 1500 Joule. Tentukan daya pada anak tersebut?

$$w = 1500 \text{ joule}$$

$$t = 5 \text{ menit} = 5 \times 60 = 300 \text{ sekon}$$

**Penyelesaian:**

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

$$P = \frac{1500}{300}$$

$$P = 5 \text{ watt}$$

Jadi daya yang dimiliki oleh anak yang bermain dakon adalah 5 watt.



### Uji Kompetensi 3.4

1. Seorang anak bermain bola bekel memiliki daya sebesar 300 watt, ketika bermain anak tersebut membutuhkan waktu 3 menit untuk mengambil biji bekel yang berserakan. Berapakah besar usaha yang dilakukan anak tersebut?
2. Bola bekel bermassa 0,5 gram dilambungkan ke atas dengan ketinggian 2 m selama 5 detik. Berapa besar dayanya?

## RANGKUMAN

1. Usaha adalah perpindahan benda akibat adanya gaya yang mengenai benda. Secara matematis usaha dituliskan:  $W = F \cdot s$
2. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (kerja).
3. Sesuatu yang menghasilkan energi disebut sumber energi.
4. Bentuk-bentuk energi terdiri dari energi potensial, energi kinetik, energi kimia, energi panas dan cahaya, energi listrik, energi bunyi.
5. Sumber energi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu sumber energi yang dapat diperbarui dan sumber energi yang tidak dapat diperbarui.
6. Hukum kekekalan energi berbunyi, "Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, energi hanya dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya."
7. Secara umum, energi potensial adalah energi yang tersimpan dalam benda. Energi potensial benda akibat pengaruh gaya gravitasi bumi disebut energi potensial gravitasi. Rumus energi potensial dituliskan:  $E_p = m \cdot g \cdot h$
8. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh benda karena geraknya. Energi kinetik dirumuskan:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
9. Jumlah energi kinetik dan energi potensial benda disebut energi mekanik benda. Energi mekanik dirumuskan:  $E_m = E_p + E_k$
10. Daya didefinisikan sebagai kecepatan melakukan usaha.

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

## EVALUASI 3

### A. Pilihan Ganda

*Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!*

- A. Usaha dikatakan bernilai positif jika ....
- B. Buah pepaya ( $m = 1 \text{ kg}$ ) jatuh dari tangkainya setinggi 5 m. Jika percepatan gravitasi di tempat itu  $10 \text{ m/s}^2$ , usaha yang mengenai pepaya sebesar ....
- C. Pada saat lomba mengambil uang koin yang berada didalam tepung, usaha yang dilakukan oleh orang yang membawa tepung adalah....
- D. Kemampuan melakukan suatu kerja disebut....
- E. Sebuah usaha sebesar 1.200 J digunakan untuk mendorong mobil sejauh 2 meter, maka besar gayanya adalah....
- F. Alat listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi kalor adalah ....
- G. Alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik adalah....
- H. Kiki menaiki ayunan didorong oleh kakaknya hingga mengalami perpindahan kedudukan. Ketika Kiki sedang di puncak, maka energi yang dimiliki adalah....
- I. Satuan energi menurut sistem internasional (SI) adalah ....
- J. Sebuah mobil-mobilan yang terbuat dari kulit jeruk bergerak dengan kelajuan  $0,5 \text{ m/s}$ . Jika massanya 800 gram, energi kinetik

mobil-mobilan tersebut adalah ....

- K. Pada saat buah apel jatuh dari pohonnya, besaran yang berkurang adalah ....
- L. Bermain yoyo merupakan salah satu penerapan dari energi potensial juga. Yang mempengaruhi energi potensial adalah kecuali....
- M. Permainan tradisional yang menerapkan materi daya adalah....
- N. Berikut ini yang bukan termasuk menghemat energi adalah....
- O. Selama 100 sekon Rara bermain dakon melakukan usaha sebesar 1.500 Joule. Daya tersebut adalah ....

B. Uraian

*Jawablah dengan tepat!*

1. Apakah yang dimaksud dengan:
  - a. Usaha
  - b. Energi
  - c. Daya
  - d. Energi mekanik
  - e. Sumber energi
2. Sebutkan sumber energi yang dapat diperbarui dan sumber energi yang tidak dapat diperbarui!
3. Batu bermassa 2 kg terletak di atap sebuah gedung pada ketinggian 20 m dengan percepatan gravitasi bumi  $10 \text{ m/s}^2$ . Berapa energi potensial batu tersebut?

