

## **BAB XII**

# **KALOR DAN PERUBAHAN WUJUD**



1. Apa yang dimaksud dengan kalor?
2. Bagaimana pengaruh kalor pada benda?
3. Berapa jumlah kalor yang diperlukan untuk perubahan suhu benda?
4. Apa yang dimaksud dengan kalor jenis?
5. Berapa jumlah kalor yang diperlukan untuk perubahan wujud benda?
6. Apa yang dimaksud dengan kalor laten?
7. Mengapa terjadi perpindahan kalor?
8. Apa perbedaan konduksi, konveksi dan radiasi?

Di dalam pembahasan mengenai suhu dan pengukurannya, sudah dikemukakan secara singkat bahwa kalor adalah salah satu bentuk energi yang sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya untuk memasak, membakar sampah, menyetrika atau menyolder. Semua mesin-mesin penggerak yang menggunakan bahan bakar memerlukan kalor untuk melakukan pembakaran, dan kita semua mengetahui bahwa mesin-mesin tersebut sangat membantu manusia dalam melakukan pekerjaannya.

Keberadaan kalor sebagai energi tidak dapat kita lihat, tapi dapat kita ketahui dari akibat yang ditimbulkan pada suatu benda. Misalnya suhu benda berubah, volume benda berubah dan wujud benda berubah. Bagaimana cara mengukur jumlah kalor, bagaimana cara berpindahnya kalor? Untuk mengetahui hal itu, pelajarilah dengan baik seluruh uraian materi berikut ini.

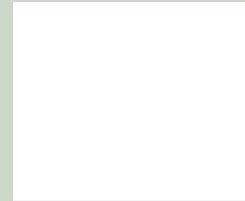
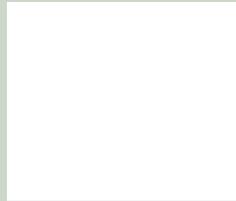
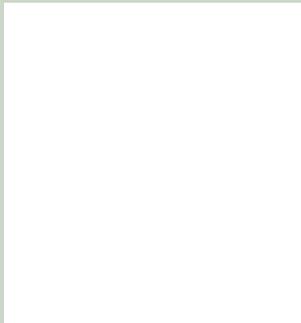
## 12.1. KALOR DAN PERUBAHAN SUHU

Sebelum membahas bagaimana cara mengukur jumlah kalor, terlebih dahulu harus dipahami bahwa kalor berbeda dengan suhu. Kalor adalah salah satu bentuk energi, sedangkan suhu menyatakan derajat panas dinginnya suatu benda. Agar perbedaan tersebut nampak dengan jelas, lakukan percobaan 12-1 secara berkelompok.

### Tugas percobaan 12-1

#### Prosedur percobaan :

1. Siapkan pembakar spiritus, kaki tiga, kasa, termometer, benda logam dan dua buah gelas kimia yang relatif kecil.
2. Isi kedua gelas kimia dengan air dan ukur berapa suhunya ( $t_a$ ). Masukkan benda logam ke dalam air di salah satu gelas kimia lalu panaskan sampai suhu  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berarti suhu logam juga  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



3. Angkat benda logam dari air panas (hati-hati), lalu masukkan dengan cepat ke dalam air di gelas kimia yang lain. Ukur berapa suhu akhir logam dan air tersebut ( $t_{ab}$ )

#### Pertanyaan :

1. Apakah besar perubahan suhu logam sama dengan besar perubahan suhu air?
2. Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut?

Pada saat benda panas dimasukkan ke dalam air dingin, terjadi perubahan suhu pada kedua benda. Benda yang mula-mula panas suhunya akan turun, sedangkan air yang mula-mula dingin suhunya akan naik. Pada akhirnya suhu kedua benda akan sama besar. Karena penurunan suhu yang dialami benda panas tidak sama dengan kenaikan suhu air dingin, maka yang pindah dari benda panas ke air dingin bukanlah suhu, melainkan sejumlah energi dalam bentuk kalor. Dengan demikian dapat diperoleh suatu pengertian bahwa jika dua benda yang suhunya berbeda dicampur atau digabungkan, maka akan terjadi perpindahan kalor dari benda suhu tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah. Perpindahan kalor itu akan berhenti setelah suhu kedua benda sama besar (setimbang termis).

