

# Unit 2

## MATERI ENERGI GELOMBANG

---

**Nana Djumhana  
Muslim**

### Pendahuluan

**P**endidikan IPA Unit 2 ini mengkaji ulang Pendidikan IPA yang berkaitan dengan dua elemen penting penyusun segala hal yang dapat diobservasi di alam semesta ini, dan mempelajari fenomena unik yang terkait dengan keduanya, yaitu gelombang. Dua elemen tersebut adalah materi dan energi.

Semua yang dapat diobservasi di sekitar kita pada umumnya menunjukkan eksistensinya sebagai materi. Ragam penampakan materi berubah dari suatu bentuk ke bentuk yang lain, dari suatu keadaan ke keadaan yang lain, dari satu fase ke fase yang lain, terjadi karena peran energi. Dengan kata lain, pada hakikatnya kealaman semua yang wujud di alam ini adalah hanya gabungan atau salah satu dari dua substansi alam: materi dan energi. Semua nampak berbeda, tapi hakikat kealamannya sama yaitu materi dan atau energi. Keberadaan manusia menjadi lebih dari sekedar materi dan energi. Manusia memang materi dan energi serta pada saat yang sama mempelajari serta memanfaatkan materi dan energi, termasuk di dalamnya masalah gelombang.

Tujuan pembelajaran Unit 2 adalah agar Anda memahami konsep-konsep dasar dari pengertian materi dan energi, perubahan materi dan energi, pengertian gelombang, sifat-sifat gelombang terutama gelombang cahaya dan bunyi. Setelah mempelajari materi ini Anda diharapkan memiliki kompetensi dasar dalam hal:

1. menjelaskan arti materi dan perubahannya;
2. membedakan perubahan materi jenis fisika dan kimia;
3. mendeskripsikan perubahan energi serta hubungannya dengan usaha;
4. menjelaskan arti gelombang;
5. menjelaskan sifat-sifat gelombang;

6. menghitung besaran-besaran gelombang.

Untuk membantu Anda mencapai tujuan tersebut, modul ini diorganisasikan menjadi tiga Kegiatan subunit, sebagai berikut:

1. KB 1 : Materi dan Perubahannya
2. KB 2 : Energi
3. KB 3 : Gelombang

Untuk membantu Anda dalam mempelajari Unit 2 ini, ada baiknya perhatikan beberapa petunjuk belajar berikut ini :

1. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan tukar pikiran dengan mahasiswa lain atau dengan tutor Anda.
2. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajari sumber-sumber lain yang relevan. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai sumber, termasuk dari internet.
3. Mantapkan pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan melalui kegiatan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lainnya atau teman sejawat.

Jangan dilewatkan untuk mencoba menjawab soal-soal yang dituliskan pada setiap akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui apakah Anda sudah memahami dengan benar kandungan bahan belajar ini.

**Selamat Belajar.**

# Subunit 1

## Materi dan Perubahannya

---

### Pengantar

**D**alam kehidupan sehari-hari kita senantiasa melihat adanya perubahan yang terjadi pada benda-benda atau materi di sekitar kita. Misalnya tanaman tumbuh menjadi besar, air menjadi es, kayu menjadi arang, dan lain-lain.

Secara garis besar perubahan yang terjadi di alam tersebut dapat digolongkan menjadi dua, yaitu perubahan fisik dan perubahan kimia. Perubahan fisika sifatnya tidak kekal, misal air setelah menjadi es dapat kembali jadi air, atau lilin yang mencair dapat menjadi padat kembali. Sedangkan pada perubahan kimia terbentuk zat baru yang sifatnya berbeda dari zat semula, dan hampir tak mungkin kembali lagi ke bentuk zat asal baik bentuk maupun sifatnya dan setiap perubahannya selalu disertai dengan efek panas.

Dengan memahami berbagai aspek perubahan materi, anda diharapkan memperoleh wawasan dan keuntungan ketika semua bentuk perubahannya memberikan manfaat yang berarti bagi anda.

### A. Materi

Anda telah memahami bahwa materi adalah sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruang; dan pada pembahasan terdahulu sudah dibahas pengertian massa sebagai ukuran kuantitas materi. Ada pun dalam mekanika, massa adalah ukuran ketahanan materi terhadap suatu gaya, yang ditandai dengan perubahan kecepatannya, sebagaimana dirumuskan oleh Newton:  $F = m a$ . Berdasarkan persamaan tersebut, massa dapat diukur dengan memberikan gaya  $F$  pada suatu materi dan diukur percepatannya. Tetapi sangat sulit membuat gaya yang konstan. Karena banyak gaya lain yang mengganggu, maka dipakai gaya gravitasi untuk menentukan massa:

$$W = m g$$

$$W = \text{gaya gravitasi (kg.m.s}^{-2}\text{)}$$

$$m = \text{massa (kg)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m.s}^{-2}\text{)}$$

Gaya gravitasi sering disebut berat (bobot). Gaya gravitasi bergantung pada jarak benda dengan pusat bumi, maka nilai  $W$  dan  $g$  di suatu tempat berbeda dengan di tempat lain sedangkan massa tetap ( $m = w/g$  tetap). Besar percepatan gravitasi di daerah khatulistiwa rata-rata adalah  $9,8 \text{ ms}^{-2}$ .

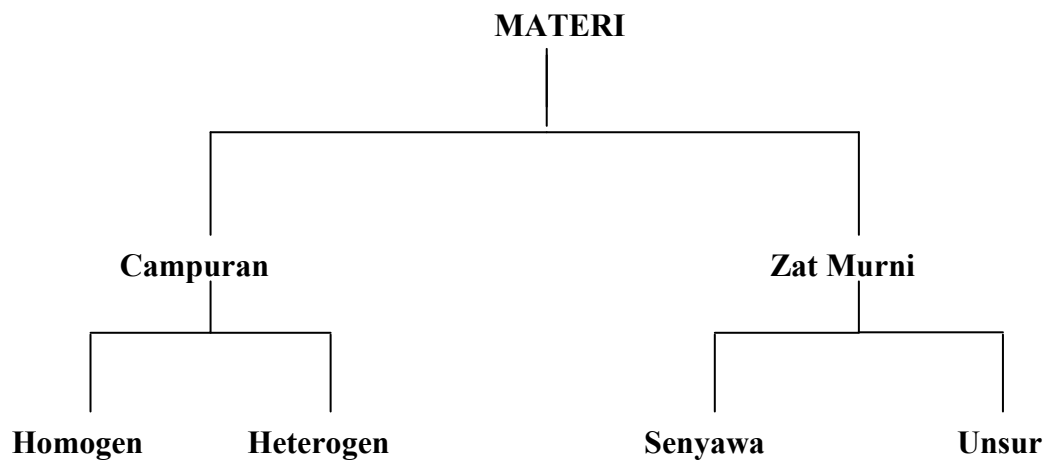
Materi dapat dikenali dari identitas atau sifat-sifatnya. Untuk menguji materi dan memahami apa yang terjadi dalam materi itu, kita harus dapat memeriksanya secara jelas. Secara umum materi dapat diperiksa sifat fisiknya melalui indera kita. Misalnya arang berwarna hitam dibanding kapur yang berwarna putih diperoleh melalui kesan penglihatan, kerasnya gelas dibanding dengan lembutnya busa diperoleh melalui kesan perabaan, dan sebagainya.

Ada dua macam sifat materi berdasarkan hubungannya dengan jumlah materi, yaitu:

1. Sifat intensif, yaitu sifat yang tidak bergantung pada jumlah materi. Contohnya titik didih, titik beku, index bias, suhu, kerapatan, rumus senyawa, wujud zat.
2. Sifat ekstensif, yaitu sifat yang bergantung pada jumlah materi. Contohnya massa, energi, mol, volume, massa jenis.

## B. Klasifikasi materi

Materi diklasifikasikan berdasarkan karakteristiknya. Misalnya, berdasarkan kekuatan menghantarkan panas atau menghantarkan arus listrik, materi diklasifikasikan sebagai *isolator* atau *konduktor*. Berdasarkan tingkat wujudnya dikenal adanya benda *padat*, *cair*, dan *gas*. Benda padat merupakan zat yang dapat menjaga bentuknya, gaya antar molekulnya cukup kuat untuk menjaga ketegaran zat itu. Benda cair, merupakan zat yang tidak menyebar ke seluruh ruang tetapi mudah berubah bentuknya. Sedangkan benda gas, merupakan zat yang tidak memiliki bentuk yang tetap, mudah menempati ruang. Adapun berdasarkan komposisinya materi diklasifikasikan sebagai berikut:

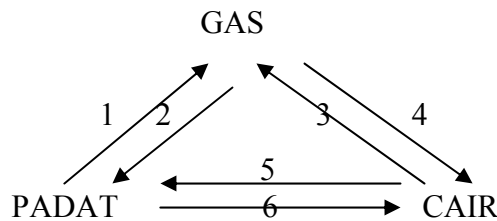


Gambar 2.1.  
Klasifikasi materi berdasarkan komposisinya

### C. Perubahan Materi

Karena pengaruh energi, komposisi materi dapat berubah dari suatu komposisi ke komposisi lainnya, atau dari suatu tingkat wujud ke tingkat wujud lainnya. Perubahan ini pun biasa dikategorikan ke dalam dua jenis: pertama *perubahan fisika* dan kedua *perubahan kimia*. Pada perubahan jenis pertama tidak terjadi pembentukan zat baru; artinya unsur-unsur penyusunnya tetap sama dengan zat semula; sebaliknya pada perubahan jenis kedua selalu terjadi zat yang benar-benar baru yang unsur-unsur penyusunnya berbeda dengan zat semula. Perubahan dari campuran ke zat murni atau sebaliknya serta perubahan tingkat wujud benda merupakan contoh perubahan fisika; sedangkan perubahan dari senyawa ke unsur atau sebaliknya merupakan contoh perubahan kimia. Perlu Anda pahami bahwa salah satu ciri perubahan fisika, perubahan tersebut bersifat *reversible*, dapat kembali ke komposisi semula walaupun tanpa melalui reaksi kimia. Ada pun pada perubahan kimia, kecuali dengan reaksi kimia benda yang telah berubah tidak dapat kembali (*irreversible*) ke komposisi semula.

Pada perubahan fisika, yaitu perubahan yang tidak menghasilkan zat baru, secara singkat contohnya adalah perubahan tempat, bentuk, ukuran, dan wujud benda (zat). Perubahan wujud zat digambarkan dalam skema berikut:



Gambar 2.2.  
Siklus perubahan tingkat wujud

*Keterangan:*

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| <i>1 = menyublim</i> | <i>4 = mengembun</i> |
| <i>2 = deposisi</i>  | <i>5 = membeku</i>   |
| <i>3 = menguap</i>   | <i>6 = melebur</i>   |

Agar anda memahami semua bentuk perubahan wujud zat, anda perhatikan contoh perubahan wujud zat sebagai berikut:

1. Menyublim, merupakan proses perubahan dari wujud padat menjadi gas, contoh kapur barus dibiarkan terbuka.
2. Deposisi, merupakan proses perubahan dari wujud gas menjadi padat tanpa melalui cair terlebih dahulu.
3. Menguap, merupakan proses perubahan dari wujud cair menjadi gas, contoh air dipanaskan.
4. Mengembun, merupakan proses perubahan dari wujud gas menjadi cair, contoh uap air didinginkan.
5. Membeku, merupakan proses perubahan wujud zat cair menjadi padat, contoh air didinginkan hingga menjadi es.
6. Melebur, merupakan proses perubahan wujud zat padat menjadi cair, contoh es terkena panas matahari menjadi air.

Sehubungan dengan perubahan komposisi zat khususnya yang termasuk ke dalam perubahan kimia, beberapa pengertian dasar jenis materi berdasarkan komposisinya secara sederhana dijelaskan sebagai berikut.

1. Unsur, adalah materi yang tidak dapat diuraikan dengan reaksi kimia menjadi zat yang lebih sederhana. Contoh, hidrogen, oksigen, besi, belerang, tembaga. Partikel-partikel unsur disebut atom.
2. Senyawa, adalah materi yang dibentuk dari dua unsur atau lebih dengan perbandingan tertentu. Contoh, air, asam asetat, etanol, karbondioksida.
3. Partikel-partikel senyawa disebut molekul. Molekul dapat terdiri dari satu jenis unsur atau lebih. Contoh, molekul gas oksigen ( $O_2$ ), molekul Air ( $H_2O$ ).

4. Campuran homogen, adalah campuran dua atau lebih zat tunggal, dengan perbandingan sembarang, dimana semua partikelnya menyebar merata sehingga membentuk satu fasa. Fasa adalah keadaan zat yang sifat dan komposisinya sama antara satu bagian dengan bagian lain di dekatnya. Contoh campuran yang membentuk satu fasa adalah larutan.
5. Contoh: campuran gula dengan air (larutan gula), garam dengan air (larutan garam), alkohol dengan air (larutan alkohol).
6. Campuran heterogen, adalah campuran dua atau lebih zat tunggal, dengan perbandingan sembarang, dimana partikel-partikelnya tidak merata sehingga komposisi di berbagai bagian tidak merata dan membentuk lebih dari satu fasa. Contohnya campuran air dengan minyak tanah, jika dikocok maka minyak akan menyebar dalam air berupa gelembung-gelembung. Gelembung berisi minyak dan lainnya adalah air, jadi ada bidang batas antara minyak dengan air sehingga terbentuk dua fasa.

Di antara jenis-jenis zat berdasarkan komposisinya dapat terjadi *perubahan kimia*, yaitu perubahan yang menghasilkan zat baru karena terjadi perubahan struktur zat tersebut.

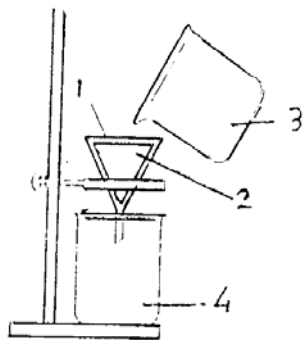
Contoh perubahan kimia banyak kita temukan dalam kehidupan sehari-hari dan ada di sekitar lingkungan kita, contohnya :

1. Fermentasi (peragian), misalnya pada pembuatan tape, pembuatam tempe, dan oncom.
2. Dekomposisi (pembusukan), misalnya pada pembusukan sampah, nasi menjadi basi, susu menjadi asam dan sebagainya.
3. Sintesis (pembentukan senyawa), misalnya pembentukan senyawa gula pada fotosintesis tanaman.
4.  $6 \text{CO}_2 (g) + 6 \text{H}_2\text{O} (l) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (aq) + 6 \text{O}_2 (g)$
5. *g, l, aq* yang dituliskan dalam reaksi tersebut menyatakan fase zat: gas, larutan, dan cairan.
6. Analisis (penguraian senyawa), misalnya penguraian senyawa gula menjadi gas karbondioksida dan uap air pada respirasi tanaman.
7.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (aq) + 6 \text{O}_2 (g) \rightarrow 6 \text{CO}_2 (g) + 6 \text{H}_2\text{O} (g)$
8. Oksidasi, merupakan proses bereaksinya suatu zat dengan oksigen, misal proses pembentukan karat pada logam besi.

Sedangkan contoh *perubahan fisika* adalah pemisahan unsur-unsur campuran larutan secara fisika. Pemisahan ini sangat bergantung kepada jenis, wujud, dan sifat-sifat komponen yang akan dipisahkan.

Ada beberapa cara pemisahan campuran secara fisika, yaitu:

1. Dekantasi, yaitu pemisahan zat padat dari zat cair yang saling tidak larut pada suhu tertentu dengan cara menuangkan zat cairnya.
2. Penyaringan, yaitu pemisahan zat padat dari zat cair dengan menggunakan media kertas. Perhatikan gambar berikut :

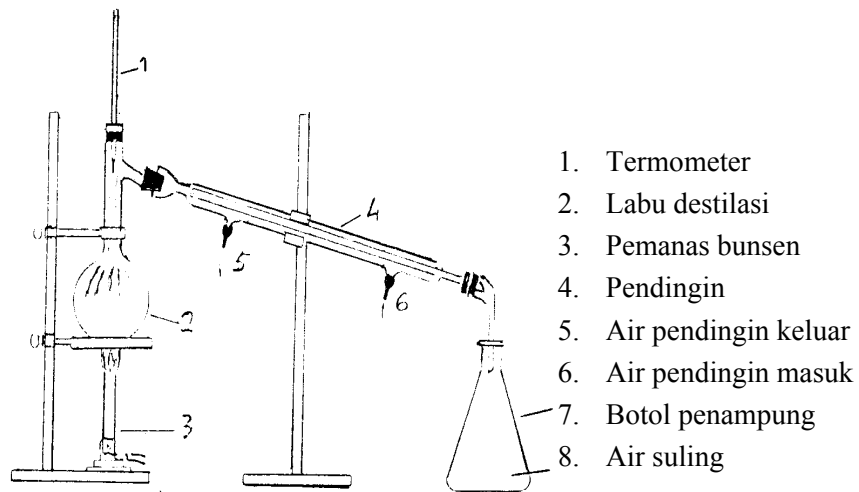


9. Corong
10. Kertas saring
11. Campuran heterogen
12. Campuran homogen

Gambar 2.3.  
Proses penyaringan

3. Destilasi, yaitu pemisahan dua atau lebih zat cair berdasarkan perbedaan titik didihnya yang cukup besar. Contohnya adalah pemisahan campuran air dan etanol, dimana pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm, titik didih air 100°C sedangkan alkohol 78°C.