4. Di Madura sering mengadakan festival karapan sapi karapan sapi dan gerobaknya bermassa 300 kg melaju dengan kecepatan 20 m/s. Berapa energi kinetik karapan sapi tersebut?
5. Seorang anak berlari menaiki tangga rumahnya setinggi 6 m. Apabila massa anak tersebut 35 kg dan waktu yang diperlukan untuk menaiki tangga 5 sekon, tentukan daya anak tersebut!

## Daftar Pustaka

- Abdullah, Mikrajudin, *Fisika Dasar I (Edisi Revisi)*, Bandung: Penerbit ITB, 2007. Agus Krisno, Moch, dkk., *Ilmu Pengetahuan Alam:SMP/MTs Kelas VIII*, Jakarta:
- Bueche, Frederick J dan Hecht, Eugene. 2006. *Fisika Universitas Edisi kesepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- Farchani Rosyid, Muhammad. 2008. *Kajian Konsep Fisika 2 untuk Kelas XI SMA Dan MA*. Surakarta: PT Tiga Serangkai Mandiri.
- Giancoli, Douglas C, *Fisika*, Jakarta: Erlangga, 2001.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika/Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Giancolli, D. C. 2001. *Fisika edisi ke 5 (jilid 1)*. Jakarta: Erlangga .
- Henry G, dkk., *IPA untuk SMP/MTs Kelas VIII SMP/MTs*, Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
- Husna M, A. 2009. *100+ Permainan Tradisional Indonesia untuk Kreativitas, Ketangkasan, dan Keakraban*. CV Andi Offset: Yogyakarta.
- Kanginan, M. 2007. *Seribu Pena Fisika (untuk siswa SMA/MA kelas XI)*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- Karim, Saeful, dkk., *Belajar IPA Membuka Cakrawala Alam Sekitar*, Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Paul A., Tipler, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jakarta: Erlangga, 2001.
- Prasodjo, Budi, dkk., *Teori dan Aplikasi Fisika SMP Kelas VIII*, Bogor: PT Ghalia Indonesia Printing, 2006.

- Purwanto dan Azam M. 2016. *Fisika 1 (untuk kelas X SMA/MA)*. Solo: PT Wangsa JatraLestari.
- Purwanto, Budi, *Semesta Fenomena Fisika*, Solo: PT Tiga Serangkai. Pustaka Mandiri, 2015.
- Purwoko dan Fendi. 2010. *Fisika 2 SMA Kelas XI*. Jakarta: Yudhistira.
- Raharja, Bagus,Dkk . 2013. *Fisika 1A SMA Kelas X*. Jakarta: Yudhistira.
- Purwoko,IPA*Terpadu SMP Kelas VIII*, Jakarta: Yudhistira, 2009.
- Pusat Perbukuan Departemen PendidikanNasional, 2008.
- Rosyid, M. F. 2015. *Fisika Dasar jilid I: Mekanika*. Yogyakarta: Periuk.
- Rosyid, Muhammad Farchani, *Fisika Dasar Jilid I*, Yogyakarta: Periuk, 2015.
- Wijaya, Agus, *IPA Terpadu VIII B*, Jakarta: Grasindo, 2008.
- Sunardi,etc al. 2016. *Fisika (untuk siswa SMA/MA kelas X)*. Bandung: Yrama Widya
- Tipler, P. A. 1998. *Fisika (untuk sains dan teknik)*. Jakarta: Erlangga.
- Taranggono, Agus dan Subagya, Hari. 2007. *Sains Fisika 2 SMA/MA Kelas XI*. Jakarta:PT Bumi Aksara.
- Tjia, M. O.1994. *Gelombang*. Solo: DABARA PUBLISHERS.

## KUNCI JAWABAN EVALUASI 1

### A. Pilihan Ganda

- |      |       |
|------|-------|
| 1. E | 9. A  |
| 2. C | 10. B |
| 3. B | 11. E |
| 4. B | 12. C |
| 5. D | 13. B |
| 6. C | 14. B |
| 7. C | 15. B |
| 8. A |       |

### B. Uraian

1. Diketahui :  $L = 1,5 \text{ m}$   
 $A = 2 \text{ mm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$   
 $E = 3 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$   
 $\Delta L = 2 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Ditanya :  $F = \dots?$