Karena kalor adalah salah satu bentuk energi, maka dalam peristiwa perpindahan kalor tersebut berlaku *hukum kekekalan energi* yang dirumuskan dalam bentuk azas *Black* sebagai berikut :

*“Jika dua benda suhunya berbeda dicampur atau digabungkan, maka jumlah kalor yang dilepaskan oleh benda bersuhu tinggi sama dengan jumlah kalor yang diterima oleh benda yang bersuhu lebih rendah.”*

Sebagai salah satu bentuk energi maka satuan kalor dalam sistem Satuan Internasional adalah *joule (J)*. Satuan kalor yang lain adalah *kalori*, yang didefinisikan sebagai berikut :

*“Satu kalori adalah jumlah kalor yang diperlukan oleh 1 gr air untuk menaikkan suhunya sebesar 1°C.*

Untuk menentukan kesetaraan antara satuan joule dan kalori maka dilakukan percobaan, hasil yang diperoleh adalah :

$$1 \text{ kalori} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ joule}$$

Berapakah jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda?, atau sebaliknya berapakah jumlah kalor yang dilepaskan oleh suatu benda jika suhunya diperkecil? Untuk mengetahui hal itu, lakukanlah percobaan 12-2 secara berkelompok.

### **Tugas percobaan 12-2**

#### **Prosedur percobaan.**

1. Persiapkan pembakar spiritus, kaki tiga, kasa, termometer dan sebuah gelas kimia yang relatif kecil.
2. Isi gelas kimia dengan air dan ukur berapa suhunya ( $t_0$ ).
3. Panaskan air dan ukur berapa suhunya setiap selang waktu setengah menit. Catat semua data dalam tabel berikut.



Waktu pemanasan (detik)	Suhu air (°C)	Perubahan suhu air (°C)
0	$t_0 = \dots\dots$	$\Delta t_0 = t_0 - t_0 = \dots\dots$
30	$t_1 = \dots\dots$	$\Delta t_1 = t_1 - t_0 = \dots\dots$
60	$t_2 = \dots\dots$	$\Delta t_2 = t_2 - t_0 = \dots\dots$
90	$t_3 = \dots\dots$	$\Delta t_3 = t_3 - t_0 = \dots\dots$
120	$t_4 = \dots\dots$	$\Delta t_4 = t_4 - t_0 = \dots\dots$
150	$t_5 = \dots\dots$	$\Delta t_5 = t_5 - t_0 = \dots\dots$

#### **Pertanyaan.**

Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut? Jelaskan!

Semakin lama suatu benda dipanaskan akan semakin banyak kalor yang diterima oleh benda tersebut, maka lamanya pemanasan dalam percobaan 12-2 dapat diartikan sebagai jumlah kalor yang diterima oleh benda. Karena semakin lama benda dipanaskan perubahan suhunya juga semakin besar, maka secara umum dapat dikatakan bahwa : *jumlah kalor (Q) yang diperlukan atau dilepaskan oleh suatu benda, adalah sebanding dengan besarnya perubahan suhu benda ( $\Delta t$ )*”.

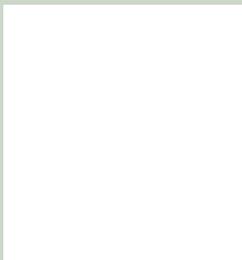
Artinya semakin besar perubahan suhu benda yang jenis dan massanya sama, maka jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan benda akan semakin besar.

Apakah jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan hanya bergantung pada perubahan suhu benda? Untuk mengetahui hal itu, lakukanlah percobaan 12-3 secara berkelompok.

### **Tugas percobaan 12-3**

#### **Prosedur percobaan.**

1. Persiapkan pembakar spiritus, kaki tiga, kasa, termometer dan dua buah gelas kimia yang relatif kecil.



2. Isi masing-masing gelas kimia dengan air yang massanya berbeda (misalnya dengan perbandingan massa 1 : 2), ukur berapa suhu air tersebut ( $t_0$ )?

3. Panaskan air tersebut secara bergantian dengan api yang sama. Berapa lama waktu yang diperlukan agar suhunya bertambah 10 derajat? Catat data tersebut dalam tabel sebagai berikut.

Massa air (kg)	Suhu awal ( $t_0$ )	Suhu akhir (t)	Perubahan suhu ( $\Delta t$ )	Waktu pemanasan (detik)
	.....	.....	10°	.....
	.....	.....	10°	.....

#### **Pertanyaan.**

Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut? Jelaskan!

Sama seperti pada saat kita memasak air di dapur, mendidihkan air yang jumlahnya lebih banyak akan memerlukan waktu lebih lama dibandingkan dengan mendidihkan air dalam jumlah sedikit. Ini menunjukkan bahwa : *jumlah kalor (Q) yang diperlukan atau dilepaskan oleh suatu benda adalah sebanding dengan massa benda (m)*”.

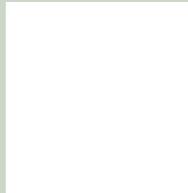
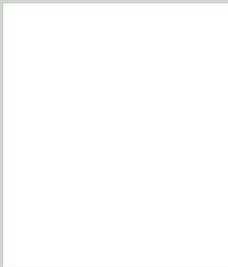
Artinya semakin besar massa benda yang jenis dan perubahan suhunya sama, maka jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan akan semakin besar.