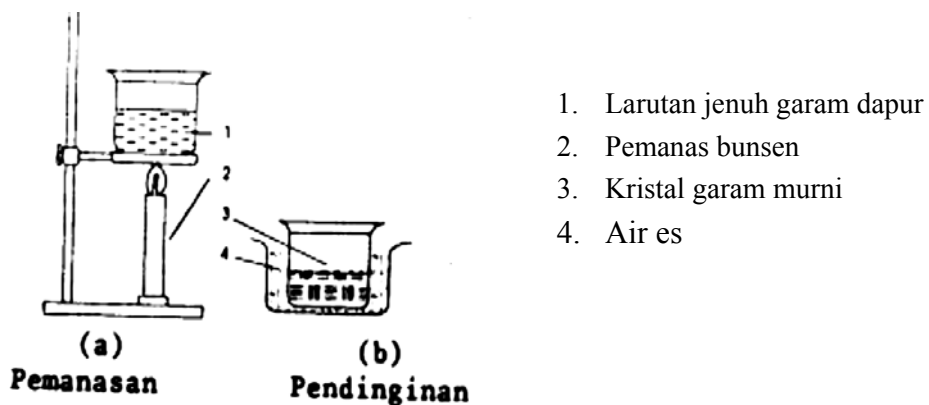




1. Termometer
2. Labu destilasi
3. Pemanas bunsen
4. Pendingin
5. Air pendingin keluar
6. Air pendingin masuk
7. Botol penampung
8. Air suling

Gambar 2.4.  
Proses destilasi

- d. Rekrystalisasi, yaitu pemisahan berdasarkan perbedaan titik beku komponen campuran. Sebaiknya komponen yang akan dipisahkan berwujud padat dan lainnya cair pada suhu kamar. Contohnya pemisahan garam dari larutan garam dalam air. Larutan dipanaskan perlahan-lahan sampai tepat jenuh, kemudian dibiarkan dingin dan garam akan mengkristal, lalu disaring.



1. Larutan jenuh garam dapur
2. Pemanas bunsen
3. Kristal garam murni
4. Air es

Gambar 2.5.  
Proses kristalisasi

- e. Ekstraksi, yaitu pemisahan berdasarkan perbedaan kelarutan komponen campuran dalam pelarut yang berbeda. Syaratnya kedua pelarut yang dipakai

tidak bercampur. Contoh pelarut untuk ekstraksi adalah air – minyak, air – kloroform. Misalnya pemisahan campuran A dan B dengan pelarut X dan Y.

## Latihan

Untuk mengetahui pemahaman Anda terhadap materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Apa yang dimaksud dengan materi ? Berikan contoh materi yg berwujud padat, cair dan gas !
2. Faktor apa yang menyebabkan terjadinya perubahan fisik ? Berikan contohnya!
3. Apa saja yang termasuk kepada sifat fisik materi ?
4. Mengapa sayur atau nasi bisa menjadi basi ?
5. Apa yang dimaksud dengan reaksi kimia ?

## Pedoman Jawaban Latihan

Untuk menjawab pertanyaan latihan, sebaiknya anda perhatikan rambu-rambu jawaban berikut ini

1. Materi merupakan segala sesuatu yang mempunyai masa dan menempati ruang. Materi berwujud padat, misalnya buku, meja, kursi dan sebagainya. Contoh materi berwujud cair adalah minyak tanah, bensin, air minum dan sebagainya. Sedangkan yang berwujud gas adalah udara, oksigen, hidrogen dan sebagainya.
2. Faktor yang menyebabkan perubahan fisik adalah perubahan wujud, pelarutan, perubahan bentuk, aliran listrik. Contoh untuk perubahan wujud adalah air berubah menjadi padat. Contoh untuk perubahan fisik karena pelarutan adalah pelarutan gula dalam air. Contoh untuk perubahan bentuk karena perubahan bentuk adalah kayu lapis diubah menjadi lemari.
3. Yang termasuk kepada sifat fisik materi adalah warna, bentuk, bau, rasa, serta tetapan fisik lainnya seperti titik didih, titik beku dan sebagainya.
4. Disebabkan oleh adanya proses dekomposisi (pembusukan) bakteri yang menguraikan sayuran dan nasi tersebut.
5. Reaksi kimia disebut juga perubahan kimia, yaitu perubahan materi yang menghasilkan zat baru.

## Rangkuman

Materi adalah sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruang; dan massa sebagai ukuran kuantitas materi. Ada pun dalam mekanika, massa adalah ukuran ketahanan materi terhadap suatu gaya, yang ditandai dengan perubahan kecepatannya, sebagaimana dirumuskan oleh Newton:  $F = m a$ .

Materi dapat dikenali dari identitas atau sifat-sifatnya. Untuk menguji materi dan memahami apa yang terjadi dalam materi itu, maka kita harus dapat memeriksanya secara jelas. Secara umum materi dapat diperiksa sifat fisiknya melalui indera kita. Misalnya arang berwarna hitam dibanding kapur yang berwarna putih diperoleh melalui kesan penglihatan, kerasnya gelas dibanding dengan lembutnya busa diperoleh melalui kesan perabaan, dan sebagainya.

Materi tersebut dapat berubah dari suatu komposisi ke komposisi lainnya, atau dari suatu tingkat wujud ke tingkat wujud lainnya. Perubahannya dikategorikan ke dalam dua jenis: (1) *perubahan fisika* dan (2) *perubahan kimia*.

## Tes Formatif 1

### Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Secara konseptual materi adalah ....
  - A. memiliki masa dan volume
  - B. memiliki volume dan menempati ruang
  - C. menempati ruang dan memiliki masa
  - D. memiliki masa dan berat
2. Bentuknya berubah-ubah dan volumenya selalu menempati ruangan yang tersedia. Ini merupakan sifat dari .....

  - A. air
  - B. oksigen
  - C. pasir
  - D. spirtus.

3. Berikut ini adalah sifat dari partikel zat padat, kecuali .....

  - A. letaknya sangat berdekatan
  - B. susunannya sangat teratur
  - C. kohesinya sangat kuat
  - D. geraknya sangat bebas

4. Sifat intensif dari materi adalah tidak tergantung pada jumlah materi, contohnya adalah ....

  - A. titik didih
  - B. titik beku
  - C. wujud zat
  - D. masa jenis

5. Yang termasuk kepada contoh rekristalisasi adalah .....

  - A. pemisahan campuran air dan etanol
  - B. pemisahan garam dari larutan garam dalam air.
  - C. proses bereaksinya suatu zat dengan oksigen
  - D. penguraian senyawa gula menjadi gas karbondioksida

6. Materi yang tidak dapat diuraikan dengan reaksi kimia menjadi zat yang lebih sederhana adalah ....

  - A. atom
  - B. senyawa
  - C. unsur
  - D. partikel

7. Air gula dan air garam termasuk kepada ....

  - A. senyawa
  - B. campuran homogen
  - C. campuran heterogen
  - D. campuran

8. Perubahan wujud zat dari padat menjadi gas adalah.....

  - A. mendidih
  - B. menyublim
  - C. mengembun
  - D. membeku

9. Yang termasuk kepada perubahan kimia adalah sebagai berikut, *kecuali*
- A. besi berkarat
  - B. kayu terbakar
  - C. fotosintesis
  - D. kertas digunting
10. Pemisahan campuran air dan etanol, termasuk kepada .....
- A. penyaringan
  - B. destilasi
  - C. rekristalisasi
  - D. ekstraksi

### Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat pada bagian akhir unit ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar. Gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Subunit 1.

Rumus:

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90 – 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 – 79% = cukup

< 70% = kurang

Bila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat melanjutkan dengan Subunit 2. **Selamat untuk Anda !** Tetapi apabila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mempelajari kembali Subunit 1 terutama bagian yang belum Anda kuasai.

## Subunit 2

# Energi

---

### Pengantar

Kita menyadari bahwa energi merupakan kebutuhan yang esensial bagi kehidupan manusia bahkan semua makhluk hidup. Manusia sebagai salah satu makhluk hidup memerlukan energi, tidak saja digunakan untuk melakukan kegiatan seluruh sistem organ dalam tubuhnya, tetapi juga digunakan untuk mencari makan dan melakukan berkembangbiakan.

Apa yang disajikan dalam subunit ini, merupakan konsep dasar dan contoh-contoh sederhana, mudah diserap oleh calon guru SD, sehingga akhirnya memiliki wawasan yang cukup luas dan mendasar tentang energi dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

### A. Konsep Energi

Apakah yang dimaksud dengan energi ? Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Sebuah benda dapat dikatakan mempunyai energi bila benda itu menghasilkan gaya yang dapat melakukan usaha atau kerja.

Anda semua tentunya telah sering mendengar dan paham istilah *energi* atau *tenaga*; suatu besaran turunan yang memiliki satuan *Joule* atau *erg*. Kita tahu, bahwa kita mampu melakukan sesuatu karena kita memiliki sejumlah energi. Energi yang kita miliki itu berasal dari mana? Bagaimana cara mendapatkannya?

Tanpa energi kita tidak mampu bekerja, bergerak, berpikir dan bahkan mungkin tidak mampu menarik nafas. Demikian juga makhluk dan benda-benda di alam ini tidak akan mengalami perubahan jika tidak ada energi. Oleh karenanya para ahli sains mendefinisikan energi sebagai *kemampuan melakukan usaha*. Setiap materi pasti mengalami perubahan; dengan demikian setiap materi mengandung dan terkait dengan energi. Bila materi berubah akan disertai perubahan energi, maka energi adalah sesuatu yang menyertai perubahan materi. Jika energi yang dikandung materi sebelum perubahan lebih besar dari sesudahnya, maka akan keluar sejumlah energi, dan peristiwa itu disebut eksotermik. Sebaliknya, jika energi materi sebelum perubahan lebih kecil dari

sesudahnya, maka akan diserap sejumlah energi, dan peristiwa itu disebut endotermik.

Energi berasal dari suatu sumber energi, energi panas bisa berasal dari matahari, api, nyala lilin. Matahari merupakan sumber energi yang paling utama bagi kehidupan di Bumi. Misalnya, Matahari (energi cahaya) berperan pada pembuatan makanan bagi tumbuhan, selanjutnya, tumbuhan merupakan makanan bagi kehidupan makhluk hidup lainnya.

## B. Bentuk Energi dan Perubahannya

Di alam ini tidak ada makhluk yang dapat menciptakan dan memusnahkan energi, atau dengan kata-kata yang populer "energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan". Yang terjadi di alam hanya perubahan energi dari suatu bentuk ke bentuk lainnya. Perubahan yang menyertai materi sebenarnya menjelaskan esensi energi sebagai kemampuan melakukan kerja (usaha). Melakukan usaha artinya melakukan perubahan, antara lain perubahan posisi, perubahan bentuk, perubahan ukuran, perubahan suhu, perubahan gerak, perubahan wujud dan perubahan struktur kimia suatu zat.

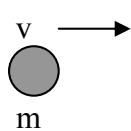
Pada dasarnya ada dua macam bentuk energi, yaitu energi potensial dan energi kinetik, kedua energi tersebut merupakan energi mekanik. Namun ada juga energi yang memiliki sumber berbeda.

### 1. Energi kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda yang bergerak. Besarnya energi kinetik suatu benda bergantung pada massa dan kecepatan benda benda tersebut.

Benda bermassa  $m$  bergerak horizontal dengan kecepatan  $v$

maka  $E_k$  benda:  $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

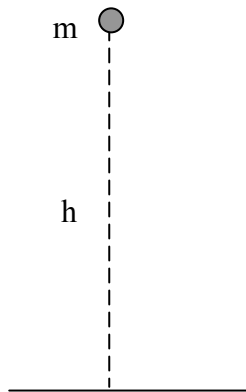


$E_k =$  energi kinetik (J)

$m =$  massa materi (kg)

$v =$  kecepatan gerak materi ( $\text{ms}^{-1}$ )

## 2. Energi potensial



Gambar 2.6.  
Benda dengan ketinggian  $h$   
dari permukaan Bumi

Energi potensial gravitasi adalah energi yang dikandung suatu materi berdasarkan tinggi rendah kedudukannya. Besarnya energi potensial bergantung pada massa dan ketinggian. Secara matematis hubungan tersebut ditulis:

$$E_p = m g h$$

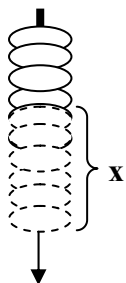
$E_p$  = Energi potensial (J)

$m$  = massa materi (kg)

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{ms}^{-2}$ )

$h$  = ketinggian dari bumi (m)

Selain energi potensial gravitasi juga dikenal energi potensial pegas. Energi ini dimiliki oleh benda yang dapat melentur seperti pegas atau busur panah. Pegas dan busur panah atau benda sejenis akan memiliki energi potensial jika benda itu direntangkan atau dicitutkan.



Gambar 2.7  
Pegas diregangkan  
sejauh  $x$

Jika sebuah pegas diregangkan oleh gaya  $F$  sejauh  $x$ , maka pegas tersebut akan memiliki energi potensial sebesar :

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2, \text{ atau } E_p = F \cdot x$$

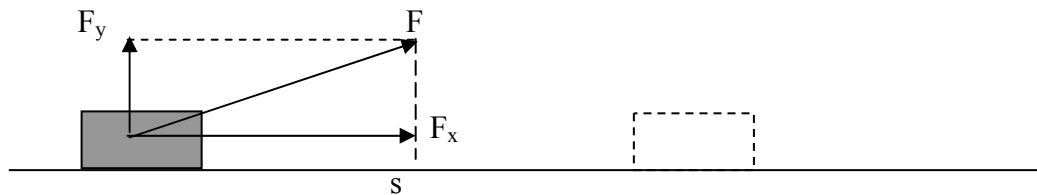
dimana  $F = \frac{1}{2} kx$  (gaya pegas),  $k$  = konstanta bahan pegas.

Baik pada energi potensial gravitasi maupun energi potensial pegas, perubahan energi potensial suatu benda selalu terkait dengan perubahan posisi (gerak) benda. Oleh karenanya terkait dengan energi kinetik benda tersebut. Jumlah energi kinetik dan energi potensial yang dimiliki suatu benda pada suatu saat disebut energi mekanik ( $E_m$ ). Bagi suatu benda, setiap saat berlaku hukum kekekalan energi mekanik  $E_k + E_p = \text{konstan}$ . Artinya jika benda mengalami kenaikan salah satu dari komponen energi mekanik ( $E_k$  atau  $E_p$ ) maka komponen lainnya mengalami penurunan. Contoh, jika benda dilempar vertikal, benda setiap saat mengalami



penurunan energi kinetik, maka pada saat yang sama benda tersebut mengalami penambahan (kenaikan) energi potensial. Mengapa?

Energi mekanik juga dapat dinyatakan dengan perubahan posisi benda karena pengaruh gaya (tarikan atau dorongan).



Gambar 2.8.  
Menggeser benda sejauh s dengan gaya F

Benda berupa balok ditarik oleh gaya F sebagaimana nampak pada gambar hingga sejauh s. Energi yang digunakan untuk usaha menggeser benda sejauh s dengan gaya sebesar F adalah  $W = F \cdot s$ . Dimana F adalah komponen gaya yang sejajar dengan arah perpindahan benda (s). Jika arah gaya (F) membentuk sudut  $\alpha$  dengan arah perpindahan (s) maka  $W = F \cos \alpha \cdot s$ .

Untuk mengukur kepehaman Anda coba hitung berapa energi yang digunakan seseorang yang menggeser benda secara horizontal sejauh 40 m. Gaya yang digunakan sebesar 60N dengan arah gaya membentuk sudut  $30^\circ$  dengan sumbu vertikal (sumbu y).

### 3. Energi panas (kalor)

Energi panas (kalor) adalah energi kinetik rata-rata gerakan partikel-partikel penyusun materi. Menggosok-gosokan suatu benda ke benda lainnya sebenarnya menjadikan gerakan partikel pada benda tersebut bertambah kecepatannya sehingga timbul panas. Sebaliknya, pemberian panas pada suatu benda dapat menyebabkan gerak partiel benda tersebut semakin cepat bahkan saling menjauh. Dalam pembahasan tentang kalor sering digunakan istilah *suhu*. Suhu adalah derajat panas suatu benda. Tetapi tidak secara langsung menunjukkan banyaknya panas benda tersebut. Suhu air dalam satu gelas mungkin sama dengan suhu air panas yang mengisi penuh sebuah termos, tetapi jumlah panasnya jelas berbeda. Kita hanya bisa memastikan bahwa materi yang suhunya lebih tinggi mempunyai energi kinetik rata-rata partikelnya lebih besar. Akibatnya energi panas akan berpindah dari benda bersuhu tinggi ke yang rendah. Besarnya energi yang mengalir dapat ditentukan dari

besarnya perubahan suhu, massa benda, dan kalor jenis. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang kalor dan suhu.