Jawab :

$$E = \frac{F \cdot L}{A \cdot \Delta L}$$

$$3 \cdot 10^{11} = \frac{F \cdot 15}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}$$

$$3 \cdot 10^{11} = \frac{F \cdot 15}{4 \cdot 10^{-8}}$$

$$12 \cdot 10^2 = F \cdot 15$$

$$F = \frac{12 \cdot 10^2}{15}$$

$$F = 8 \cdot 10^2 \text{ N (skor = 20)}$$

2. Diketahui :  $k_1 = 100 \text{ N/m}$

$$k_2 = 150 \text{ N/m}$$

$$\Delta x = 5 \text{ cm}$$

Ditanya :  $F = \dots?$

Jawab :

$$k_{\text{gab}} = 100 + 150 = 250 \text{ Nm}^{-1}$$

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$F = 250 \cdot 5 \cdot 10^{-2}$$

$$F = 7,5 \text{ N (skor = 20)}$$

3. Diketahui :  $\Delta x_1 = 20 \text{ cm}$

$$F_1 = 40 \text{ N}$$

$$F_2 = 8 \text{ N}$$

Ditanya :  $\Delta x_2 = \dots?$

Jawab :

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

$$k_1 = k_2$$

$$\frac{F_1}{\Delta x_1} = \frac{F_2}{\Delta x_2}$$

$$\Delta x_2 = \frac{20 \cdot 8}{40}$$

$$\Delta x_2 = \frac{160}{40}$$

$$\Delta x_2 = 4 \text{ cm (skor = 20)}$$

4. Diketahui :  $x = 4 \text{ cm}$

$$\Delta x = 10 \text{ cm}$$

$$m = 200 \text{ gram} = 0,2 \text{ kg}$$

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

Ditanya :  $E_p = \dots?$

Jawab :

$$F = m \cdot g$$

$$F = 0,2 \cdot 10$$

$$F = 2N$$

$$E_p = \frac{1}{2} F \cdot \Delta x$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 0,1$$

$$E_p = 0,01 \text{ Joule (skor = 20)}$$

5. Diketahui : 3 buah pegas

Ditanya : Perbandingan pertambahan panjang jika disusun seri dan paralel

Jawab :

$$k_{seri} = \frac{1}{3k}$$

$$k_{par} = 3k$$

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{F}{k}$$

$$\Delta x_{seri} = \Delta x_{par}$$

$$\frac{F_{seri}}{k_{seri}} = \frac{F_{par}}{k_{par}}$$

$$\frac{1}{\left(\frac{1}{3k}\right)} = \frac{1}{3k}$$

$$3k = \frac{1}{3k}$$

$$3 = \frac{1}{3}$$

$$9 = 1$$

Perbandingan pertambahan panjang yaitu 9 : 1

(skor 20)

## Sistem Penilaian

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Skor PG} + \text{Skor Essay}}{2}$$

Skor Akhir	Predikat
80-100	A (Sangat Baik)
70-79	B (Baik)
60 - 69	C (Cukup)
< 60	D (Kurang)

## KUNCI JAWABAN EVALUASI 2

### A. Pilihan Ganda

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. E  | 11. E |
| 2. B  | 12. C |
| 3. D  | 13. C |
| 4. A  | 14. D |
| 5. C  | 15. E |
| 6. C  | 16. D |
| 7. D  | 17. E |
| 8. D  | 18. A |
| 9. D  | 19. D |
| 10. A | 20. B |

### B. Uraian

1. Diketahui :  $m = 5\text{ kg}$   
 $v_1 = 2\text{ m/s}$   
 $v_2 = 6\text{ m/s}$

Ditanya :  $p = \dots?$

Jawab :

$$p = m \cdot \Delta v$$

$$p = 0,5 (-6 - 2)$$

$$p = -4$$

$$p = -4 \text{ kh. m/s (skor=5)}$$

2. Diketahui :  $v_1 = 8 \text{ m/s}$

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

$$v_2' = 5 \text{ m/s}$$

Ditanya :  $v_1' = \dots?$

Jawab :

$$mv_1 + mv_2 = mv_1' + mv_2'$$

$$8 + (-10) = v_1' + 5$$

$$v_1' = -2 - 5$$

$$v_1' = -7 \text{ m/s (skor = 7)}$$

3. Diketahui :  $v_a = 30 \text{ m/s}$

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

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

$$e = 0,5$$

Ditanya :  $v_a' = \dots?$

$$v_b' = \dots?$$

Jawab :