Apakah jenis benda mempengaruhi jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan oleh suatu benda? Untuk mengetahui hal itu, lakukan percobaan 12-4 secara berkelompok.

### **Tugas percobaan 12-4**

#### **Prosedur percobaan.**

3. Persiapkan pembakar spiritus, kaki tiga, kasa, termometer dan dua buah gelas kimia yang relatif kecil.



1. Isi masing-masing gelas kimia dengan air dan minyak kelapa dengan massa yang sama, ukur berapa suhunya ( $t_0$ ).
2. Panaskan air dan minyak kelapa secara bergantian dengan api yang sama. Berapa lama waktu yang diperlukan agar suhunya bertambah 10 derajat? Catat data tersebut dalam tabel sebagai berikut.

Jenis benda	Massa benda (kg)	Suhu awal ( $t_0$ )	Suhu akhir (t)	Perubahan suhu ( $\Delta t$ )	Waktu pemanasan (detik)
Air		.....	.....	10°	.....
Minyak kelapa		.....	.....	10°	.....

#### **Pertanyaan.**

Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut? Jelaskan!

Walaupun massa dan perubahan suhu air dibuat sama dengan minyak, ternyata lama pemanasan yang diperlukan air dan minyak berbeda. Maka secara umum dapat dikatakan bahwa : *Jumlah kalor (Q) yang diperlukan atau dilepaskan oleh suatu benda yang massa dan perubahan suhunya sama, adalah bergantung pada jenis benda*"

Dari hasil percobaan yang sangat teliti dan menggunakan berbagai jenis bahan, telah diperoleh *jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan oleh 1 kg bahan untuk perubahan suhu sebesar 1°C*. Besaran itulah yang kemudian disebut sebagai *kalor jenis* yang diberi simbol c.

Perhatikan dengan baik kalor jenis beberapa jenis bahan seperti yang terlihat pada tabel 12-1 berikut.

**Tabel 12-1**

**Kalor jenis berbagai benda**

Jenis benda	Kalor jenis (J.kg <sup>-1</sup> .°C <sup>-1</sup> )	Jenis benda	Kalor jenis (J.kg <sup>-1</sup> .°C <sup>-1</sup> )
Air	4,19.10 <sup>3</sup>	Kaca	6,70.10 <sup>-2</sup>
Raksa	1,39.10 <sup>2</sup>	Kuningan	3,70.10 <sup>-2</sup>
Alkohol	2,30.10 <sup>2</sup>	Minyak tanah	2,20.10 <sup>-2</sup>
Aluminium	8,80.10 <sup>2</sup>	Perak	2,34.10 <sup>-2</sup>
Besi	4,60.10 <sup>2</sup>	Seng	3,90.10 <sup>-2</sup>
Emas	1,30.10 <sup>2</sup>	Tembaga	3,90.10 <sup>-2</sup>
Gliserin	2,40.10 <sup>3</sup>	Timbal	1,30.10 <sup>-2</sup>

Sebagai contoh mari kita ambil kalor jenis air, yaitu 4,19.10<sup>3</sup> J.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>. Artinya setiap 1 kg air, akan memerlukan atau melepaskan kalor sebesar 4,19.10<sup>3</sup>J, jika suhunya berubah sebesar 1°C. Berapakah jumlah kalor tersebut, jika massa dan suhu air berubah? Perhatikan tabel berikut dengan baik.

Massa (kg)	Perubahan suhu (°C)	Jumlah kalor yang diperlukan/dilepaskan (Q = .....J)
1	1	4,19.10 <sup>3</sup> = c
2	1	(2) 4,19.10 <sup>3</sup> = 2c
2	2	(2)(2) 4,19.10 <sup>3</sup> = 4c
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
m	Δt	(m)(Δt) 4,19.10 <sup>3</sup> = m.Δt.c

Berdasarkan penalaran seperti yang terdapat dalam tabel di atas, maka secara umum hubungan antara jumlah kalor diperlukan atau dilepaskan untuk perubahan suhu suatu benda, dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut : Dalam bentuk persamaan, hubungan antara jumlah kalor dengan massa, perubahan suhu dan jenis benda dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = mc.\Delta t \dots\dots\dots (12-1)$$

- Dengan : Q = jumlah energi kalor, satuannya (J)
- m = massa benda, satuannya (kg)
- c = kalor jenis benda, satuannya J.kg.°C<sup>-1</sup>
- Δt = perubahan suhu benda, satuannya (°C)

**Contoh Soal dan Jawabannya**

1.

2.