Kalor adalah energi yang diterima oleh sebuah benda sehingga suhu benda itu naik atau wujud benda berubah, atau energi yang dilepaskan oleh suatu benda sehingga suhu benda itu turun atau wujud benda berubah. Satuan energi untuk kalor biasanya dinyatakan dalam *kalori*. Satu kalori adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk memanaskan air 1 gram sehingga suhu naik  $1^{\circ}\text{C}$ , satu kilo kalori ialah banyaknya kalor yang diperlukan untuk memanaskan air 1 kilogram (kg) sehingga suhu naik  $1^{\circ}\text{C}$ .

a) *Kalor jenis dan Kapasitas kalor.*

Banyaknya kalor yang diterima oleh benda yang dipanaskan sebanding dengan massa benda itu, dan sebanding dengan kenaikan suhunya. Banyak kalor yang diberikan oleh benda yang didinginkan sebanding dengan massa benda dan sebanding dengan turunnya suhu benda. Dengan demikian jika  $Q$  menyatakan kalor yang diperlukan oleh  $m$  gram benda sehingga suhunya naik  $\Delta t$  maka :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Dimana :  $Q$  = kalor yang diperlukan (kalori)  
 $m$  = massa benda (gram)  
 $c$  = kalor jenis benda ( $\text{kalori} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )  
 $\Delta t$  = selisih/perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Dari rumus di atas kita dapat memahami bahwa kalor jenis suatu zat adalah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 gram zat tersebut setinggi 1 derajat Celcius.

Adapun kapasitas kalor ( $H$ ) adalah banyaknya kalor yang diperlukan oleh  $m$  gram benda sehingga suhu naik  $1^{\circ}\text{C}$ . Secara matematik dapat ditulis dalam bentuk rumus:

$$H = Q/\Delta t \quad \text{atau} \quad H = m \cdot c$$

b) *Azas Black.*

Pengukuran jumlah kalor yang dilepaskan dan diterima, ketika dua benda yang suhunya berbeda bercampur.

1. Jika dua benda saling bercampur, maka benda yang panas akan memberikan kalor kepada benda yang dingin, sehingga suhu kedua benda itu sama.
2. Jumlah kalor yang diserap oleh benda yang dingin, sama dengan jumlah kalor yang dilepaskan oleh benda yang panas.

3. Sebuah benda yang didinginkan akan melepaskan kalor yang sama banyaknya dengan kalor yang diserapnya, jika benda itu dipanaskan.

Dari hal di atas dapat disimpulkan bahwa prinsip dasar Azas Black adalah: *kalor yang diterima sama dengan kalor yang dilepaskan.*

#### 4. Energi Cahaya

Energi cahaya adalah energi yang dimiliki oleh gerakan foton dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Gelombang cahaya mempunyai frekuensi dan panjang gelombang tertentu, dengan kecepatan yang sama. Makin besar nilai panjang gelombang maka makin kecil frekuensi, dan sebaliknya.

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$\nu$  = frekuensi (Hz)  
 $c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )  
 $\lambda$  = panjang gelombang

*Menurut Planck, energi cahaya bergantung pada frekuensinya*

$$E_c = h \nu$$

$E_c$  = energi cahaya (J)  
 $h$  = tetapan Planck ( $6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ )

#### 5. Energi listrik

Energi listrik adalah energi yang diakibatkan oleh gerakan partikel bermuatan dalam suatu media (konduktor), karena adanya beda potensial antara kedua ujung konduktor. Besarnya energi listrik bergantung pada beda potensial dan jumlah muatan yang mengalir.

$$w = q E$$

$w$  = energi listrik (J)  
 $q$  = muatan yang mengalir (C)  
 $E$  = beda potensial listrik (V)

#### 6. Energi kimia

Energi kimia adalah energi yang dikandung suatu senyawa dalam bentuk energi ikatan antara atom-atomnya. Bila terjadi suatu reaksi kimia, perubahan energinya akan keluar berupa energi panas atau listrik. Jadi energi kimia adalah energi yang dihasilkan dalam reaksi kimia. Besarnya energi bergantung pada jenis dan jumlah pereaksi serta suhu dan tekanan.

## 7. Energi nuklir

Energi nuklir adalah energi yang terkandung dalam inti atom. Energi nuklir akan keluar bila suatu inti berubah menjadi inti lain. Besarnya energi nuklir bergantung pada jenis dan jumlah inti.

## C. Energi dan Usaha

Dalam kehidupan sehari-hari, usaha sering diartikan sebagai kegiatan untuk mencapai tujuan tertentu, menurut fisika usaha tidak terlepas dari gaya dan perpindahan. Bila gaya bekerja pada sebuah benda sehingga benda berpindah selama gaya bekerja, maka gaya tersebut melakukan usaha. Misal ketika kita mendorong meja kemudian meja berpindah, berarti kita melakukan usaha. *Rumusannya* :  $W = F s$

$$W = \text{usaha} \quad F = \text{gaya} \quad s = \text{perpindahan benda}$$

Terdapat hubungan antara usaha dengan energi, misalnya air memiliki energi untuk menghanyutkan kayu. Usaha pada dasarnya sama dengan perubahan energi yang terjadi. Oleh karena itu, satuan usaha sama dengan satuan energi, yaitu joule (J).

Ketika manusia mau memudahkan dalam melakukan usaha atau kerja, kemudian mempergunakan peralatan, maka semua peralatan tersebut dalam fisika disebut sebagai *pesawat*. Peralatan tidak selalu harus canggih, tetapi peralatan sederhana pun bisa disebut pesawat, misal sendok, obeng, sekrup, dan sebagainya. Karena peralatan yang digunakannya sederhana maka disebut *pesawat sederhana*.

Pesawat memberikan banyak keuntungan, antara lain dapat mengubah energi, mengurangi gaya, mempercepat pekerjaan, dan mengubah arah. Anda perhatikan penjelasannya sebagai berikut:

1. Mengubah energi. Dinamo dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dengan memutar dinamo, maka kita dapat memperoleh energi listrik. Turbin pada pembangkit tenaga listrik dapat mengubah energi air yang mengalir menjadi energi listrik
2. Mengurangi gaya. Tang merupakan alat yang digunakan untuk mencabut paku sehingga menjadi mudah. Penggunaan Tang akan mengurangi gaya yang diperlukan oleh kita untuk mencabut paku.
3. Mempercepat pekerjaan. Sepeda merupakan pesawat yang digunakan untuk memperoleh keuntungan kecepatan, sehingga kita menjadi lebih cepat sampai tujuan. Artinya sepeda dapat memperbesar kecepatan.

4. Mengubah arah. Katrol sering digunakan untuk mengerek bendera ketika menaikan atau menurunkannya dari tiang bendera, katrol tidak memberikan keuntungan gaya atau kecepatan, melainkan hanya mengubah arah gaya sepaya pekerjaan bisa menjadi lebih mudah.

## 1. Pesawat Sederhana

Coba perhatikan, anda akan mempelajari dan memahami pesawat sederhana, antara lain adalah tuas, katrol, roda bergandar, bidang miring, sekrup dan baji.

### a. Tuas

Tuas digunakan untuk mengangkat beban yang berat, contohnya linggis, kayu dan sebagainya. Caranya, dengan menaruh salah satu ujung linggis di bawah batu, kemudian ujung yang lain diangkat dan ditekan.



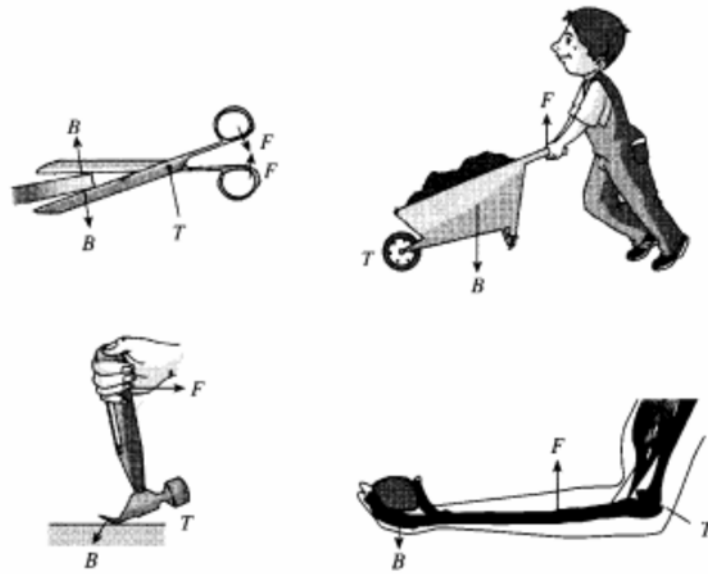
Gambar 2.9.  
Penggunaan Tuas

Titik T tempat tuas bertumpu disebut titik tumpu. Jarak dari titik T sampai ke garis kerja beban disebut *lengan beban* ( $l_b$ ). Jarak dari titik T sampai garis kerja gaya disebut *lengan kuasa* ( $l_k$ ). Beban adalah berat benda yang hendak diangkat, sedangkan kuasa adalah gaya yang diberikan kepada tuas.

Besarnya keuntungan pesawat dengan istilah keuntungan mekanik ( $K_m$ ), dengan rumus sebagai berikut :

$$K_m = \frac{\text{beban}}{\text{kuasa}} \text{ atau } K_m = \frac{\text{lengan kuasa}}{\text{lengan beban}}$$

Pesawat yang memiliki prinsip kerja seperti tuas, misalnya: gunting, gerobak dorong, roda gigi sepeda, alat dayung, lengan bawah dari lengan bawah kita

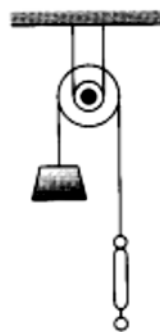


Gambar 2.10.  
Pesawat yang memanfaatkan asas Tuas

*b. Katrol*

Secara garis besar ada 2 jenis katrol, yaitu katrol tetap dan katrol bergerak. Katrol tetap bisa dipandang sebagai tuas. Keuntungan katrol tetap hanya dapat mengubah arah gaya. Keuntungan mekanik katrol tetap ditentukan oleh rumus.

$$Km = \frac{l_k}{l_b} = 1$$

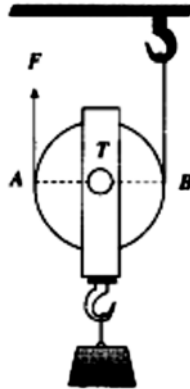


Gambar 2.11.  
Katrol Tetap

Bagaimana dengan katrol bergerak? Berapakah keuntungan mekanik bila menggunakan katrol bergerak? Pada katrol bergerak setiap kuasa hanya memikul

setengah dari berat beban. Keuntungan mekanik katrol bergerak adalah

$$K_m = \frac{\text{beban}}{\text{kuasa}} \text{ atau } K_m = \frac{2 \text{ lengan kuasa}}{\text{lengan beban}} = 2$$

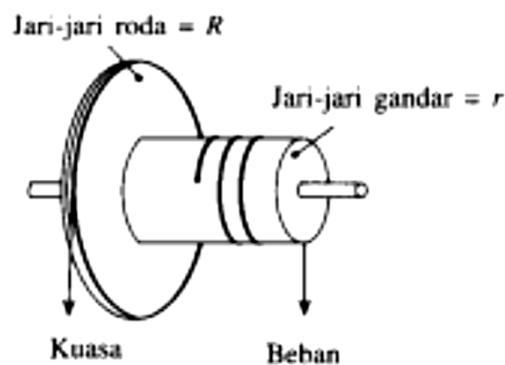


Gambar 2.12.  
Katrol Bergerak

c. Roda Bergandar

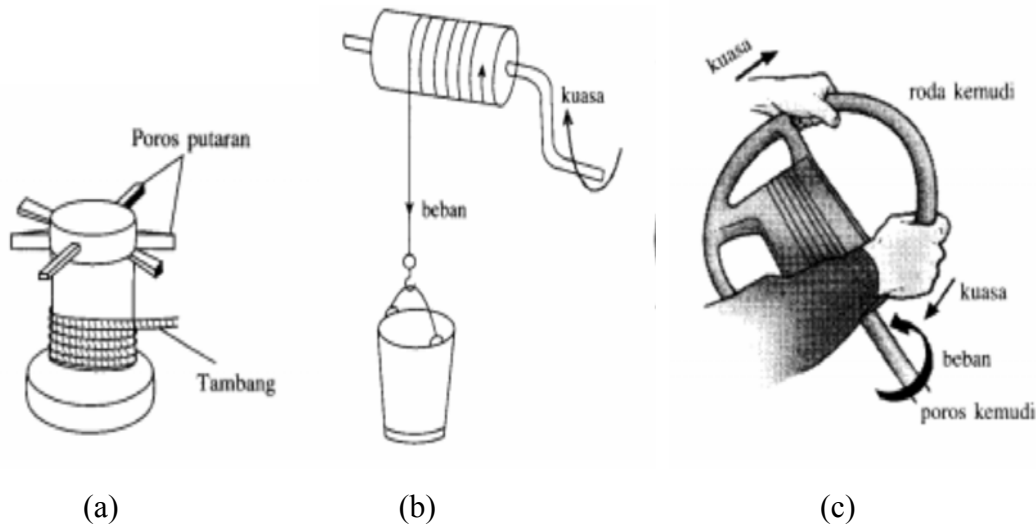
Roda bergandar memiliki sebuah roda atau pemutar yang dihubungkan dengan sebuah gandar yang juga bisa berputar. Diameter roda lebih besar dibandingkan diameter gandar. Keuntungan mekaniknya berupa gaya.

$$K_m = \frac{\text{beban}}{\text{kuasa}} = \frac{R}{r}$$



Gambar. 2.13.  
Roda Bergandar

Pesawat yang bekerja berdasarkan prinsip roda bergandar, misalnya kapstan, poros putaran dan kemudi mobil.



Gambar.2.14 .  
 (a) Kapstan, (b) Poros Putaran, (c) Kemudi Mobil

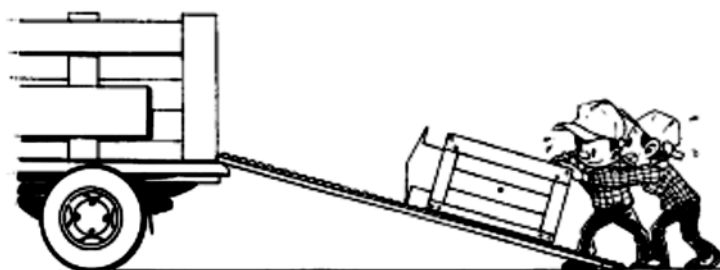
*d. Bidang Miring*

Penggunaan bidang miring hanya akan memudahkan usaha, tanpa mengurangi besarnya usaha yang harus dilakukan. Dengan menggunakan bidang miring, maka kuasa untuk menarik atau mendorong beban menjadi lebih kecil dibandingkan kalau beban harus diangkat langsung. Keuntungan mekanik dari penggunaan bidang miring dengan rumus :

$$Km = \frac{\text{panjangbidang}}{\text{tinggibidang}} = \frac{l}{h}$$

$h = \text{tinggi bidang miring}$

$l = \text{panjang bidang miring}$



Gambar 2.15.  
 Bidang Miring



## Latihan

Untuk mengetahui pemahaman Anda terhadap materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Sebutir mangga menggantung pada ketinggian 5 m di atas tanah. Bila masa buah mangga 200 g dan percepatan gravitasi 10 N/kg, tentukan energi potensialnya.
2. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Bila masa mobil itu 900 kg, tentukan energi kinetiknya ?
3. Sebuah takal terdiri dari 4 katrol, digunakan untuk menaikan beban seberat 800 N ke tempat yang tingginya 8 m. Misalkan gesekan antara katrol dengan tali diabaikan.
  - a. Berapakan keuntungan mekanik takal ?
  - b. Berapakah gaya yang diperlukan untuk menarik tali tersebut?
  - c. Berapakah usaha untuk mengangkat beban tersebut?

## Pedoman Jawaban Latihan

Setelah Anda menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, Anda dapat mencocokkan hasil jawaban Anda dengan pedoman di bawah ini.

### 1. Penyelesaian

$$h = 5 \text{ m} \quad m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg} \quad g = 10 \text{ N/kg}$$

Maka energi potensial yang dimiliki mangga adalah :

$$\begin{aligned} E_p &= mgh \\ &= 0,2 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} \times 5 \text{ m} \\ &= 10 \text{ J} \end{aligned}$$

### 2. Penyelesaian

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

$$M = 900 \text{ kg}$$

Energi kinetik mobil adalah :

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2}mv^2 \\ &= \frac{1}{2}(900 \text{ kg})(20 \text{ m/s})^2 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2}(900\text{kg})(400\text{m}^2 / \text{s}^2)$$

$$= 180.000 \text{ J}$$

3. Penyelesaian:

A. Keuntungan mekanik takal,  $Km = 4$

B. Gaya yang diperlukan untuk menarik takal

$$Km = \frac{\text{beban}}{\text{kuasa}}$$

$$4 = \frac{800}{F}$$

$$F = \frac{800}{4}$$

$$= 200 \text{ N}$$

C. Usaha untuk mengangkat beban adalah

$$W = w.h$$

$$= 800 \times 8$$

$$= 6400 \text{ J}$$

## Rangkuman

Energi adalah kemampuan melakukan usaha. Usaha yang dimaksud dalam definisi ini adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan perubahan. Misalnya, perubahan posisi (gerak), perubahan bentuk, perubahan wujud, perubahan struktur kimia, atau perubahan volume. Dalam berbagai perubahan tersebut energi pun turut mengalami perubahan bentuk tetapi tidak hilang atau berkurang. Hal ini dikenal dengan hukum kekekalan energi: di alam ini tidak ada makhluk yang dapat menciptakan dan memusnahkan energi.