$$e = \frac{(v_a' - v_b')}{v_a - v_b}$$

$$0,5 = \frac{(v'_a - v'_b)}{30 - (-20)}$$

$$0,5 = \frac{(v'_a - v'_b)}{30 - (-20)}$$

$$-(v'_a - v'_b) = 25 \dots\dots(1)$$

$$mv_a + mv_b = mv'_a + mv'_b$$

$$30 + (-20) = v'_a + v'_b$$

$$v'_a + v'_b = 10 \dots\dots(2)$$

Persamaan 2 dikurangi Persamaan 1

$$v'_a + v'_b = 10$$

$$-v'_a + v'_b = 25$$

---

$$2v'_b = 35$$

$$v'_b = 17,5 \text{ m/s}$$

Substitusi

$$v'_a + v'_b = 10$$

$$v'_a + 17,5 = 10$$

$$v'_a = -7,5 \text{ m/s (skor=20)}$$

4. Diketahui :  $m_a = 2 \text{ kg}$

$$m_b = 3 \text{ kg}$$

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

$$v_b = 5 \text{ m/s}$$

Ditanya :  $v' = \dots?$

Jawab :

$$m_a v_a + m_b v_b = (m_a + m_b) v'$$

$$2 \cdot 10 + 3 \cdot (-5) = (2 + 3) v'$$

$$-5 = 5v'$$

$$v' = 1$$

$$v' = 1 \text{ m/s (skor=8)}$$

5. Diketahui :  $h_1 = 4 \text{ m}$

$$e = 0,5$$

Ditanya :  $h_2 = \dots?$

Jawab :

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

$$0,5^2 = \frac{h_2}{4}$$

$$h_2 = 1$$

$$h_2 = 1 \text{ meter (skor= 10)}$$

Cocoklah jawaban Anda dengan kunci jawaban. Dan hitunglah hasil skor Anda dengan rumus dibawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan pada materi momentum impuls dan tumbukan.

$$\text{tingkat penguasaan} = \frac{\text{jumlah skor}}{70} \times 100\%$$

<b>Kategori tingkat penguasaan (TP)</b>	
$90 < TP \leq 100 =$ Baik Sekali	$70 < TP \leq 80 =$ Cukup
$80 < TP \leq 90 =$ Baik	$TP \leq 70 =$ Kurang

## KUNCI JAWABAN EVALUASI 3

### A. Pilihan Ganda

- |      |       |
|------|-------|
| 1. B | 9. B  |
| 2. A | 10. A |
| 3. A | 11. A |
| 4. D | 12. D |
| 5. C | 13. A |
| 6. C | 14. A |
| 7. B | 15. B |
| 8. A |       |

### B. Uraian

- Pengertian dari
  - Usaha adalah berpindahnya suatu benda akibat adanya gaya yang berkerja.
  - Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (usaha).
  - Daya adalah usaha yang dilakukan oleh benda setiap sekon.
  - Energi mekanik adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial.
- Sumber energi adalah sesuatu yang menghasilkan energi.Sumber energi yang dapat diperbarui : bahan pangan, PLTA, aki, dan baterai. Sedangkan sumber energi yang tidak dapat diperbarui:

minyak bumi, batu bara, matahari.

3. Diketahui :  $m = 20 \text{ kg}$

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

$$h = 2 \text{ m}$$

Ditanya :  $W = \dots?$

Jawab :

$$W = m \cdot g \cdot h$$

$$W = 20 \cdot 10 \cdot 2$$

$$W = 400 \text{ Joule}$$

4. Diketahui :  $m = 300 \text{ kg}$

$$v = 20 \text{ m/s}^2$$

Ditanya :  $E_k = \dots?$

Jawab :

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

$$E_k = \frac{1}{2} 300 \cdot (20)^2$$

$$E_k = 60.000 \text{ Joule}$$

5. Diketahui :  $m = 35 \text{ kg}$

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

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

Ditanya :  $P = \dots?$

Jawab :

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

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$$

$$P = \frac{35 \cdot 10 \cdot 6}{5}$$

$$P = 420 \text{ Watt}$$

### Sistem Penilaian

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Skor PG} + \text{Skor Essay}}{2}$$

Skor Akhir	Predikat
80-100	A (Sangat Baik)
70-79	B (Baik)
60 - 69	C (Cukup)
< 60	D (Kurang)

## BIODATA PENULIS

Nama : Joko Budi Poernomo  
Lahir : Grobogan, 14 Februari 1976  
Alamat : Jl.Flamboyan Raya I No.99 A  
Karanggeneng Kelurahan  
Sumurejo Kecamatan  
Gunungpati Kota Semarang  
Email :  
joko\_budi\_poernomo@walisongo.ac.id



### **Riwayat Pendidikan:**

S1 IKIP N Semarang S1 Pendidikan Fisika/IPA

S2 UNNES Pendidikan IPA/ Konsentrasi Fisika



**PENERBIT WALISONGO PRESS**

## **FISIKA BERMUATAN KEARIFAN LOKAL**

*mengenal fisika dalam budaya yang  
sering dilakukan tanpa disadari*

**- ISBN -**