## 12.2. KALOR DAN PERUBAHAN WUJUD

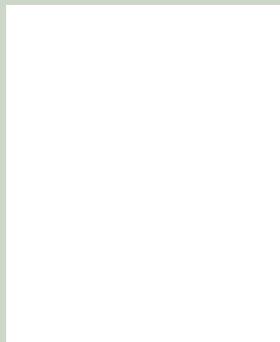
Selain mengalami perubahan suhu dan volume, benda yang terus dipanaskan atau didinginkan dapat mengalami perubahan wujud, yaitu dari padat menjadi cair yang disebut mencair (melebur), atau sebaliknya dari cair menjadi padat yang disebut membeku. Dari padat menjadi uap disebut menyublim, sebaliknya dari uap menjadi padat disebut juga membeku. Dari cair menjadi uap disebut menguap (mendidih), sebaliknya dari uap menjadi cair disebut mengembun.

Untuk melebur dan mendidih diperlukan sejumlah energi kalor, tapi pada saat membeku atau mengembun benda melepaskan sejumlah energi kalor. Berapakah jumlah energi kalor yang diperlukan atau dilepaskan pada saat benda mengalami perubahan wujud? Untuk mengetahui hal itu, lakukanlah percobaan 12-5 secara berkelompok.

### Tugas percobaan 12-4

#### Prosedur percobaan.

1. Persiapkan pembakar spiritus, kaki tiga, kasa, termometer dan gelas kimia yang relatif kecil.
2. Masukkan sejumlah air ke dalam gelas kimia, lalu panaskan seperti gambar. Ukur berapa suhu air setiap setengah menit dan catat seluruh data dalam tabel sebagai berikut.

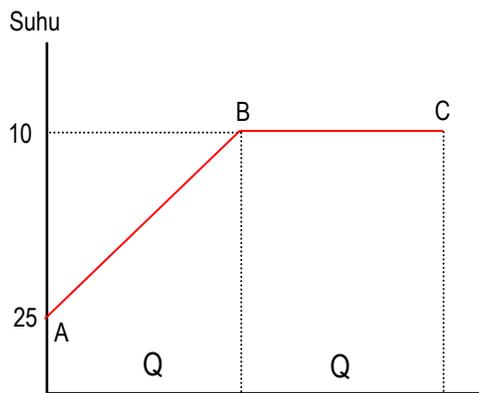


Waktu pemanasan (detik)	Suhu air (°C)	Keadaan air
0	.....	.....
30	.....	.....
60	.....	.....
90	.....	.....
120	.....	.....
150	.....	.....
:	:	
:	:	
:	:	
:	:	Sampai semua air habis menjadi uap

#### Pertanyaan.

1. Buat grafik hubungan antara waktu pemanasan (jumlah kalor yang diterima air) dengan suhu air.
2. Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut? Jelaskan!

Secara teoritis, jika percobaan tersebut kita lakukan di daerah yang memiliki ketinggian sama dengan permukaan laut (tekanan udara 1 atmosfer), akan diperoleh hubungan antara waktu pemanasan (jumlah kalor yang diterima) dan suhu air seperti grafik berikut.



Gambar 12-1.  
Grafik hubungan jumlah kalor dan suhu pada

Berdasarkan garis kurva grafik tersebut, maka dapat dijelaskan beberapa hal sebagai berikut :

1. Garis kurva AB menunjukkan bahwa suhu air mula-mula adalah  $25^{\circ}\text{C}$ , akibat pemanasan suhu air bertambah tinggi. Setelah air menerima energi kalor sebanyak ( $Q_1$ ), suhu air mencapai  $100^{\circ}\text{C}$ . Karena pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  air terlihat mendidih (menguap diseluruh bagian air), maka suhu  $100^{\circ}\text{C}$  disebut *titik didih air* atau *titik uap* air. Yaitu suhu pada

saat benda (air) mendidih. Dengan pengertian yang sama, maka suhu pada saat benda mengembun disebut *titik embun*, suhu pada saat benda membeku disebut *titik beku* dan suhu pada saat benda mencair atau melebur disebut *titik lebur*. Untuk jenis benda yang sama berlaku :

$$\text{Titik didih} = \text{titik embun}$$

$$\text{Titik lebur} = \text{titik beku}$$

Tetapi besar titik didih atau titik embun dan titik beku atau titik lebur *berbeda-beda untuk setiap jenis benda*.

Jumlah kalor yang diterima air untuk menaikkan suhu dari suhu awal sampai ke titik didihnya, dapat kita tentukan dengan menggunakan persamaan (12-1) yang sudah kita pelajari yaitu :

$$Q_1 = m.c.\Delta t$$

2. Garis kurva BC menunjukkan bahwa selama mengalami perubahan wujud (mendidih), suhu air tetap pada titik didihnya yaitu  $100^{\circ}\text{C}$  sampai semua air habis menjadi uap. Berarti energi kalor sebesar ( $Q_2$ ) yang diterima air selama mendidih tidak dipakai untuk menaikkan suhu, tetapi semuanya dipakai untuk perubahan wujud.