Bentuk-bentuk energi yang populer dikenal adalah: energi kinetik pada benda yang bergerak, energi potensial yang dimiliki benda karena kedudukannya dari permukaan bumi atau karena kelenturan (elastisitas)nya, energi listrik karena benda bermuatan listrik, dan energi kimia karena adanya reaksi kimia. Semua bentuk energi ini dapat berubah satu terhadap lainnya. Misalnya energi listrik dapat berubah menjadi energi cahaya dan bunyi.

## Tes Formatif 2

**Pilihlah salah satu jawaban yang dianggap paling benar**

1. Benda yang memiliki energi dapat menghasilkan .....
  - A. perubahan pada benda tersebut
  - B. materi untuk membentuk suatu benda
  - C. gaya untuk melakukan kerja
  - D. gesekan untuk menghambat gaya
2. Energi yang terdapat pada suatu benda yang bergerak disebut .....
  - A. energi kimia
  - B. energi kinetik
  - C. energi potensial
  - D. energi cahaya
3. Perubahan energi yang terjadi ketika kita mendorong meja adalah .....
  - A. energi potensial menjadi energi kinetik
  - B. energi kimia menjadi energi kinetik
  - C. energi kimia menjadi energi gerak
  - D. energi gerak menjadi energi panas
4. Sepeda merupakan pesawat yang digunakan untuk memperoleh keuntungan kecepatan, sehingga kita menjadi lebih cepat sampai tujuan. Artinya sepeda tersebut .....
  - A. dapat mengurangi kecepatan
  - B. dapat menstabilkan kecepatan
  - C. dapat memperbesar kecepatan
  - D. dapat menormalkan kecepatan
5. Sebuah bohlam lampu yang masa 250 g terpasang pada langit-langit sebuah kamar. Tinggi langit-langit 3 m dan percepatan gravitasi 10N/kg. Energi potensial yang dimiliki oleh bohlam lampu adalah....
  - A. 750 J
  - B. 75 J
  - C. 7,5 J
  - D. 0,75 J

6. Energi kinetik yang dimiliki oleh sebuah benda makin besar, maka...
  - A. letaknya makin tinggi
  - B. percepatan gravitasi makin besar
  - C. jarak tempuhnya makin jauh
  - D. kecepatannya makin besar
  
7. Sebuah mobil dengan masa 1000 kg, kecepatan awalnya 10 m/dtk melaju hingga mencapai kecepatan 20 m/dtk dalam waktu 5 dtk. Berapakah gaya yang bekerja pada mobil ?
  - A. N
  - B. 7575 N
  - C. 2000 N
  - D. 8000 N
  
8. Sebuah batu dijatuhkan dari jembatan, dan menyentuh air 5 detik kemudian. Berapakah kecepatan akhirnya ?
  - A. 40 m/s
  - B. 15 m/s
  - C. 49 m/s
  - D. 27 m/s
  
9. Usaha yang dilakukan oleh suatu gaya bergantung pada.....
  - A. gaya dan perpindahan
  - B. kecepatan dan perpindahan
  - C. gaya dan percepatan
  - D. gaya dan kecepatan
  
10. Energi yang paling banyak kita gunakan ketika berolah raga adalah.....
  - A. energi kinetik
  - B. energi potensial
  - C. energi kimia
  - D. energi cahaya

## Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawab Tes Formatif 2 yang terdapat pada bagian akhir Unit ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar. Gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Subunit 2

Rumus:

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90 – 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 – 79% = cukup

< 70% = kurang

Bila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat melanjutkan dengan Subunit 3. **Selamat untuk Anda !** Tetapi apabila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mempelajari kembali Subunit 2 terutama bagian yang belum Anda kuasai.

## Subunit 3

# Gelombang

---

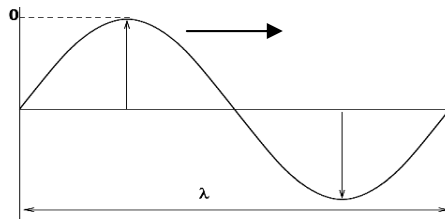
### Pengantar

**D**alam kehidupan sehari-hari kita sering melihat adanya gelombang air, baik air sungai, air kolam, maupun air laut. Apakah sebenarnya gelombang itu? Manusia selama kehidupannya tidak pernah luput dari lingkungan gelombang. Tidak saja gelombang yang dapat dilihat oleh mata, termasuk juga gelombang elektromagnetik yang tidak dapat kita lihat kecuali cahaya. Gelombang tersebut misalnya gelombang radio, gelombang televisi, dan sebagainya.

Gelombang elektromagnetik merambat tanpa memerlukan medium. Tetapi jenis gelombang lain yaitu gelombang mekanik (seperti gelombang air, gelombang pada tali, gelombang bunyi) rambatannya selalu memerlukan medium. Bunyi, misalnya, hanya dapat sampai ke pendengaran jika dihantarkan oleh medium. Dengan kata lain, menurut para ahli dan ilmuwan, seluruh jagad raya ini merupakan lautan gelombang maupun getaran yang mahahalus.

### A. Pengertian Gelombang

Cermati kembali pengalaman Anda saat Anda melihat aliran air sungai, saat bersantai di tepi danau atau saat berdiri di tepi pantai melihat laut. Kalau kita perhatikan aliran air sungai, riak air danau dan gerakan ombak di lautan terdapat kesamaan-kesamaan gerakan perpindahan air yang membentuk lekukan naik dan lekukan turun yang bergerak menuju arah tertentu. Riak atau gerak permukaan air yang membentuk lekukan turun naik tersebut sering kita namakan gelombang air. Bila kita amati secara seksama lekukan naik mempunyai sebuah puncak (gunung) dan pada lekukan turun mempunyai sebuah lembah. Sehingga semua gelombang mempunyai puncak dan lembah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 2.16.  
Gelombang terdiri dari puncak dan lembah

Bentuk gelombang yang mencakup satu gunung dan satu lembah disebut *satu gelombang*. Sedang jarak yang dibentuk oleh satu puncak dan satu lembah disebut *satu panjang gelombang* ( $\lambda$ ). Waktu yang diperlukan untuk menempuh satu gelombang penuh disebut periode atau waktu getar ( $T$ ). Sedangkan jumlah gelombang yang terjadi dalam satu detik disebut frekuensi ( $f$ ). Hubungan antara besaran-besaran tersebut dapat kita tuliskan dalam bentuk persamaan:

$$f = 1/T \text{ atau } T = 1/f$$

$$\lambda = v \cdot T \text{ atau } \lambda = v/f$$

Dimana:

$f$  = frekuensi (banyaknya getaran tiap sekon, disebut Hertz, Hz)

$T$  = periode (sekon)

$v$  = cepat rambat gelombang (m/sekon)

$\lambda$  = panjang gelombang (meter)

Contoh: Sebuah stasiun pemancar memancarkan siaran dengan panjang gelombang 75m. Gelombang tersebut merambat dengan kecepatan  $3 \cdot 10^8$  m/s Berapakah frekuensi stasiun pemancar tersebut? Berapa periode gelombang dari pemancar tersebut? Jawaban:  $f = 4 \times 10^6$  Hz;  $T = 0,25 \times 10^{-6}$  sekon.

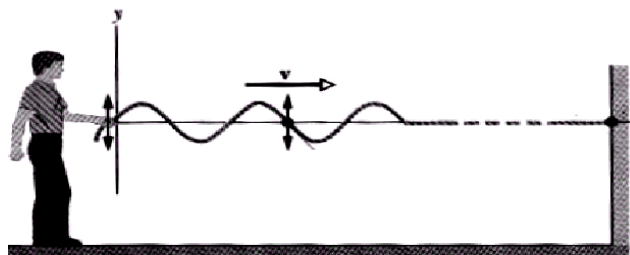
Tidak semua gelombang dapat kita lihat. Bahkan banyak peristiwa yang kita alami sehari-hari erat kaitannya dengan gelombang yang tidak dapat kita lihat wujud gelombangnya. Gelombang-gelombang tersebut antara lain gelombang televisi, gelombang radio, gelombang dari telpon genggam, gelombang radio, dan gelombang dari alat-alat komunikasi yang lain. Semua gelombang tersebut dikenal dengan nama gelombang elektromagnetik. Satu-satunya gelombang elektromagnetik yang nampak adalah cahaya. Gelombang elektromagnetik merambat tanpa memerlukan medium. Tetapi jenis gelombang lain yaitu gelombang mekanik (seperti gelombang air, gelombang pada tali, gelombang bunyi) rambatannya selalu memerlukan medium. Misalnya, bunyi hanya dapat sampai ke pendengaran kita jika dihantarkan oleh medium. Dengan kata lain, menurut para ahli dan ilmuwan, seluruh jagad raya ini

merupakan lautan gelombang maupun getaran yang mahahalus. Dengan ciri tersendiri, gelombang-gelombang tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sarana komunikasi, kesehatan dan hiburan oleh kita.

Bagaimana terjadinya gelombang? Untuk menjawab pertanyaan ini kita pahami kembali sifat energi antara lain selalu menyertai perubahan, termasuk perubahan posisi, dan selalu kekal dan hanya berubah dari bentuk ke bentuk yang lain.

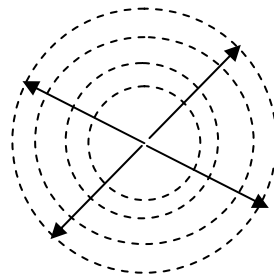
Anda perhatikan pada Gambar 2.17 berikut ini

1. Gelombang merambat pada tali



Gambar 2.17.  
Rambatan gelombang pada tali

2. Gelombang speris dari air



Gambar 2.18  
Rambatan gelombang pada air

Ketika kita menggerak-gerakkan tangan atau batu kita jatuhkan ke dalam air, energi dari gerakan tangan di ujung tali atau dari benturan batu dengan permukaan air mengalami perpindahan dari pusat sumber getaran ke arah tertentu. Dalam perpindahan ini energi berpindah sebagai getaran yang menggetarkan medium yang dilaluinya, getaran yang merambat inilah yang membentuk gelombang.

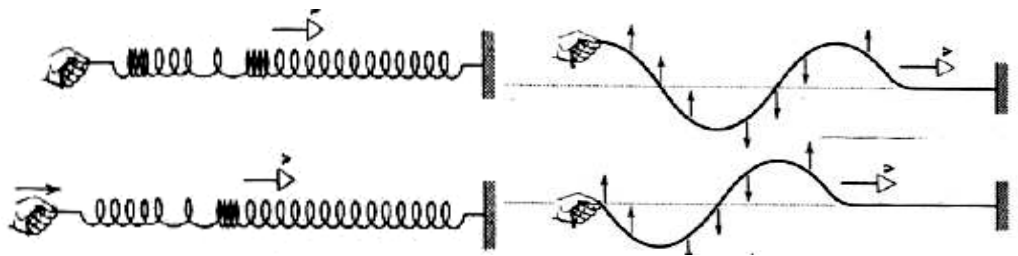
Pada dua peristiwa di atas digambarkan bagaimana energi tersebut mengisik air yang tenang dalam kolam dan mengisik tali sehingga membentuk gelombang. Usikan atau getaran yang tidak lain adalah energi itu lah yang berpindah, bukan bagian tali atau air sebagaimana yang kita duga. Dari paparan tadi, maka konsep dasar dalam memahami kata gelombang adalah bahwa gelombang itu mencakup



peristiwa perambatan usikan (gangguan) yang besarnya berubah terhadap waktu. Gangguan pada ujung tali dan permukaan air pada dua peristiwa di atas berlangsung secara periodik. Gangguan yang berlangsung secara periodik sepanjang waktu ini disebut *getaran*. Dengan demikian kita dapat katakan bahwa gelombang adalah getaran yang merambat. Sangat penting dipahami kembali bahwa dalam perambatan gelombang yang berpindah bukan zat perantara tetapi energi dari gelombang.

## B. Jenis-jenis Gelombang

Sudah disinggung di muka, bahwa berdasarkan perlu tidaknya medium untuk merambat, gelombang dikelompokkan menjadi gelombang elektromagnetik dan gelombang mekanik. Selanjutnya, berdasarkan arah rambatnya gelombang dibedakan atas: (1) gelombang longitudinal dan (2) gelombang transversal



Gambar 2.19.  
Gelombang pada pegas (longitudinal) dan tali (transversal)

Untuk membedakan antara gelombang transversal dan gelombang longitudinal kita gunakan seutas tali dan sebuah pegas seperti gambar 2.8. Dari gambar di atas dapatlah diartikan bahwa gelombang transversal adalah gelombang dengan arah getar lurus dengan arah rambatannya. Contoh gelombang transversal: gelombang pada tali, gelombang pada dawai yang dipetik, gelombang pada permukaan air, dan gelombang elektromagnetik.

Bila sebuah pegas kita lakukan usaha pada salah satu ujungnya, berarti kita memberi energi pada pegas dan pada bagian pegas tersebut akan terjadi suatu rapatan dan regangan seperti pada gambar 2.8 di atas. Rapatan dan regangan yang terjadi secara periodik dalam suatu medium disebut gelombang longitudinal. Contohnya, gelombang bunyi di udara adalah rapatan dan regangan periodik dari medium udara. Dengan demikian ada suatu perbedaan arah getar dengan gelombang transversal oleh karena itu gelombang tersebut dinamakan gelombang longitudinal. Arah gelombang longitudinal ini searah dengan arah rambatannya.

Contoh gelombang longitudinal: gelombang bunyi dan gelombang pada pegas yang diberi gangguan yang searah dengan arah memanjangnya. Secara umum baik gelombang transversal (selain gelombang elektromagnetik) maupun gelombang longitudinal keduanya adalah gelombang mekanik.

## C. Sifat-sifat Umum Gelombang

### 1. Perambatan Gelombang

Sebagaimana dibahas sebelumnya gelombang yang merambat melalui medium disebut gelombang *mekanik*, sedangkan gelombang yang dapat merambat tanpa medium disebut *gelombang eletromagnetik*. Kedua jenis gelombang ini memiliki arah rambat yang sama, yakni lurus, tetapi dengan kecepatan yang berbeda tergantung kepad jenisnya.

### 2. Pemantulan Gelombang

Pemantulan cahaya dan pemantulan bunyi sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari sebagai contoh gejala pemantulan gelombang. Jika kita berteriak dekat suatu dinding atau tebing maka akan dapat merasakan gejala pemantulannya. Pemantulana cahaya pada cermin dan pemantulan gelombang air sewaktu mencapai tepian pantai dapat kita lihat dengan jelas peristiwanya. Anda dapat melakukan percobaan sendiri dengan menggunakan tangki gelombang atau sebuah cermin sehingga mendapat hasil pemantulan.

### 3. Pembiasan (Refraksi)

Selain pemantulan yang terjadi pada gelombang oleh sebab suatu hambatan atau bidang pemantulan, gelombang bisa mengalami suatu pembiasan (refraksi, pembelokan). Kita ketahui bahwa gelombang merambat dengan kecepatan ( $v$ ), frekuensi ( $f$ ) dan panjang gelombang ( $\lambda$ ) yang tertentu pada suatu medium. Hubungan persamaan  $v = f \cdot \lambda$  akan selalu konstan, namun variabel-variabel  $v$ , dan  $\lambda$  dapat berubah, karena penambahan medium.

Pembiasan gelombang sangat dipengaruhi oleh perbedaan medium. Bila suatu gelombang dengan frekuensinya tertentu memasuki medium lain yang memiliki perbedaan medium maka akan terjadi perubahan pada kecepatan ( $v$ ) dan panjang gelombang ( $\lambda$ ). Perubahan kecepatan tersebut dibarengi dengan pembelokan arah gelombang yang disebut dengan pembiasan.

Untuk gelombang dengan frekuensi tertentu ( $f$ ), panjang gelombang ( $\lambda$ ) lebih besar di tempat yang dalam daripada di tempat yang dangkal. Sehingga hubungan  $f = v/\lambda$  tetap berlaku.

Pembiasan gelombang dari tempat yang dangkal ke tempat yang dalam, pembiasan gelombangnya akan menjauhi garis normal bila gelombang air dari tempat dalam ke tempat yang dangkal. Sehingga sudut bias ( $r$ ) akan semakin kecil dibandingkan dengan sudut datang ( $i$ ).

#### **4. Difraksi (Lenturan)**

Peristiwa lenturan gelombang bisa terjadi bila gelombang datang terhalang oleh celah sempit, sehingga dari celah sempit tersebut timbul gelombang baru yang merambat ke segala arah yang menyerupai lingkaran. Peristiwa ini dinamakan *difraksi* atau lenturan yaitu peristiwa berubahnya gelombang yang arahnya lurus menjadi gelombang yang arahnya menyebar setelah melewati celah. Gambar-gambar akan menjelaskan pola difraksi suatu gelombang.

#### **5. Prinsip Superposisi dan Interferensi Gelombang**

Kita masih bisa membedakan suara dari masing-masing alat musik yang sedang dimainkan secara bersama-sama walaupun alat-alat musik tersebut mengeluarkan frekuensi yang berbeda-beda dan sama-sama merambat di udara. Suara-suara tersebut tidak saling mempengaruhi.

Jika dua gelombang atau lebih yang bergerak dalam medium yang sama, maka paduan gelombang pada setiap titik dinamakan prinsip superposisi gelombang. Sedangkan interferensi gelombang menyangkut hasil dari perpaduan dua superposisi gelombang atau lebih tersebut.

Pembahasan lebih lanjut tentang sifat-sifat gelombang akan kita terapkan pada jenis gelombang yang akrab dengan peristiwa alam dalam kehidupan kita sehari-hari yaitu gelombang cahaya dan gelombang bunyi.