*“Jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan oleh satu satuan massa benda di dalam peristiwa perubahan wujud disebut kalor laten (L)”*.

Pada peristiwa mendidih atau menguap disebut *kalor laten penguapan*, pada peristiwa mengembun disebut *kalor laten pengembunan*, pada peristiwa melebur atau mencair disebut *kalor laten peleburan* dan pada peristiwa membeku disebut *kalor laten pembekuan*. Untuk jenis benda yang sama berlaku :

$$\text{kalor laten penguapan} = \text{kalor laten pengembunan}$$

$$\text{kalor laten pembekuan} = \text{kalor laten peleburan}$$

Tetapi besar kalor laten penguapan (pengembunan) dan kalor laten pembekuan (peleburan) *berbeda-beda untuk setiap jenis benda*.

Secara kuantitatif besarnya kalor laten dalam peristiwa perubahan wujud telah diselidiki oleh para pakar, beberapa hasilnya dapat dilihat dalam tabel 12-2 sebagai berikut.

**Tabel 12-2**

**Kalor laten berbagai benda**

Jenis benda	Titik lebur (°C)	Kalor laten peleburan (kJ.kg <sup>-1</sup> )	Titik didih (°C)	Kalor laten penguapan (kJ.kg <sup>-1</sup> )
Air	0	999	100	2252
Raksa	- 39	11,8	357	272
Etil alkohol	- 114	104	78	854
Nitrogen	- 209,9	25,5	- 195,8	201
Perak	960	88,3	2193	2335
Emas	1063	64,4	2660	1580
Timah	327	24,5	1620	912

Sebagai contoh kita lihat kalor laten penguapan air yaitu sebesar  $2252 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$ , maka secara fisis dapat diartikan bahwa :

*“jumlah energi kalor yang diperlukan oleh massa 1kg air, dalam perubahan wujud dari cair menjadi uap pada titik didihnya adalah sebesar 2252 kJ”.*

Jika massa air kita ubah-ubah, maka jumlah kalor yang diperlukan air untuk menguap pada titik didihnya adalah seperti tabel berikut :

Massa air (kg)	Jumlah kalor yang diperlukan (Q = .....k.J)
1	2252 = L
2	(2) 2252 = 2L
3	(3) 2252 = 3L
⋮	⋮
⋮	⋮
m	(m) $2252 \cdot 10^3 = m \cdot L$

Berdasarkan contoh tersebut, maka secara umum diperoleh kesimpulan bahwa jumlah energi kalor yang diperlukan oleh suatu benda untuk perubahan wujud adalah bergantung pada massa benda dan jenis benda. Dalam bentuk persamaan hubungan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = mL \dots\dots\dots (12-)$$

Dengan : Q = jumlah energi kalor, satuannya (J)  
M = massa benda, satuannya (kg)  
L = kalor laten, satuannya  $\text{J.kg}^{-1}$

### **Tugas diskusi 12-1**

Bagaimanakah bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara jumlah kalor yang diperlukan (Q) dan suhu (t), jika percobaan yang dilakukan hendak mengubah sejumlah es dengan suhu awal di bawah  $0^{\circ}\text{C}$  (minus) seluruhnya menjadi menjadi uap air pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ . Jelaskan bagaimana pengertian fisis yang dilukiskan dalam grafik tersebut!

### **Contoh Soal dan Jawabannya**

### 12.3. PERPINDAHAN KALOR

Kalian telah mengetahui bahwa kalor dapat pindah dari tempat yang bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu lebih rendah. Apakah perpindahan kalor pada benda padat sama dengan cara perpindahan kalor pada zat cair dan gas? Apakah perpindahan kalor selalu memerlukan medium atau zat perantara? Untuk mengetahui bagaimana cara perpindahan kalor tersebut, pelajailah uraian materi dan beberapa percobaan berikut ini.

#### Tugas percobaan 12-5

##### Prosedur percobaan.

2. Persiapkan beberapa benda batang yang ukuran fisiknya sama, tapi jenisnya berbeda-beda. Misalnya besi, aluminium, plastik dan kayu.



2. Masukkan masing-masing ujung batang pada lobang bejana dengan menggunakan sumbat karet, sehingga nampak seperti gambar.
3. Setiap ujung batang yang ada di luar bejana diberi sedikit margarin (mentega), kemudian ke dalam bejana dimasukkan sejumlah air panas sampai semua ujung logam terendam. Amati apakah yang terjadi ?

##### Pertanyaan.

1. Apakah semua margarin akan meleleh dalam waktu yang sama?
2. Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut? Jelaskan!