### **D. Gelombang Cahaya**

Cahaya menurut Newton (1642 - 1727) terdiri dari partikel-partikel ringan berukuran sangat kecil yang dipancarkan oleh sumbernya ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi. Sementara menurut Huygens (1629 - 1695), cahaya adalah gelombang seperti halnya bunyi. Perbedaan antara keduanya hanya pada frekuensi dan panjang gelombangnya saja.

Dua pendapat di atas sepertinya saling bertentangan sebab tak mungkin cahaya bersifat partikel sekaligus sebagai partikel. Pasti salah satunya benar atau keduanya salah, yang pasti masing-masing pendapat di atas memiliki kelebihan dan kekurangan.

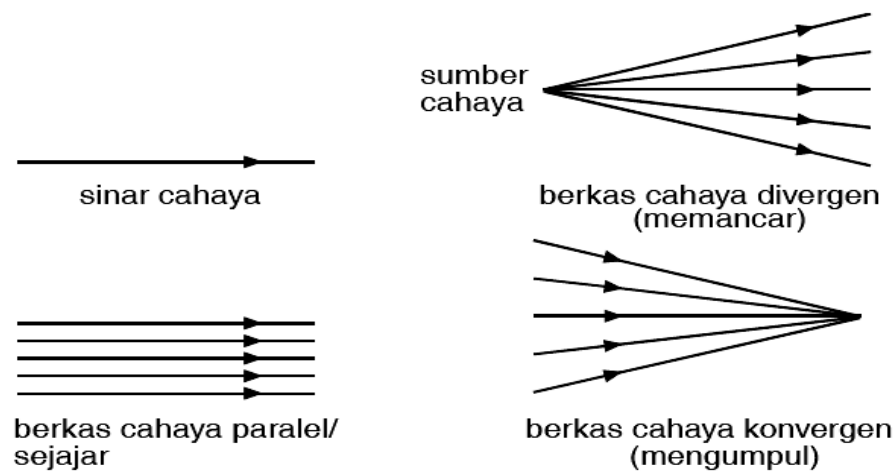
Pada zaman Newton dan Huygens hidup, orang-orang beranggapan bahwa gelombang yang merambat pasti membutuhkan medium. Padahal ruang antara bintang-bintang dan planet-planet merupakan ruang hampa (vakum) sehingga menimbulkan pertanyaan apakah yang menjadi medium rambat cahaya matahari yang sampai ke bumi, jika cahaya merupakan gelombang seperti dikatakan Huygens. Inilah kritik orang terhadap pendapat Huygens. Kritik ini dijawab oleh Huygens dengan memperkenalkan zat hipotetik (dugaan) bernama eter. Zat ini sangat ringan, tembus pandang dan memenuhi seluruh alam semesta. Eter membuat cahaya yang berasal dari bintang-bintang sampai ke bumi.

## **1. Pemantulan Cahaya**

Cabang fisika yang mempelajari cahaya meliputi bagaimana terjadinya cahaya, bagaimana perambatannya, bagaimana pengukurannya dan bagaimana sifat-sifat cahaya dikenal dengan nama Optika. Dari sini kita kemudian mengenal kata optik yang berkaitan dengan kacamata sebagai alat bantu penglihatan.

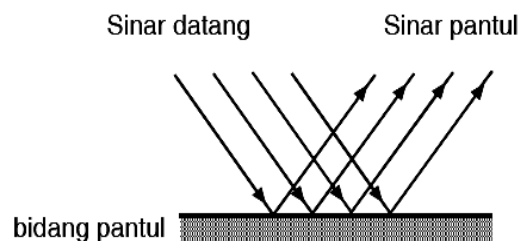
Cahaya adalah gelombang, tepatnya gelombang elektromagnetik. Ciri utama dari gelombang adalah bahwa ia tak pernah diam, sebaliknya cahaya selalu bergerak. Benda-benda yang sangat panas seperti matahari dan filamen lampu listrik memancarkan cahaya mereka sendiri. Begitu juga cahaya lilin atau cahaya pada layar televisi yang dibangkitkan oleh tumbukan antara electron berkecepatan tinggi dengan zat yang dapat berfluoresensi (berpendar) yang terdapat pada layar televisi. Mereka merupakan sumber cahaya. Benda seperti bulan bukanlah sumber cahaya, ia hanya memantulkan cahaya yang diterimanya dari matahari. Jadi selain dipancarkan cahaya dapat dipantulkan.

Cahaya merambat lurus seperti yang dapat kita lihat pada cahaya yang keluar dari sebuah lampu teater di ruangan yang gelap atau Laser yang melintasi asap atau debu. Oleh karenanya cahaya yang merambat digambarkan sebagai garis lurus berarah yang disebut sinar cahaya, sedangkan berkas cahaya terdiri dari beberapa garis berarah seperti pada Gambar 2.9. Berkas cahaya bisa paralel, divergen (menyebar) atau konvergen (mengumpul).



Gambar 2.20.  
Arah rambat sinar dan berkas cahaya

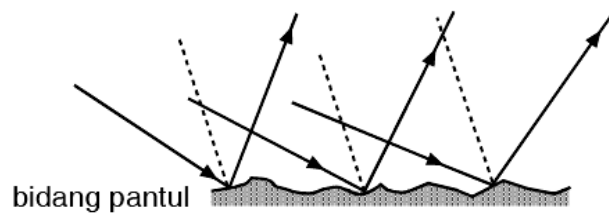
Pada permukaan benda yang rata seperti cermin datar, cahaya dipantulkan membentuk suatu pola yang teratur. Sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan cermin dipantulkan sebagai sinar-sinar sejajar pula. Akibatnya cermin dapat membentuk bayangan benda. Pemantulan semacam ini disebut pemantulan teratur atau pemantulan biasa.



Gambar 2.21.  
Pemantulan biasa pada cermin membentuk bayangan benda

Berbeda dengan benda yang memiliki permukaan rata, pada saat cahaya mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan tersebut dipantulkan tidak sebagai sinar-sinar sejajar. Gambar 2.11 memperlihatkan bagaimana sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu dipantulkan ke berbagai arah sehingga kita dapat melihat kayu ini pada posisi A, B dan C.

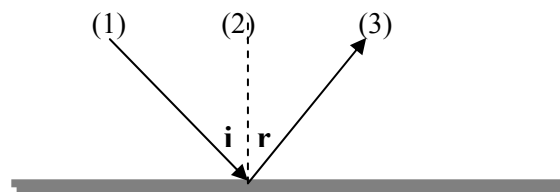
Perhatikan bahwa sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu merupakan sinar-sinar yang sejajar, namun sinar-sinar pantulnya tidak. Pemantulan seperti ini disebut pemantulan baur.



Gambar 2.22.  
Pemantulan baur pada permukaan bidang yang tidak rata

Akibat pemantulan baur ini kita dapat melihat benda dari berbagai arah. Misalnya pada kain atau kertas yang disinari lampu sorot di dalam ruang gelap kita dapat melihat apa yang ada pada kain atau kertas tersebut dari berbagai arah. Pemantulan baur yang dilakukan oleh partikel-partikel debu di udara yang berperan dalam mengurangi kesilauan sinar matahari. Pemantulan baur juga sangat membantu pengemudi mobil saat malam hari yang gelap. Pada saat jalanan kering di malam yang gelap sinar lampu mobil akan dipantulkan ke segala arah oleh permukaan jalanan yang tidak rata ke segala arah termasuk ke mata pengemudi sehingga jalanan terlihat terang. Namun saat jalanan basah karena hujan, permukaan jalanan menjadi rata sehingga sinar lampu mobil hanya dipantulkan ke arah tentu saja, yakni ke arah depan jalanan sehingga pengemudi mengalami kesulitan karena tidak dapat melihat jalanan di depannya dengan baik.

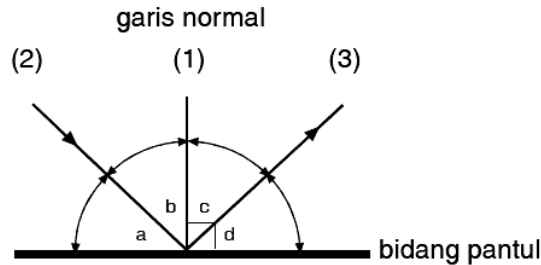
Pada saat sinar menjangkiti permukaan cermin datar, cahaya akan dipantulkan. Garis yang tegak lurus bidang pantul disebut garis normal. Pengukuran sudut datang dan sudut pantul dimulai dari garis ini. Sudut datang ( $i$ ) adalah sudut yang dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar datang (2), sedangkan sudut pantul  $r$  adalah sudut yang dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar pantul (3).



Gambar 2 23.  
Pemantulan cahaya

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran didapatkan bahwa: (1) sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada bidang yang sama; (2) besar sudut datang ( $i$ ) sama dengan besar sudut pantul ( $r$ ). Dua pernyataan di atas dikenal sebagai *Hukum Snellius untuk pemantulan cahaya*.

1. Pada gambar di bawah sudut manakah yang merupakan sudut datang datar dan yang manakah sudut pantul?



Penyelesaian:

Garis (2) pada gambar di atas melukiskan sinar datang ke permukaan cermin sedangkan garis (1) adalah garis normal. Sudut datang adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dan garis normal. Jadi sudut datang adalah  $b$ , sedangkan sudut pantul dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar pantul (3) dan besarnya sama dengan sudut datang. Pada gambar sudut pantul adalah  $c$ .

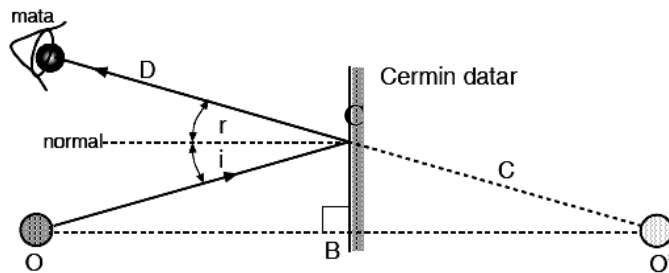
Contoh lain dan uraian lebih mendalam tentang pemantulan cahaya ini akan dibahas pada kegiatan selanjutnya. Sekadar untuk mendapat gambaran awal tentang peristiwa pemantulan cahaya, uraian di atas dirasa cukup memadai.

Berkaitan dengan implementasi pemantulan cahaya, yang perlu Anda pahami adalah, pertama, bahwa proses melihat pada manusia erat kaitannya dengan gejala pemantulan cahaya. *Kedua*, ada dua jenis pantulan cahaya yaitu pemantulan baur dan pemantulan biasa. Pemantulan baur dihasilkan oleh permukaan pantul yang tidak rata (kasar), pemantulan baur memungkinkan kita melihat benda yang disinari dari berbagai arah, sementara pemantulan biasa menyebabkan terbentuknya bayangan benda yang hanya dapat dilihat pada arah tertentu saja. Pemantulan biasa (teratur) terjadi pada permukaan yang rata seperti pada cermin. *Ketiga*, pada peristiwa pemantulan biasa, sinar datang, garis normal dan sinar pantul terletak pada satu bidang yang sama serta sudut datang sama dengan sudut pantul.

## 2. Pembentukan bayangan karena pemantulan pada cermin datar

Cermin datar adalah cermin yang bentuk permukaannya datar. Cermin ini dapat membentuk bayangan yang dapat langsung kita lihat tetapi tidak dapat kita tangkap dengan layar. Bayangan seperti ini disebut bayangan maya. Kebalikan dari bayangan maya adalah bayangan nyata atau bayangan sejati. Bayangan ini baru dapat dilihat setelah lebih dahulu ditangkap oleh layar.

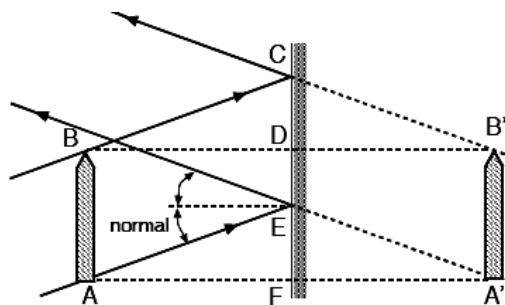
Untuk melukis bayangan pada cermin datar sangat mudah. Anda dapat menggunakan hukum pemantulan. Misalkan saja Anda hendak menentukan bayangan benda O sebagaimana terlihat pada Gambar 2.24 di bawah.



Gambar 2.24.  
Pembentukan bayangan pada cermin datar

Misalkan sinar datang dari O ke C. Dari titik C tarik garis normal tegak lurus permukaan cermin. Dengan busur derajat, ukurlah besar sudut datang ( $i$ ) yakni sudut yang dibentuk oleh OC dan garis normal. Selanjutnya buatlah sudut pantul ( $r$ ) yaitu sudut antara garis normal dan sinar pantul CD yang besarnya sama dengan sudut datang. Posisi bayangan dapat ditentukan dengan memperpanjang sinar pantul CD dari C ke  $O'$  yang berpotongan dengan garis  $OO'$  melalui B.

Jarak  $BO = BO'$ . Dengan bantuan geometri dapat juga Anda buktikan kebenaran ini. Pada Gambar 2.24 sudut  $BOC =$  sudut datang (berseberangan) dan sudut  $BO'C =$  sudut pantul (sehadap). Karena sudut datang = sudut pantul, maka Anda dapatkan sudut  $BOC =$  sudut  $BO'C$ . Sementara itu sudut  $CBO = CBO'$  (sama-sama tegak lurus) sehingga dapat disimpulkan bahwa segitiga CBO sama dan sebangun dengan segitiga  $CBO'$ . Akibatnya panjang  $BO = BO'$ . Dalam hal ini  $BO =$  jarak benda  $BO' =$  jarak bayangan. Pada cermin datar selalu didapatkan bahwa jarak benda sama dengan jarak bayangan. Mudah, bukan?



Gambar 2.25.  
Bayangan pensil di depan cermin datar



Bayangan sebuah pensil di depan cermin datar pada Gambar 2.25 dapat ditentukan dengan menggunakan hukum pemantulan cahaya. Cara melukisnya sama seperti melukis benda O pada gambar 9. Hanya saja untuk benda yang memiliki tinggi seperti pensil ini Anda harus melukis jalannya sinar datang dan sinar pantul minimal untuk dua titik yakni A dan B. Dengan pembuktian yang serupa dengan Gambar 2.24 Anda akan dapatkan bahwa  $AF = A'F$  dan tinggi  $AB = A'B'$ . Jadi pada cermin datar tidak hanya jarak benda sama dengan jarak bayangan tetapi juga bahwa tinggi benda sama dengan tinggi bayangan.

Untuk benda yang bukan berupa titik atau garis, ukuran bayangan sama dengan ukuran bendanya. Benda dan bayangan hanya berbeda dalam 2 arahnya. Bagian kiri benda menjadi bagian kanan bayangan dan sebaliknya.

Beberapa persoalan penting:

1. Berapakah tinggi minimal cermin datar agar saat bercermin seluruh bayangan tubuh kita ada di dalam cermin tersebut? Bila seorang anak ingin melihat bayangannya pada cermin datar, haruskah cermin itu mempunyai tinggi yang sama dengan anak itu? Pertanyaan ini dapat dijawab secara empirik (pembuktian pengalaman) maupun secara geometrik. Dapat disimpulkan bahwa agar dapat melihat tinggi seluruh bayangan benda pada sebuah cermin datar maka tinggi cermin itu haruslah sama dengan setengah tinggi benda.
2. Adakah persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua cermin datar yang digabung berhadapan? Coba buktikan, benarkah bila sudut antara dua cermin datar  $90^\circ$  menghasilkan 3 bayangan dari suatu benda yang diletakkan di antara kedua cermin tersebut dan sudut  $60^\circ$  menghasilkan 5 bayangan, berapakah jumlah bayangan yang dibentuk bila sudut antara dua cermin  $30^\circ$ ,  $22,5^\circ$ ,  $15^\circ$  dan seterusnya? Secara empirik artinya berdasarkan hasil-hasil percobaan menggunakan dua cermin datar yang digabung berhadapan seperti dicontohkan di atas dengan berbagai variasi sudut antara dua cermin datar itu, didapatlah sebuah persamaan yang disebut persamaan jumlah bayangan seperti tertulis di bawah ini.

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - m$$

Persamaan jumlah bayangan gabungan dua cermin datar yang berhadapan, dengan ketentuan:

$n$  = jumlah bayangan

$\alpha$  = sudut antara dua cermin datar yang digabung berhadapan

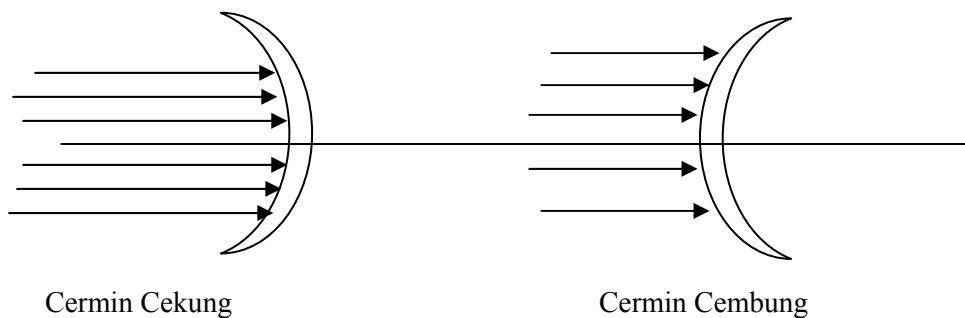
$m$  = 1 jika hasil bagi  $360^\circ/\alpha$  berupa bilangan genap

$m = 0$  jika hasil bagi  $360^\circ/\alpha$  berupa bilangan ganjil

Coba Anda terapkan persamaan ini untuk  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$  dan  $\alpha = 45^\circ$ , sesuaikan dengan hasil pengamatan jumlah bayangan?