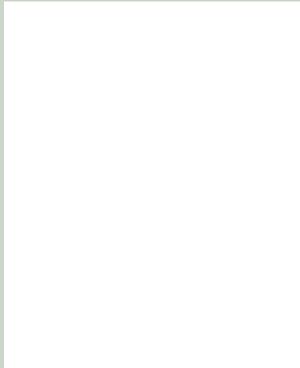
Berbagai benda memiliki daya penghantar kalor yang berbeda-beda. Benda sebagai penghantar kalor yang baik disebut *konduktor*, sedangkan benda sebagai penghantar kalor yang buruk (jelek) disebut *isolator*. Kayu dan plastik adalah contoh benda yang bersifat isolator, sedangkan logam semuanya bersifat konduktor. Tetapi aluminium dan tembaga memiliki sifat konduktor yang lebih baik dibandingkan dengan besi.

Perpindahan kalor di dalam benda padat dilakukan secara *konduksi (hantaran)*, yaitu perpindahan kalor yang tidak dilakukan oleh perpindahan partikel-partikel benda dari tempat panas ke tempat yang lebih dingin. Pada saat partikel benda padat menerima kalor getarannya akan semakin cepat, sehingga dapat menghantarkan kalor secara estapet kepada partikel-partikel yang ada di dekatnya. Demikian seterusnya sehingga nampak ada perpindahan kalor dari bagian benda yang panas ke bagian benda yang lebih dingin.

Bagaimanakah cara perpindahan kalor pada benda cair? Untuk mengetahui hal itu, lakukanlah percobaan 12-6 secara berkelompok.

### **Tugas percobaan 12-6**

#### **Prosedur percobaan pertama.**



1. Persiapkan sebuah gelas kimia yang relatif besar, pembakar spiritus, kaki tiga, kasa dan sedikit zat pewarna (kalium permanganat).
2. Isi air gelas kimia dengan air jernih, masukkan zat pewarna (hati-hati) agar berada di dasar bejana.
3. Panaskan air dengan pembakar spiritus seperti gambar. Amati apa yang terjadi di dalam air tersebut? Apakah lama kelamaan seluruh air akan menjadi panas?

#### **Prosedur percobaan ke dua.**



1. Persiapkan sebuah tabung reaksi, penjepit, zat pewarna dan pembakar spiritus.
2. Isi tabung reaksi dengan air jernih, letakkan zat pewarna agar berada di dasar bejana.
3. Panaskan air dengan pembakar spiritus seperti gambar. Amati apa yang terjadi di dalam air tersebut? Apakah lama kelamaan seluruh air akan menjadi panas?

#### **Pertanyaan.**

Kesimpulan apakah yang diperoleh dari ke dua percobaan tersebut? Jelaskan!

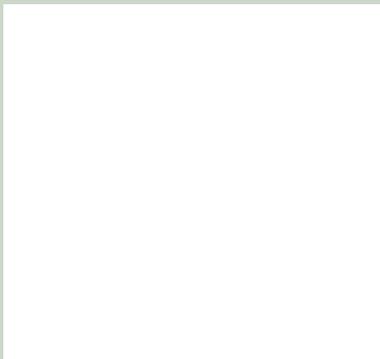
Perpindahan kalor pada benda cair adalah secara *konveksi (aliran)*, yaitu perpindahan kalor yang dilakukan oleh aliran partikel benda dari tempat panas ke tempat yang lebih dingin di atasnya. Hal itu disebabkan pada saat partikel benda cair menerima kalor, volumenya membesar massanya tetap, sehingga massa jenisnya lebih kecil dari partikel dingin. Akibatnya di dalam benda cair yang dipanaskan dari bawah, akan terjadi aliran partikel panas dari bawah ke atas dan partikel dingin dari atas ke bawah. Demikian seterusnya sehingga pada akhirnya semua bagian benda cair akan menjadi panas.

Jika bagian atas benda cair yang dipanaskan, maka bagian bawah benda cair itu akan tetap dingin. Sebab partikel benda cair yang panas (ringan) sudah berada di atas, sehingga konveksi tidak terjadi pada bagian bawah benda cair tersebut. Kejadian tersebut juga membuktikan bahwa benda cair tidak menghantarkan kalor secara konduksi.

Sama seperti perpindahan kalor pada benda cair, perpindahan kalor pada benda gas juga secara konveksi. Untuk mengetahui hal itu dengan baik, lakukanlah percobaan 12-7 secara berkelompok.