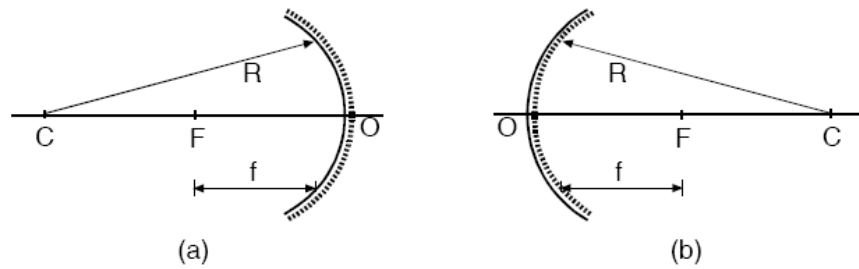
### 3. Melukis Pembentukan Bayangan pada Cermin Lengkung

Cermin lengkung adalah cermin yang permukaannya lengkung seperti permukaan bola. Cermin ini dibedakan atas cermin cekung (*konkaf*) dan cermin cembung (*konveks*). Sinar datang pada cermin cekung berhadapan dengan permukaan pantul yang bentuknya seperti *permukaan dalam* bola, sedangkan pada cermin cembung sinar datang berhadapan dengan permukaan pantul yang merupakan *permukaan luar* bola.



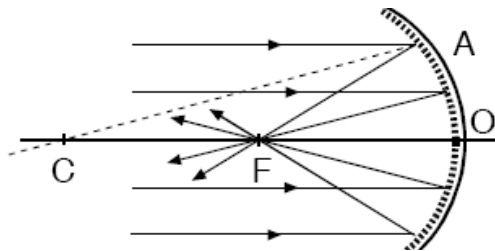
Gambar 2.26.

Beberapa istilah yang Anda harus pahami saat membicarakan cermin lengkung antara lain adalah pusat kelengkungan, verteks, sumbu utama, jari-jari kelengkungan, fokus utama, jarak fokus dan bidang fokus. Apa yang disebut pusat kelengkungan di sini adalah pusat kelengkungan cermin (C), verteks adalah titik tengah permukaan pantul (O), sumbu utama adalah garis lurus yang menghubungkan antara pusat kelengkungan dan verteks (CO), jari-jari kelengkungan R merupakan jari-jari bola cermin, fokus utama (F) merupakan sebuah titik pada sumbu utama tempat berkumpulnya sinar-sinar sejajar yang mendatangi cermin cekung, jarak fokus (f) adalah jarak dari verteks ke fokus utama F, dan bidang fokus adalah bidang yang melalui fokus dan tegak lurus sumbu utama. Perhatikan Gambar 2.27, baik pada cermin cekung maupun cermin cembung sinar datang ke cermin dari arah kiri.



Gambar 2. 27.  
Penamaan dan penempatan titik dan jarak pada:  
cermin cekung dan (b) cermin cembung.

Hubungan antara jarak fokus  $f$  dan jari-jari kelengkungan  $R$  dapat dijelaskan dengan bantuan Gambar 2.27. Dari sini kita dapatkan bahwa jari-jari kelengkungan ( $R$ ) sama dengan dua kali jarak fokus ( $f$ ) atau  $f = \frac{1}{2} R$ . Hubungan antara jarak fokus ( $f$ ) dan jari-jari kelengkungan cermin lengkung ( $R$ ) ini berlaku untuk setiap jenis cermin lengkung.

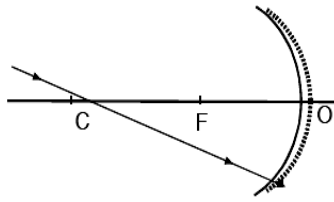


Gambar 2.28.  
Berkas cahaya sejajar di pantulkan semuanya ke titik fokus

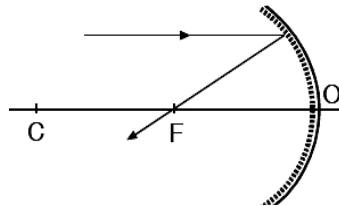
Sinar-sinar sejajar sumbu utama yang menuju ke cermin tampak dipantulkan cermin melalui titik api (fokus). Pemantulan sinar ini tetap mengikuti hukum pemantulan cahaya, jadi sudut datang sama dengan sudut pantul  $i = r$ . Perlu diingat bahwa sudut-sudut ini diukur terhadap garis normal yang pada setiap sudut datang ( $i$ ) atau sudut pantul selalu menuju titik pusat kelengkungan  $C$ .

Seperti telah dikatakan berulang-ulang, pembentukan bayangan oleh cermin cekung mematuhi hukum-hukum pemantulan cahaya. Untuk dapat melukis bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung biasanya digunakan tiga sinar istimewa. Sinar istimewa adalah sinar datang yang lintasannya mudah diramalkan tanpa harus mengukur sudut datang dan sudut pantulnya. Ketiga sinar istimewa itu adalah:

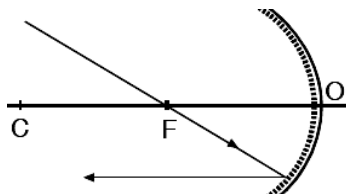
1. Sinar yang melalui pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan melalui pusat kelengkungan itu lagi.



2. Sinar yang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui fokus utama.



3. Sinar yang melalui fokus utama akan dipantulkan sejajar sumbu utama.



Dalam melukis pembentukan bayangan oleh cermin cekung disepakati adanya pembagian ruang sebagai berikut.

Ruang I = ruang dari titik O sampai titik fokus (F)

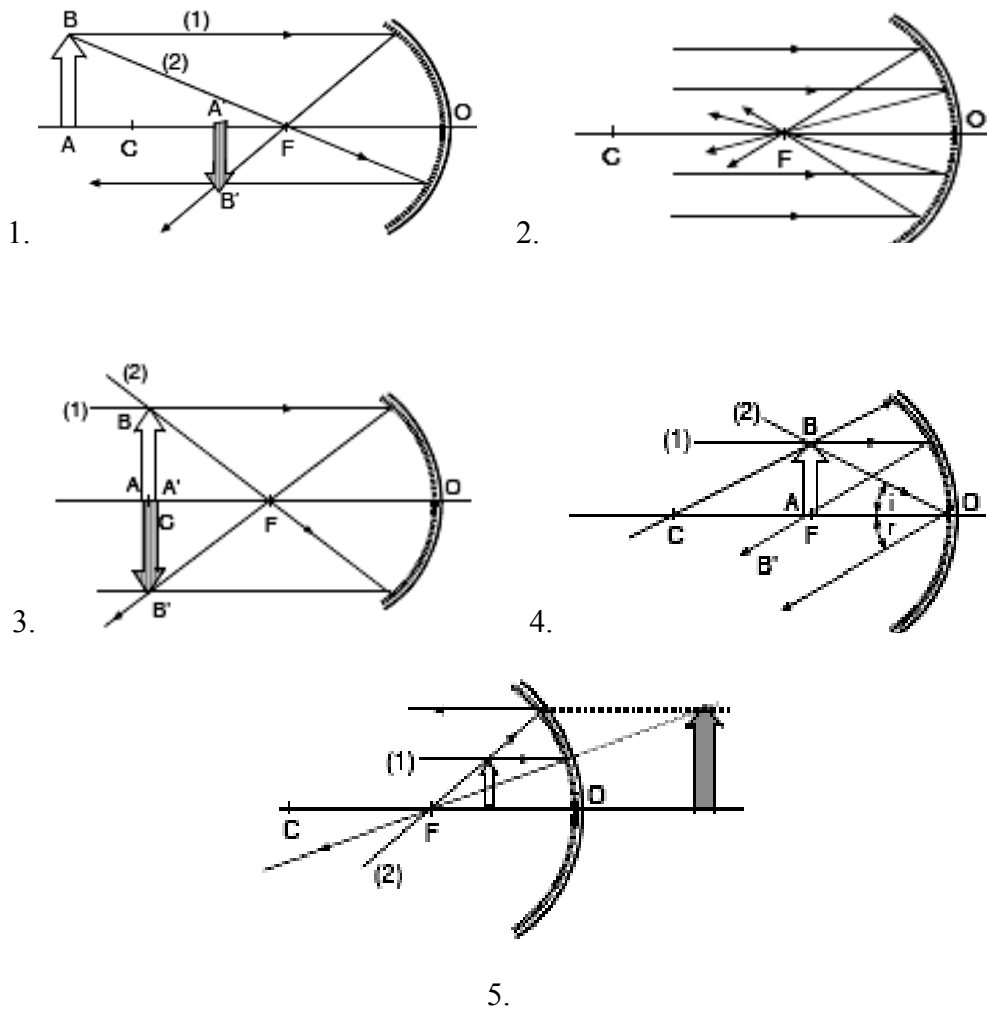
Ruang II = ruang dari titik fokus (F) sampai titik pusat kelengkungan (C)

Ruang III = ruang dari pusat kelengkungan (C) sampai ~

Ruang IV = ruang di belakang crmin

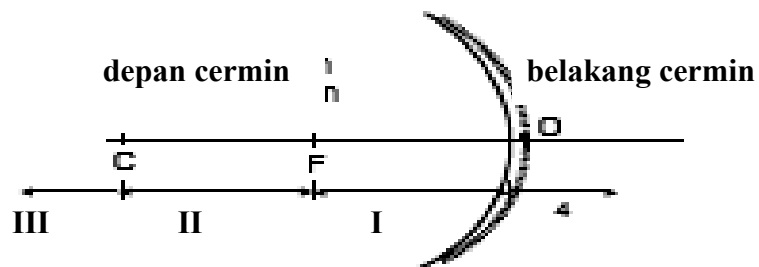
Untuk melukis bayangan suatu benda di depan cermin cekung cukup digunakan dua dari tiga hukum sinar istimewa di atas. Sebagai latihan, coba lukis ulang dan jawab hal-hal berikut untuk masing-masing gambar:

- Hukum sinar istimewa manakah yang digunakan pada gambar tersebut?
- Di ruang manakah benda dan bayangannya?
- Bagaimana sifat bayangan yang terbentuk (sejati atau maya, diperbesar atau diperkecil, tegak atau terbalik)?



Selanjutnya lukislah bayangan dari benda yang berada di ruang I, II, III, dan IV. Coba Anda jumlahkan ruang benda dan ruang bayangan dari benda tersebut! Anda akan mendapatkan jumlahnya selalu sama dengan 5. Hubungan antara ruang benda dan ruang bayangan seperti ini dikenal dengan Dalil Esbach:

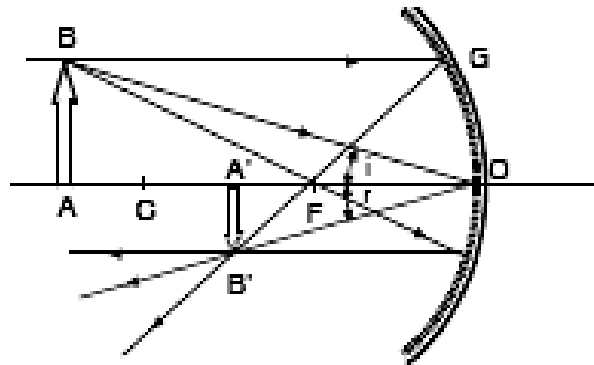
$$\text{Nomor Ruang Benda} + \text{Nomor Ruang Bayangan} = 5$$



Gambar 2.29.  
Ruang Esbach pada Cermin Lengkung

#### 4. Hubungan Antara Jarak Benda, Jarak Fokus dan Jarak Bayangan

Hubungan antara jarak benda ( $s$ ), jarak fokus ( $f$ ) dan jarak bayangan ( $s'$ ) pada cermin cekung dapat ditentukan dengan bantuan geometrik. Perhatikan Gambar 2.30. Benda AB yang tingginya ( $h$ ) berada di ruang 3 cermin cekung. Berdasarkan dalil Esbach bayangan benda tentunya terbentuk di ruang 2.



Gambar 2.30.  
Hubungan besaran-besaran pada pembentukan bayangan

Beberapa besaran pembentukan bayangan beserta lambangnya umum disipakati sebagai berikut.

- Jari-jari kelengkungan cermin =  $R$  (berharga positif)
- Jarak fokus  $OF = f$
- Tinggi benda  $AB = h$
- Tinggi bayangan  $A'B' = h'$
- Jarak benda  $AO = s_0$
- Jarak bayangan  $A'O = s_1$
- Perbesaran bayangan =  $M$

Hubungan antara besaran-besaran tersebut dinyatakan dengan rumus:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}} \quad \text{Persamaan cermin cekung}$$

$$\boxed{\frac{2}{R} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}} \quad \text{Bentuk lain persamaan cermin cekung}$$

$$\boxed{M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}} \quad \text{Persamaan Perbesaran bayangan cermin cekung}$$

Penggunaan rumus di atas berlaku juga untuk cermin cembung

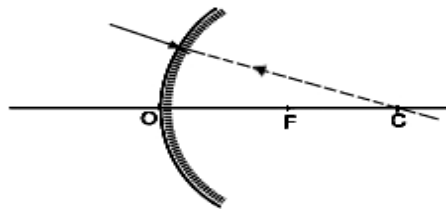
Penyelesaian:

Gunakan rumus perbesaran  $M$  dan rumus umum  $1/s + 1/s_o = 1/f$  dengan mengganti  $s_1$  dengan  $3s_o$  (didapat dari rumus perbesaran, bayangan 3 kali ukuran bendanya). Maka akan didapat jarak benda  $s_o = 40$  cm. Coba!

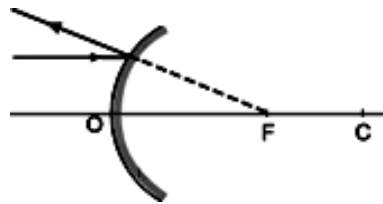
### 5. Pembentukan Bayangan Oleh Cermin Cembung

Cermin cembung terkait dengan pemantulan juga mempunyai tiga sinar istimewa. Jarak fokus dan pusat kelengkungan cermin cembung berada di belakang cermin. Ketiga sinar istimewa pada cermin cembung adalah :

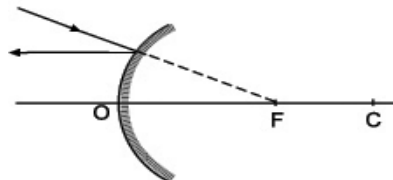
1. Sinar datang menuju pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan kembali seolah-olah berasal dari titik pusat kelengkungan cermin.



2. Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus



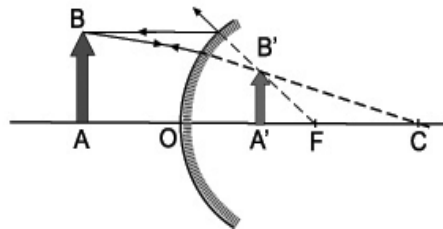
3. Sinar datang menuju titik fokus akan di pantulkan sejajar sumbu utama



Dari tiga sinar istimewa di atas, untuk dapat melukis bayangan pada cermin cembung diperlukan minimal dua sinar istimewa saja. Caranya hampir sama dengan cara melukis bayangan pada cermin cekung. Sedangkan Ruang Esbach untuk cermin cembung adalah:

- Ruang I : antara titik O dan titik fokus F.  
 Ruang II : antara titik fokus F dan titik pusat kelengkungan C.  
 Ruang III : antara titik C dan ~.  
 Ruang IV : di depan cermin cembung

Perhatikan contoh lukisan di bawah ini.



Sebuah benda AB diletakkan tegak di depan cermin cekung. Untuk melukis bayangannya kita dapat menggunakan dua sinar istimewa, yaitu (1) sinar datang sejajar sumbu utama (2) sinar datang menuju pusat kelengkungan. A'B'. Sifat bayangan dari benda di depan cermin cembung selalu :maya, tegak, diper-kecil. Contoh peristiwa sehari-hari adalah penggunaan kaca spion kendaraan.

Bagaimanakah rumus-rumus persamaan bagi cermin cembung? Rumus-rumus atau persamaan matematis tentang pembentukan bayangan pada cermin cembung sama dengan pada cermin cekung, hanya saja pada cermin cekung jarak focus  $f$  dan jari-jari  $R$  bertanda positif sedangkan  $f$  dan  $R$  pada cermin cembung bertanda negatif. Untuk jelasnya perhatikan contoh masalah di bawah ini.

Sebuah benda yang tingginya 12 cm diletakkan 10 cm di depan cermin cembung yang jari-jari kelengkungannya 30 cm. Tentukan (a) jarak bayangan (b) tinggi bayangan (c) sifat-sifat bayangan

Penyelesaian:

Diketahui:

$$h = 12 \text{ cm}; s = 10 \text{ cm}; R = -30 \text{ cm} \text{ atau } f = -15 \text{ cm}$$

Ditanya:

- $s'$
- $h'$
- sifat-sifat bayangan

Jawab:

- Jarak bayangan ditentukan dengan menggunakan persamaan



$$\begin{aligned}\frac{1}{s'} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s} \\ &= -\frac{1}{15} - \frac{1}{10} \\ &= -\frac{5}{30} \\ s' &= -\frac{30}{5} = -6 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jadi, jarak bayangan 6 cm. Tanda negatif berarti bayangan ada di belakang cermin dan merupakan bayangan maya.

- b. Tinggi bayangan ditentukan dengan menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}\frac{h'}{h} &= \frac{s'}{s} \\ \frac{h'}{12} &= \frac{6}{10} \\ h' &= \frac{6}{10} \times 12 = 7,2 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jadi, tinggi bayangan = 7,2 cm berarti ukuran bayangan lebih kecil dibanding ukuran bendanya

- c. Bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak dan diperkecil.

## 6. Pembiasan Cahaya

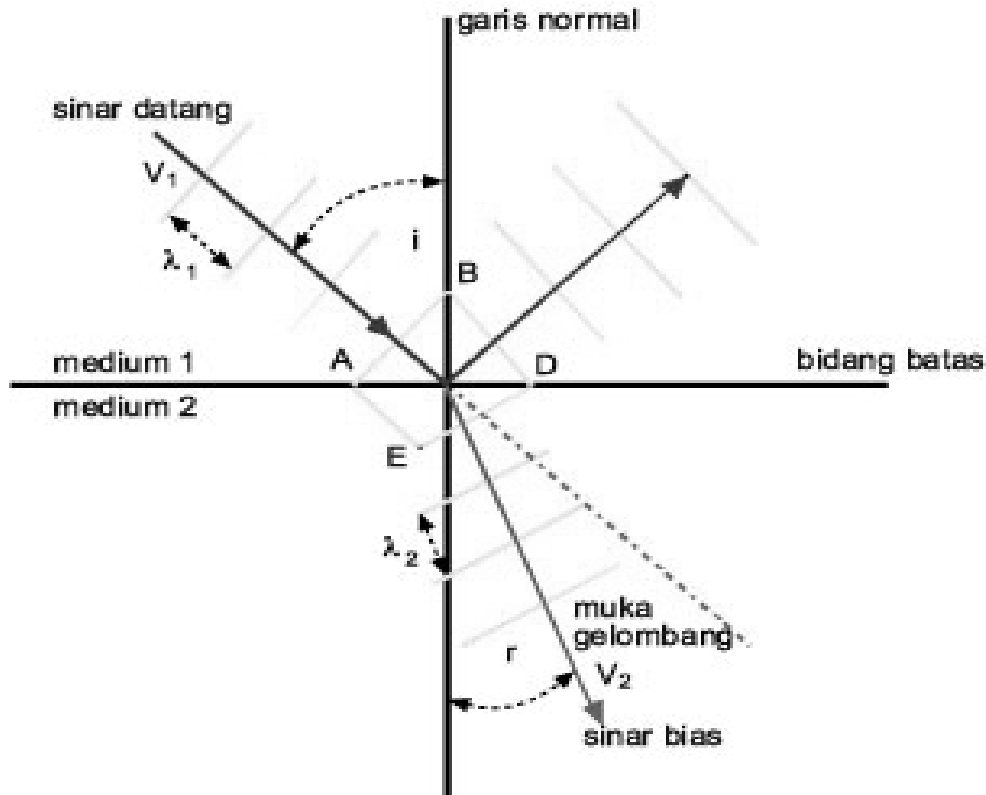
Apabila anda berdiri di tepi kolam, kemudian masukan sebatang tongkat ke dalam kolam, apa yang terjadi? Ya, betul, tongkat tadi akan kelihatan patah. Peristiwa ini dikarenakan lintasan cahaya pada zat antara yang berbeda yaitu udara dan air akan mengakibatkan pembiasan (refraksi). Untuk hal ini Anda akan memahami lebih jauh apabila mempelajari terlebih dahulu Hukum Snellius

### a. Hukum Snellius Pada Pembiasan

Pembiasan cahaya diartikan sebagai pembelokan arah rambat cahaya saat melewati bidang batas dua medium bening yang berbeda kerapatannya. Kerapatan suatu medium dalam dunia optik disebut indeks bias. Dalam kehidupan sehari-hari fenomena pembiasan cahaya mempengaruhi penglihatan kita.

Pada pembiasan cahaya juga dijumpai hukum Snellius. Misalkan cahaya merambat dari medium 1 dengan kecepatan  $v_1$  dan sudut datang  $i$  menuju ke medium 2. Saat di medium 2 kecepatan cahaya berubah menjadi  $v_2$  dan cahaya dibiaskan dengan sudut bias  $r$ . Berdasarkan teori muka gelombang, rambatan cahaya dapat digambarkan sebagai muka gelombang yang tegak lurus arah rambatan dan muka

gelombang itu membelok saat menembus bidang batas medium 1 dan medium 2 seperti dipelihatkan Gambar 2.31 berikut:



Gambar 2.31.  
Muka gelombang pada peristiwa pembiasan.

Cahaya datang dengan sudut datang  $i$  dan dibiaskan dengan sudut bias  $r$ . Cepat rambat cahaya di medium 1 adalah  $v_1$  dan di medium 2 adalah  $v_2$ . Diperoleh hubungan persamaan pembiasan cahaya

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$$

$i$  = sudut datang

$r$  = sudut bias

$v_1$  = kecepatan cahaya sebelum dibiaskan

$v_2$  = kecepatan cahaya setelah dibiaskan

Pada tahun 1621 Snellius, seorang fisikawan berkebangsaan Belanda melakukan serangkaian percobaan untuk menyelidiki hubungan antara sudut datang ( $i$ ) dan sudut bias  $r$  pada peristiwa pembiasan. Hasil eksperimennya menghasilkan hubungan antara sudut datang, sudut pantul dan kerapatan suatu medium (indeks bias) yaitu: bahwa harga bernilai tetap. Tetap itu disebut indeks bias dan dinyatakan dalam:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Sebagai Persamaan Hukum Pembiasan dimana

$i$  = sudut datang

$r$  = sudut bias

$n$  = indeks bias bahan

Persamaan di atas merupakan salah satu dari dua hukum pembiasan cahaya yang selengkapnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Sinar datang, sinar bias dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
2. Perbandingan sinus sudut datang dan sinus sudut bias cahaya yang memasuki bidang batas dua medium yang berbeda selalu bernilai tetap (konstan).

Telah dijelaskan di muka bahwa pembiasan cahaya sangat ditentukan oleh kerapatan atau indeks bias suatu medium. Indeks bias ini juga menunjukkan perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya di medium tertentu. Misalnya, indeks bias kaca kerona (ditulis  $n_{\text{kaca}}$ ) adalah  $3/2$  ini artinya perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa ( $V_1$ ) dengan kecepatan cahaya di kaca kerona ( $V_2$ ) adalah  $V_1:V_2 = 3:2$ . Indeks bias demikian disebut indeks bias mutlak. Dengan kata lain indeks bias mutlak medium yaitu indeks bias medium saat berkas cahaya dari ruang hampa melewati medium tersebut. Contoh harga indeks bias:  $n_{\text{udara}}$  (pada 1 at.,  $0^\circ \text{C}$ ) = 1 dan  $n_{\text{air}} = 4/3$ . Indeks bias medium tersebut adalah  $n_2 = 1,5$ .

#### ***b. Pemendekan dan Pemanjangan Semu Akibat Pembiasan***

Bila Anda perhatikan kaki teman Anda yang terendam di dalam air, akan tampak lebih pendek dari keadaan sesungguhnya. Saat Anda melihat koin atau sesuatu yang berada di dasar bak mandi, tampak mereka lebih dangkal. Gejala yang disebut pemendekan semu ini terjadi karena pembiasan di mana cahaya merambat dari medium optik yang lebih rapat ke medium optik yang kurang rapat, misalnya dari air ke udara. Bila pengamat berada di medium optik lebih rapat mengamati benda yang berada pada medium optik kurang rapat, misalnya pengamat di dalam air mengamati benda di udara, maka benda akan terlihat lebih panjang dari keadaan sesungguhnya. Peristiwa ini disebut pemanjangan semu.

Untuk pengamat yang posisinya tegak lurus dengan benda, besar sudut datang  $i$  akan sama dengan nol, begitu juga sudut bias  $r$  akan sama dengan nol pula. Hubungan pemendekan semu dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{h'}{h} = \frac{n_2}{n_1}$$

$h'$  = kedalaman semu;  $n_1$  = indeks bias medium tempat kedalaman sebenarnya  
 $h$  = kedalaman sebenarnya;  $n_2$  = indeks bias medium tempat kedalaman semu

Contoh:

Sebuah batu terletak di dasar sebuah kolam berisi air ( $n_a = \frac{4}{3}$ ) sedalam 2 m. Pada kedalaman berapakah batu itu dilihat oleh pengamat di atas permukaan air, jika posisi mata pengamat tegak lurus dengan batu. Coba Anda kerjakan!

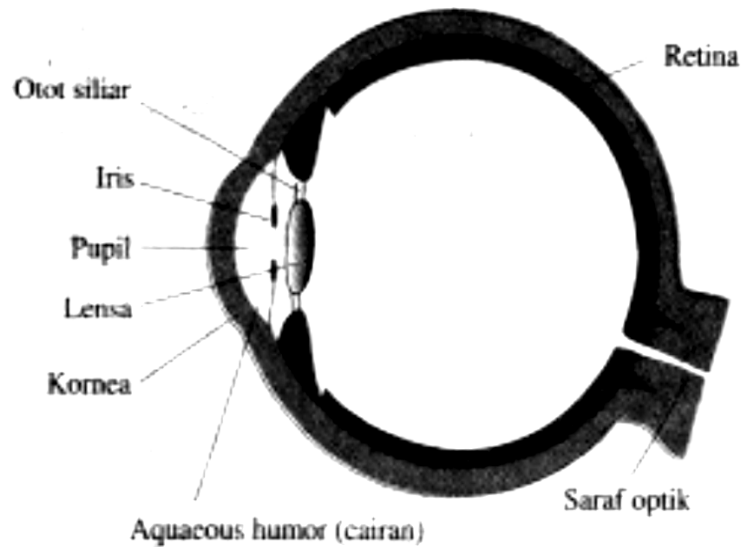
## E. Alat Optik

### 1. Mata Manusia

Anda telah mempelajari cermin dan lensa, kemudian bagaimana pemahaman tersebut anda terapkan ketika mempelajari alat optik. Salah satu alat optik penting pada manusia adalah mata.

Mata manusia mempunyai keterbatasan, ketika melihat benda yang sangat kecil, benda langit seperti bulan, matahari dan bintang yang sangat jauh, oleh karena itu, manusia menciptakan alat bantu berupa alat optik.

Semua cahaya yang masuk ke dalam mata difokuskan oleh lensa mata kepada retina, yang memiliki berjuta-juta sel sensitif yang disebut sel batang dan sel kerucut. Ketika bagian sel ini menerima cahaya, selanjutnya akan mengirim sinyal berupa impuls sensoris cahaya menuju otak melalui saraf otak. Jika semua impuls sensoris selesai diterjemahkan oleh pusat visual otak, maka kita akan mampu melihat benda. Jadi, dapat kita simpulkan bahwa semua bayangan benda dapat dilihat secara jelas bilamana bayangan tersebut jatuh tepat pada retina.



Gambar 2.32.  
Diagram mata manusia

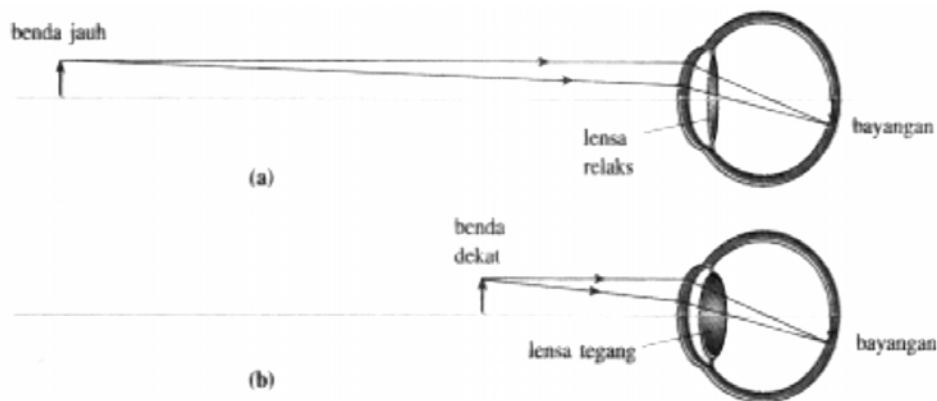
Bayangan yang dibentuk pada retina adalah nyata, terbalik dan diperkecil, namun semua bayangan itu diinterpretasikan oleh otak sebagai bayangan tegak. Proses penerimaan bayangan benda oleh mata, akan diatur oleh kemampuan lensa untuk mengubah jarak fokusnya (membuat lensa mata lebih cembung atau lebih pipih). Kemampuan seperti itu, disebut akomodasi mata.

Mata dapat melihat dengan jelas jika letak benda berada dalam jangkauan penglihatan antara titik dekat mata (*punctum proximun*) dan titik jauh mata (*punctum remotum*).

Titik dekat mata, adalah titik paling dekat di mana suatu benda dapat diletakan dan masih menghasilkan bayangan tajam pada retina ketika mata berakomodasi maksimum. Misal orang usia 20 tahun dengan mata normal memiliki titik dekat mata kira-kira 25 cm. Sedangkan pada usia 40-an meningkat menjadi 50 cm. Oleh karena itu, orang tua memerlukan kacamata untuk mengatasi menurunnya daya akomodasi mata.

Titik jauh mata, adalah titik terjauh benda di mana mata yang rileks (mata tidak berakomodasi) dapat memfokuskan benda. Manusia dengan penglihatan normal (*emetrop*) dapat melihat jauh, sehingga memiliki titik jauh pada jarak tak terhingga.

Dalam mata, bayangan yang dibentuk pada retina adalah nyata, terbalik, dan lebih kecil dari pada benda yang dilihat. Namun sekalipun terbalik bayangan tersebut akan diinterpretasikan di otak (pusat visual) menjadi bayangan tegak



Gambar 3.33.

(a) Mata rileks (tidak berakomodasi) lensa mata pipih sehingga jarak fokusnya paling jauh. (b) lensa mata lebih cembung sehingga jarak fokusnya lebih pendek

## 2. Gangguan Visual dan Cara Penanggulangannya

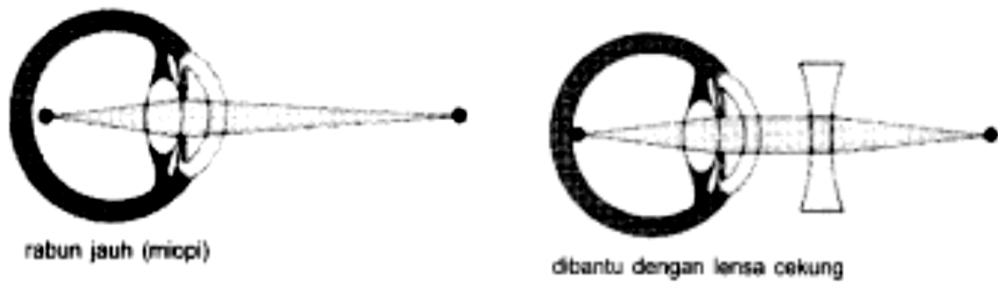
Visualisasi manusia yang memiliki mata normal (emetrop), biasanya memiliki titik dekat 25 cm dan titik jauh tak terhingga, tanpa bantuan kacamata. Namun, ada kemungkinan manusia mengalami ketidaknormalan penglihatan (visual), sehingga kemampuan visualnya menjadi terbatas, artinya manusia tersebut mengalami gangguan visual.

Berdasarkan bentuk ketidaknormalan penglihatan, macam gangguan visual pada manusia adalah sebagai berikut:

### a. Rabun Jauh (*miop*)

Manusia yang mengalami rabun jauh (*miop*), dapat melihat dengan jelas benda yang jaraknya 25 cm, tetapi tidak dapat melihat benda jauh dengan jelas. Keadaan ini terjadi karena lensa mata tidak dapat menjadi pipih sebagaimana mestinya sehingga bayangan benda yang jauh terbentuk di depan retina.

Mata *miop*, dapat dikoreksi dengan menggunakan lensa cekung (lensa negatif), yang bisa memancarkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata, sehingga bayangan jatuh pada retina.



(a) Mata Miop

(b) Koreksi Mata Miop

Gambar 3.34.

*b. Mata Dekat (Hipermetrop)*

Mata hipermetrop, memiliki titik dekat lebih besar dari 25 cm dan titik jauh pada jarak tak terhingga. Sehingga dapat melihat dengan jelas benda-benda yang sangat jauh tanpa berakomodasi, tetapi tidak dapat melihat benda dekat dengan jelas. Kondisi ini terjadi karena lensa mata tidak dapat menjadi cembung sebagaimana mestinya sehingga bayangan benda terbentuk di belakang retina.

Gangguan hipermetrop, dapat dikoreksi dengan kacamata lensa cembung, (lensa positif) yang akan menguncupkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata.



(a) Hipermetrop

(b) Koreksi Hipermetrop

Gambar 3.35.