### **Tugas percobaan 12-7**

#### **Prosedur percobaan.**

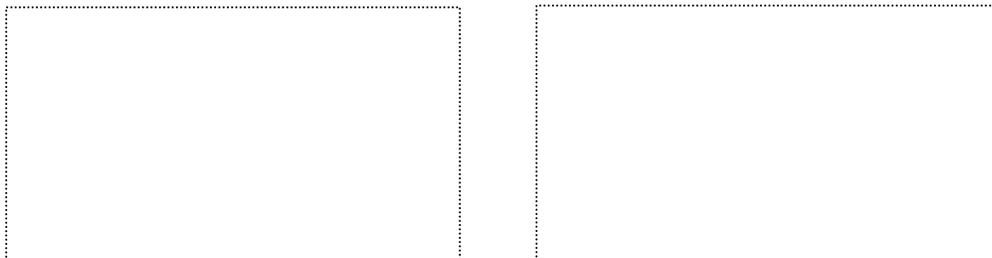


1. Siapkan sebuah kotak kayu atau kaleng yang bagian atasnya diberi dua lubang untuk memasang dua cerobong asap dari plastik seperti gambar.
2. Nyalakan lilin pendek dan letakkan di dalam kotak, tepat di bawah salah satu lubang dari cerobong tersebut.
3. Kemudian buat benda berasap dan letakkan di atas lubang cerobong yang lain. Amati apa yang terjadi dengan asap tersebut?

#### **Pertanyaan.**

Kesimpulan apakah yang diperoleh dari percobaan tersebut? Jelaskan!

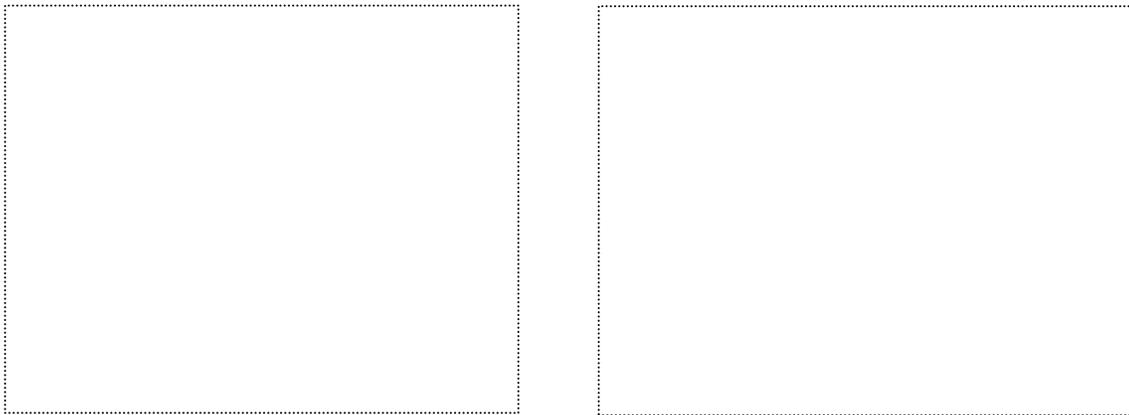
Salah satu peristiwa alam yang diakibatkan oleh adanya konveksi udara, adalah terjadinya angin darat dan angin laut. Pada siang hari daratan lebih cepat panas dibandingkan dengan lautan, sebab kalor jenis daratan lebih kecil dari kalor jenis lautan. Akibatnya udara di daratan akan naik dan tekanan udaranya relatif lebih kecil dari tekanan udara di atas lautan, maka akan terjadi gerakan udara atau angin dari laut ke daratan yang disebut sebagai *angin laut*.



**Gambar 12-2. Angin darat dan**

Pada malam hari kejadiannya terbalik, daratan lebih cepat dingin dibandingkan dengan lautan. Akibatnya tekanan udara di daratan relatif lebih besar dari tekanan udara di lautan, maka akan terjadi angin dari darat ke lautan yang disebut sebagai *angin darat*.

Apakah kalian pernah membuat api unggun? Semakin dekat kita berada dari api unggun, maka akan semakin panas yang kita rasakan. Tetapi kalau di antara kita dan api unggun diberikan suatu penghalang (misalnya kertas karton), maka kita tidak akan merasakan panasnya api unggun tersebut? Hal itu disebabkan karena panas yang kita rasakan dari api unggun, sebagian besar datang dari perpindahan kalor secara *radiasi (pancaran)*. Jika radiasi kalor itu dihalangi maka kalor tidak sampai ke kulit dan kita tidak akan merasakan adanya panas. Tetapi jika penghalang yang dipakai adalah kaca bening, maka kita tetap akan merasakan panasnya api unggun tersebut. Sebab kaca bening dapat ditembus oleh radiasi kalor.



Gambar 12-3. Perpindahan kalor

Peristiwa lain adalah perpindahan kalor dari matahari ke bumi yang jarak tempuhnya sangat jauh dan melalui ruang yang sebagian besar boleh dikatakan hampa udara (ingat tinggi atmosfer bumi jauh lebih pendek dibandingkan dengan jarak matahari-bumi). Peristiwa ini menunjukkan bahwa perpindahan kalor secara radiasi tidak memerlukan zat perantara, sebab energi kalor memancar dalam bentuk *gelombang elektromagnetik* (hal ini akan kita pelajari kemudian).