*c. Mata Tua (Presbiop)*

Pada mata presbiop, daya akomodasi berkurang akibat bertambahnya usia. Akibatnya titik dekat dan titik jauhnya telah bergeser. Titik dekat presbiop lebih besar dari 25 cm dan titik jauhnya berada pada jarak tertentu. Oleh karena itu, mata presbiop tidak dapat melihat benda jauh dengan jelas, dan juga tidak dapat membaca pada jarak yang normal.

Mata presbiop dapat dikoreksi dengan kacamata berlensa rangkap (kacamata bifokal).

#### *d. Mata Astigmatisma*

Mata astigmatisma disebabkan oleh kornea mata yang tidak berbentuk sferik (irisan bola), melainkan lebih melengkung pada suatu bidang dari pada bidang lainnya. Akibatnya benda titik difokuskan sebagai garis pendek, atau memfokuskan sinar pada bidang vertikal lebih pendek dari pada benda pada bidang horizontal.

Penderita mata astigmatisma, dapat dikoreksi dengan kaca mata lensa silindris.

### **4. Gelombang Bunyi**

Contoh gelombang mekanik yang sangat erat kaitannya dengan peristiwa sehari-hari adalah gelombang bunyi. Gelombang bunyi di udara terdiri dari molekul-molekul udara yang bergetar maju-mundur. Tiap saat, molekul-molekul itu berdesakan di beberapa tempat, sehingga menghasilkan wilayah tekanan tinggi, tapi di tempat lain merenggang, sehingga menghasilkan wilayah tekanan rendah. Gelombang bertekanan tinggi dan rendah secara bergantian bergerak di udara, menyebar dari sumber bunyi dalam bentuk gelombang longitudinal tiga dimensi yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat misalnya di dalam air, batu bara, atau udara.

Kebanyakan suara adalah merupakan gabungan berbagai sinyal, tetapi suara murni secara teoritis dapat dijelaskan dengan kecepatan osilasi atau frekuensi yang diukur dalam Hertz (Hz) dan amplitudo atau kenyaringan bunyi yang diukur dalam desibel. Gelombang bunyi menghantarkan bunyi ke telinga manusia dengan kecepatan tertentu. Di udara, bunyi merambat dengan kecepatan 1.224 km/jam. Bunyi merambat lebih lambat jika suhu dan tekanan udara lebih rendah. Di udara tipis dan dingin pada ketinggian lebih dari 11 km, kecepatan bunyi 1.000 km/jam. Di air, kecepatannya 5.400 km/jam, jauh lebih cepat daripada di udara.

#### *a. Sumber Bunyi*

Bunyi dihasilkan oleh gangguan rapatan dan renggangan dalam suatu medium yang dapat meneruskan getaran. Bunyi yang dipancarkan oleh sumber getar diberikan pada partikel-partikel medium. Tiap partikel medium menerima bunyi dan kemudian memberikannya pada partikel yang ada di dekatnya.

Sumber bunyi adalah materi yang bergetar. Materi yang dimaksud di sini adalah udara, air, zat padat (logam). Sebagai contoh seorang yang meniup suling, sumber bunyinya adalah udara, genderang, gong, pengeras suara, gitar, biola, dan alat-alat bunyi lainnya mempunyai sumber bunyi sesuai dengan bentuk materi yang bergetar. Cara menggetarkannya dapat dipukul, dipetik atau degesek.



*b. Suara: gelombang bunyi yang dapat didengar*

Manusia mendengar bunyi saat gelombang bunyi, yaitu getaran di udara atau medium lain, sampai ke gendang telinga manusia. Batas frekuensi bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia kira-kira dari 20 Hz sampai 20 kHz pada amplitudo umum dengan berbagai variasi dalam kurva responsnya. Suara di atas 20 kHz disebut ultrasonik dan di bawah 20 Hz disebut infrasonik. Kebanyakan suara adalah merupakan gabungan berbagai sinyal, tetapi suara murni secara teoritis dapat dijelaskan dengan kecepatan osilasi atau frekuensi yang diukur dalam Hertz (Hz) dan amplitudo atau kenyaringan bunyi dengan pengukuran dalam desibel. Bunyi atau suara adalah kompresi mekanikal atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat misalnya di dalam air, batu bara, atau udara.

Bunyi kereta lebih nyaring daripada bunyi bisikan, sebab bunyi kereta menghasilkan getaran lebih besar di udara. Kenyaringan bunyi juga bergantung pada jarak kita ke sumber bunyi. Kenyaringan diukur dalam satuan desibel (dB). Bunyi pesawat jet yang lepas landas mencapai sekitar 120 dB. Sedang bunyi desiran daun sekitar 33 dB. Keragaman jarak sumber bunyi, kecepatan, dan kenyaringannya menyebabkan terjadi beberapa peristiwa yang khas dari bunyi antara lain gema, gaung, resonansi, dan warna bunyi.

Gema terjadi jika bunyi dipantulkan oleh suatu permukaan, seperti tebing pegunungan, dan kembali kepada kita segera setelah bunyi asli dikeluarkan dan relatif sama dengan aslinya. Sedangkan gaung pembauran bunyi akibat berpadunya antara bunyi asli dengan bunyi pantulannya. Gaung terdengar tidak sejelas gema. Kejernihan ucapan dan musik dalam ruangan atau gedung konser tergantung pada cara bunyi bergema dan bergaung di dalamnya.

Suatu benda, misalnya gelas, mengeluarkan nada musik jika diketuk sebab ia memiliki frekuensi getaran alami sendiri. Jika kita menyanyikan nada musik berfrekuensi sama dengan suatu benda, benda itu akan bergetar. Peristiwa ini dinamakan resonansi. Bunyi yang sangat keras dapat mengakibatkan gelas beresonansi begitu kuatnya sehingga pecah. Tentang warna bunyi dapat dijelaskan sebagai berikut.

Lalu apa yang dimaksud dengan warna bunyi? Secara umum, sumber bunyi tidak bergetar hanya dengan nada dasarnya, tetapi kadang-kadang disertai dengan nada-nada atasnya. Penggabungan nada dasar dan nada-nada atas akan menghasilkan bentuk gelombangnya tertentu untuk setiap sumber nada. Bentuk gelombang inilah yang menunjukkan warna dan kualitas bunyi sumber nada tersebut. Perbedaan

bentuk gelombang ini disebabkan oleh perbedaan nada-nada atas yang menyertai nada dasar.

Misalnya nada dasar sebuah dawai gitar sama dengan nada dasar dawai kecapi, akan tetapi ketika kedua musik tersebut dibunyikan secara bersamaan, kita tetap dapat membedakan, mana bunyi gitar dan yang mana bunyi kecapi, karena warna bunyi dawai gitar berbeda dengan warna bunyi dawai kecapi. Contoh yang lain, jika 4 orang bernyanyi secara bersamaan dengan lagu dan nada dasar yang sama, kita pun dapat membedakan suara masing-masing karena warna bunyi keempat orang tersebut adalah berbeda.

## Rangkuman

Gelombang adalah gangguan yang menjalar. Gerak gelombang dapat dipandang sebagai perpindahan (transfer) energi dan momentum atau perpindahan getaran dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam perpindahannya, gelombang ada yang memerlukan medium (disebut gelombang mekanik) dan ada yang tidak memerlukan medium (disebut gelombang elektromagnetik). Sedangkan dalam perambatannya, ada gelombang yang arah rambatnya tegak lurus arah getar (disebut gelombang transversal) dan ada yang arah rambatannya sejajar dengan arah getar (disebut gelombang longitudinal).

Cahaya adalah contoh gelombang elektromagnetik. Sinar cahaya adalah gelombang cahaya yang merambat dalam satu garis lurus. Sekumpulan sinar cahaya disebut berkas cahaya. Cermin adalah benda yang dapat memantulkan cahaya. Setiap pemantulan cahaya tunduk pada Hukum Pemantulan Cahaya yaitu (1) sinar datang, garis normal dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar dan (2) sudut datang sama dengan sudut pantul.

Pada cermin datar bayangan selalu bersifat maya, tegak dengan ukuran sama besar dengan bendanya, cermin cembung menghasilkan bayangan maya, tegak dan diperkecil, sedangkan bayangan pada cermin cekung dapat bersifat nyata atau pun maya begitu pun ukuran bayangannya dapat tegak atau terbalik, diperbesar, sama ataupun diperkecil bergantung kedudukannya di depan cermin.

Selain dipantulkan, cahaya juga dapat dibiaskan (dibelokkan). Cahaya mengalami pembiasan saat melalui bidang batas dua medium yang berbeda kerapatannya (indeks biasnya). Selain itu pembiasan cahaya juga menyebabkan penglihatan kita terhadap suatu objek menjadi tidak sesuai dengan sebenarnya. Misalnya, tongkat yang lurus nampak bengkok, dasar kolam atau sungai nampak

lebih dangkal, atau bahkan posisi bintang yang kita lihat bukan berada pada posisi sebenarnya.

Mata manusia mempunyai keterbatasan, ketika melihat benda yang sangat kecil, benda langit seperti bulan, matahari dan bintang yang sangat jauh, oleh karena itu, manusia menciptakan alat bantu berupa alat optik

Visualisasi manusia yang memiliki mata normal (emetrop), biasanya memiliki titik dekat 25 cm dan titik jauh tak terhingga, tanpa bantuan kaca mata. Namun, ada kemungkinan manusia mengalami ketidaknormalan penglihatan (visual), sehingga kemampuan visualnya menjadi terbatas, artinya manusia tersebut mengalami gangguan visual.(misal miop, hipermetrop, prsbiop dan astigmatima)

Di samping cahaya, bunyi juga adalah gelombang. Ia termasuk gelombang mekanik-longitudinal. Bunyi yang dapat didengar dikenal dengan istilah suara yang sebenarnya gelombang bunyi pada rentang frekuensi 20 Hz. sampai dengan 20.000 Hz. Meskipun frekuensinya sama suatu bunyi dapat terdengar berbeda warnanya. Seperti juga gelombang lainnya bunyi dapat merambat lurus, dipantulkan, dibelokkan, dan beresonansi. Pemantulan bunyi dapat menyebabkan gema dan gaung.

### Tes Formatif 3

#### **Pilih salah satu jawaban yang dianggap paling benar**

1. Gelombang arah getarnya lurus dengan arah rambatannya disebut.....
  - A. gelombang transversal
  - B. gelombang longitudinal
  - C. gelombang bunyi
  - D. gelombang cahaya
2. Contoh gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat adalah .....
  - A. gelombang radio
  - B. cahaya
  - C. gelombang TV
  - D. bunyi

3. Ketika berteriak dekat dinding tembok atau tebing kemudian terdengar gaung atau gema, merupakan bentuk .....

  - A. kecepatan gelombang
  - B. pantulan gelombang
  - C. pembiasan gelombang
  - D. pembelokan gelombang

4. Cahaya termasuk kepada .....

  - A. gelombang longitudinal
  - B. gelombang rampatan dan renggangan
  - C. gelombang elektromagnetik
  - D. gelombang transistor

5. Sinar datang pada benda yang memiliki permukaan tidak rata, maka pemantulannya bersifat ....

  - A. rata
  - B. sejajar
  - C. baur
  - D. bias

6. Sinar sejajar sumbu utama yang menuju ke cermin tampak dipantulkan oleh cermin melalui ....

  - A. titik api (fokus)
  - B. titik tengah permukaan pantul
  - C. sumbu utama
  - D. jari-jari kelengkungan.

7. Apabila kita berdiri di tepi kolam kemudian memasukan tongkat ke dalamnya, maka yang terjadi adalah tongkat kelihatan patah. Ini merupakan contoh dari .....

  - A. pemantulan cahaya
  - B. pembiasan cahaya
  - C. pembauran cahaya
  - D. kecepatan cahaya

8. Titik paling dekat dimana suatu benda dapat diletakan dan masih menghasilkan bayangan tajam pada retina, disebut...

  - A. punctum proximum

- B. punctum remotum
  - C. bintik buta
  - D. titik fokus
9. Suara di bawah 20 Hz, disebut....
- A. Ultrasonik
  - B. Infrasonik
  - C. Suprasonik
  - D. Supersonik
10. Astigmatisma dapat dikoreksi dengan mempergunakan .....
- A. lensa positif
  - B. lensa negatif
  - C. lensa silindris
  - D. lensa bifokal

### Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat pada bagian akhir Unit ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar. Gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Subunit 3.

Rumus:

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90 – 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 – 79% = cukup

< 70% = kurang

Bila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat melanjutkan dengan Unit selanjutnya. **Selamat untuk Anda !** Tetapi apabila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mempelajari kembali Subunit 3 terutama bagian yang belum Anda kuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

---

### Tes Formatif 1

1. B Materi secara konseptual merupakan sesuatu yang mempunyai masa dan menempati ruang
2. B Udara memiliki sifat bentuknya berubah dan menempati ruang
3. D Sifat partikel zat padat letaknya sangat berdekatan, susunannya sangat teratur dan kohesinya sangat kuat
4. D Masa jenis mempunyai sifat intensif dari materi adalah tidak tergantung pada jumlah materi
5. B Pemisahan garam dari larutan garam dalam air.
6. C Unsur merupakan materi yang tidak dapat diuraikan dengan reaksi kimia menjadi lebih sederhana
7. B Campuran homogen merupakan campuran dua atau lebih zat tunggal dengan perbandingan sembarang, semua partikel menyebar merata dan membentuk fasa, larutan gula termasuk salah satu contohnya
8. B Menyublim merupakan proses perubahan dari wujud padat menjadi gas, contoh kapur barus dibiarkan terbuka.
9. D Yang termasuk kepada perubahan kimia adalah besi berkarat, kayu terbakar, fotosintesis
10. B Pemisahan campuran air dan etanol, termasuk kepadadestilasi

### Tes Formatif 2

1. C Gaya untuk melakukan kerja dihasilkan oleh benda yang memiliki energi
2. B Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki benda yang bergerak oleh karenanya tergantung masa dan kecepatan benda
3. B Ketika mendorong meja terjadi perubahan energi kimia menjadi energi kinetik
4. C Keuntungan dari menggunakan sepeda kaitannya dengan kecepatan adalah dapat memperbesar kecepatan
5. C Cukup jelas, tinggal hitung dengan rumusan energi potensial ( $E_p = mgh$ )
6. D Apabila Energi kinetik yang dimiliki oleh sebuah benda makan besar maka kecepatannya diperbesar
7. C Gunakan rumus  $a = \frac{v - v_0}{t}$  kemudian cari  $F = m.a$
8. C Gunakan rumus  $v = g.t$  ( $g = 9,8 \text{ m/dtk}$ )

9. A Usaha yang dilakukan oleh suatu gaya bergantung gaya dan perpindahan
10. C Energi kimia banyak digunakan ketika melakukan olah raga

**Tes Formatif 3**

1. B Gelombang longitudinal memiliki rapatan dan regangan yang terjadi secara periodik dalam suatu medium dan arah getarnya lurus dengan dengan arah rambatnya.
2. B Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat
3. B Gaung atau gema terjadi karena adanya pantulan gelombang
4. C Cahaya termasuk gelombang elektromagnetik
5. C Sinar datang pada permukaan benda tidak rata, pemantulannya bersifat baur
6. A Sinar sejajar sumbu utama yang menuju ke cermin tampak dipantulkan oleh cermin melalui titik api (fokus)
7. B Pembiasan cahaya ini dikarenakan lintasan cahaya pada zat antara yang berbeda yaitu udara dan air akan mengakibatkan pembiasan (refraksi).
8. A Punctum proximum terjadi ketika mata dapat melihat jelas jika letak benda berada dalam jangkauan penglihatan antara titik dekat mata.
9. B Suprasonik suara yang bisa diterima di bawah 20 Hz
10. C Astigmatisma dikoreksi dengan lensa silindris

## Daftar Pustaka

---

- Ahmad, N. 2006. *Diktat Kuliah Konsep Dasar IPA*, Tasikmalaya : PGSD FIP
- Koes, S. 1999. *Konsep Konsep Dasar IPA*, Jakarta : Depdiknas. Dirjen DIKTI
- Sri, Y.M. 2006. *Konsep Dasar IPA*. Bandung : UPI PRESS
- Turk,Jonatan. (1991). *Physical Science*. Philadelphia: Saunders College Publishing



## Glosarium

---

Energi	: adalah sesuatu yang harus dimiliki benda dalam melakukan usaha.
Energi Kimia	: adalah energi yang dikandung suatu senyawa kimia dalam bentuk energi ikatan antara atom-atomnya.
Energi Listrik	: adalah energi yang diakibatkan oleh gerakan partikel bermuatan dalam suatu media (konduktor)
Energi Cahaya	: adalah energi yang dimiliki oleh gerakan foton dalam bentuk gelombang elektromagnetik
Destilasi	: yaitu pemisahan dua atau lebih zat cair berdasarkan perbedaan titik didihnya yang cukup besar.
Materi	: adalah sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruang; dan massa sebagai ukuran kuantitas materi
Sifat ekstensif	: yaitu sifat yang bergantung pada jumlah materi. Contohnya massa, energi, mol, volume, massa jenis.
Difraksi	: yaitu peristiwa berubahnya gelombang yang arahnya lurus menjadi gelombang yang arahnya menyebar setelah melewati celah.
Gelombang elektromagnetik:	yaitu gelombang yang dapat merambat tanpa medium
Punctum proximum	: adalah titik paling dekat di mana suatu benda dapat diletakan dan masih menghasilkan bayangan tajam pada retina ketika mata berakomodasi maksimum.