### **Tugas diskusi 12-2**

Gambarkan bagaimana konstruksi sebuah termos panas atau dingin, kemudian jelaskan mengapa benda yang disimpan dalam termos suhunya dapat bertahan dalam waktu yang relatif lama?



4. Pada dua benda yang jenisnya berbeda, tidak mungkin memiliki : .....
1. Kapasitas kalor yang sama
  2. Kalor jenis yang sama
  3. Kalor laten yang sama
  4. Massa jenis yang sama

Jawaban yang benar adalah :

- A. 1 dan 3                      B. 2 dan 4                      C. 1, 2 dan 3                      D. 1, 2, 3 dan 4

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

5. Benda yang lebih lambat menjadi panas dan lebih lambat menjadi dingin, menunjukkan bahwa ia memiliki, .....
- A. Kapasitas panas besar, kalor jenis besar
  - B. Kapasitas panas kecil, kalor jenis kecil
  - C. Kapasitas panas besar, kalor jenis kecil
  - D. Kapasitas panas kecil, kalor jenis besar

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

6. Angin darat dan angin laut adalah peristiwa alam yang disebabkan oleh adanya perpindahan kalor secara : .....
- A. Konduksi
  - B. Radiasi
  - C. Evaporasi
  - D. Konveksi

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

7. Titik lebur suatu benda selalu sama dengan titik : .....
- A. Beku
  - B. Didih
  - C. Embun
  - D. Uap

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

8. Pada suhu 4 °C, air memiliki : .....
- A. Massa jenis paling kecil, volume paling besar
  - B. Volume paling kecil, massa jenis paling kecil
  - C. Masa jenis paling besar, volume paling kecil
  - D. Volumepaling besar, massa jenis paling besar

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

9. Dalam Satuan Internasional kalor jenis air  $4,19 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ , bila dinyatakan dalam satuan ( $\text{kal} \cdot \text{gr}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ) besarnya menjadi : .....
- A.  $17,6 \cdot 10^6$
  - B.  $4,19 \cdot 10^6$
  - C.  $10^3$
  - D. 1

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

10. Sebuah benda yang massanya 200 gr memiliki kapasitas kalor  $26 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ , berarti kalorjenis benda tersebut adalah : .....
- A.  $5,2 \cdot 10^{-2}$
  - B.  $7,0 \cdot 10^{-2}$
  - C.  $1,3 \cdot 10^2$
  - D.  $5,2 \cdot 10^2$

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

**B. Bentuk Soal Uraian**

1. Berapakah jumlah kalor yang dibutuhkan untuk mengubah wujud 1kg air dari suhu  $25^{\circ}\text{C}$  menjadi uap air panas yang suhunya  $100^{\circ}\text{C}$ ? Kalor jenis air  $4,2 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ , kalor laten penguapan air  $2252 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$ .
2. Berapa jumlah kalor yang dibutuhkan untuk mengubah wujud 1 kg es yang suhunya  $-2^{\circ}\text{C}$ , menjadi air suhu  $20^{\circ}\text{C}$ ? Kalor jenis air  $4,2 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ , kalor jenis es  $2,1 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ , kalor lebur es  $333 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$ .
3. Dalam sebuah bejana yang kapasitas panasnya  $50 \text{ kal} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ , telah berisi 200 gr air dengan suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Jika ke dalam kalorimeter tersebut ditambahkan lagi 150 gr air panas yang suhunya  $100^{\circ}\text{C}$ , berapakah suhu akhir bejana tersebut? Kalor jenis air adalah  $4,2 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ .
4. Sebuah bejana kalorimeter yang terbuat dari 200 gr besi, telah berisi 100 gr air dengan suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Jika ke dalam kalorimeter dimasukkan 25 gr besi yang suhunya  $75^{\circ}\text{C}$ , ternyata suhu akhir kalorimeter naik menjadi  $20,2^{\circ}\text{C}$ . Berapa kalor jenis besi tersebut? Kalor jenis air adalah  $4,2 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ .
5. Sebuah kalorimeter tembaga yang massanya 51,6 gr berisi 101,2 gr air suhu  $33,1^{\circ}\text{C}$ . Jika ke dalam kalorimeter dimasukkan 30,4 gr es  $0^{\circ}\text{C}$ , ternyata suhu akhir kalorimeter menjadi  $8,2^{\circ}\text{C}$ . Berapakah kalor lebur es tersebut? Diketahui kalor jenis air  $4,2 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ , kalor jenis es  $2,1 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ , kalor jenis tembaga  $3,9 \cdot 10^2 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ .