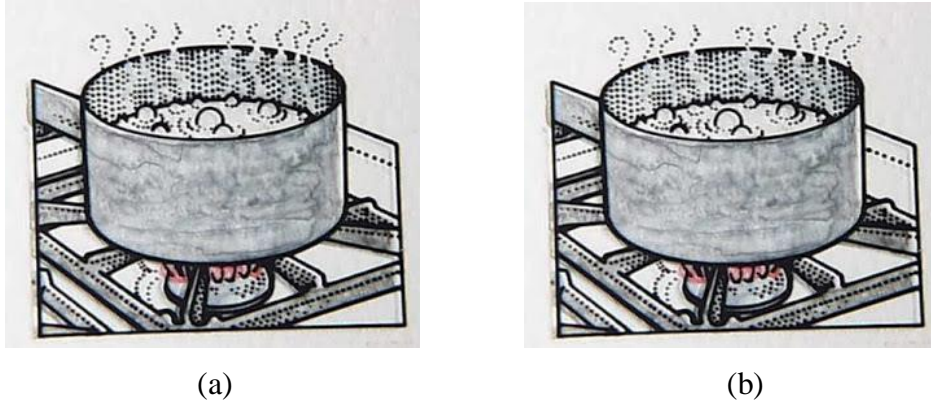


## BAB V

### KALOR DAN PERPINDAHANNYA

#### A. Pengertian Kalor

Suhu menyatakan tingkat panas suatu zat. Suatu zat memiliki tingkat panas tertentu karena di dalam benda terkandung energi panas.



**Gambar 5.1** (a) Panci berisi 100 g air dan (b) panci berisi 200 g air

Pada gambar 5.1 menunjukkan dua panci yang berisi air dengan volume berbeda. Air tersebut dididihkan pada suhu yang sama. Hasilnya, gambar (b) membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendidihkan air tersebut. Sehingga dapat kita simpulkan bahwa energi panas yang dibutuhkan untuk mendidihkan air 200 g lebih besar daripada mendidihkan air 100 g meskipun pada suhu yang sama.

Energi panas yang berpindah dari zat yang bersuhu lebih tinggi ke zat yang bersuhu lebih rendah disebut **kalor**. Perubahan suhu suatu zat dan perubahan wujud zat dari satu bentuk ke bentuk lain adalah fenomena yang berkaitan dengan kalor. Dalam satuan internasional (SI), kalor dinyatakan dalam satuan joule (J). Sementara satuan lain yang digunakan untuk menyatakan kalor adalah kalori (kal). Hubungan keduanya dapat dinyatakan sebagai berikut.

**Satu kalori adalah jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 gram air hingga naik sebesar 1°C**

**1 Kalori = 4,2 Joule  
1 Joule = 0,24 Kalori**

#### 1. Kalor dan Perubahan Suhu Benda

Suatu zat apabila menyerap kalor, maka suhu zat tersebut akan naik dan sebaliknya apabila zat itu melepaskan kalor, maka suhunya akan turun. Misalnya, air yang dipanasi

menggunakan spiritus maka suhu air lama-kelamaan akan naik. Hal tersebut menandakan bahwa air menyerap kalor/panas. Sebaliknya, suhu benda akan turun jika kalor dilepaskan dari benda itu. Air panas jika dibiarkan lama-kelamaan akan mendingin mendekati suhu ruang. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian kalor dilepaskan benda tersebut ke lingkungan.

Ketika kita akan memanasi minyak goreng dan air pada suhu yang sama, maka akan membutuhkan waktu yang berbeda. Hal itu menunjukkan bahwa kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda hingga suhu tertentu dipengaruhi juga oleh jenis benda. Besaran yang digunakan untuk menunjukkan hal ini adalah kalor jenis. Berikut ini nilai kalor jenis berdasarkan jenis bahan yang berbeda-beda:

**Tabel 5.1** Kalor jenis beberapa bahan

Bahan	Kalor Jenis (J/(kg.K))
Air	4.184
Alkohol	2.450
Aluminium	920
Karbon	710
Pasir (Grafit)	664
Besi	450
Tembaga	380
Perak	235

Kesimpulan yang dapat kita ambil dari penjelasan di atas sebagai berikut:

- Kalor untuk menaikkan suhu benda bergantung pada jenis benda itu.
- Makin besar kenaikan suhu benda, kalor yang diperlukan makin besar pula.
- Makin besar massa benda, kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu makin besar pula.

Jumlah kalor yang diserap atau dilepaskan zat sebanding dengan massa zat, kalor jenis zat, dan perubahan suhu zat tersebut. Besarnya zat yang menyerap atau melepas kalor dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Keterangan:

Q = kalor yang diserap atau dilepas (Joule)

m = massa zat (kg)

c = kalor jenis zat (J/kg°C)

$\Delta T = T - T_0 =$  perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_0 =$  suhu mula – mula ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T =$  suhu akhir zat ( $^{\circ}\text{C}$ )

**Kapasitas kalor** adalah banyaknya kalor yang diperlukan atau dilepaskan untuk menaikkan atau menurunkan temperatur sebesar  $1^{\circ}\text{C}$ . Kapasitas kalor dirumuskan sebagai berikut.

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Dengan demikian, persamaan kalor juga dapat ditulis menjadi :

$$Q = C\Delta T = mc\Delta T$$

Jadi, hubungan antara kapasitas kalor dan kalor jenis yaitu :

$$C = mc$$

Keterangan :

$C =$  kapasitas kalor zat ( $\text{J}/^{\circ}\text{C}$ )

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

$c =$  kalor jenis zat ( $\text{J}/\text{kg } ^{\circ}\text{C}$ )

Contoh Soal:

1. Berapa kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu  $500 \text{ g}$  air, dari suhu mula-mula  $20^{\circ}\text{C}$  menjadi  $100^{\circ}\text{C}$  ?

Penyelesaian:

Diketahui :  $m = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$

$c = 4.184 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \rightarrow$  (kalor jenis lihat di Tabel 5.1)

$\Delta T = (100-20)^{\circ}\text{C} = 80^{\circ}\text{C} = 80 \text{ K}$

Ditanya : kalor yang dibutuhkan?

Jawab :

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

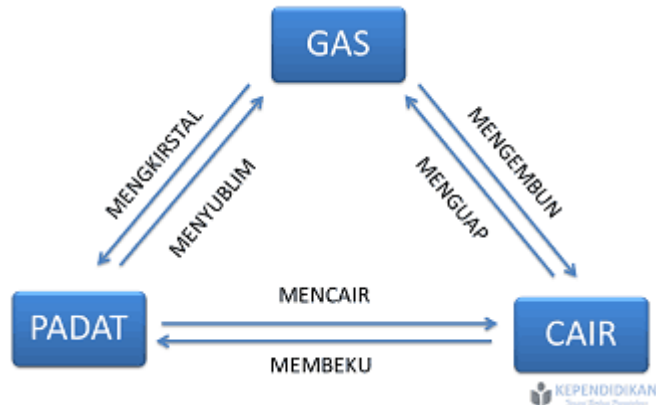
$$= 0.5 \times 4.184 \times 80$$

$$= 167.360 \text{ J}$$

Jadi, kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu  $500 \text{ g}$  air adalah  $167.360 \text{ J}$

## 2. Kalor Pada Perubahan Wujud Benda

Jika suatu benda diberi kalor, benda tersebut dapat mengalami perubahan wujud dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Wujud zat tersebut dapat berupa padat, cair, atau gas. Skema perubahan wujud zat dijelaskan sebagai berikut.



**Gambar 5.2** Skema Perubahan Wujud Zat

### a. Mencair (Melebur) dan membeku

#### ➤ Mencair (Melebur)

Melebur merupakan perubahan wujud zat dari padat menjadi cair. Pada saat melebur, zat memerlukan kalor dan temperturnya tetap. Keadaan temperatur yang tetap ketika zat padat melebur disebut titik lebur. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk mengubah satu satuan massa zat padat menjadi zat cair pada titik leburnya disebut kalor lebur.

**Tabel 5.2** Kalor Lebur Suatu Zat

No	Nama Zat	Titik Lebur (oC)	Kalor Lebur (J/kg)
1	Alkohol (etanol)	-97	69.000
2	Raksa	-39	120.000
3	Air	0	336.000
4	Timbal	327	25.000
5	Platina	1.769	113.000
6	Aluminium	660	403.000
7	Tembaga	1.083	206.000

#### ➤ Membeku

Membeku merupakan perubahan wujud zat dari cair menjadi padat. Pada saat zat cair berubah menjadi zat padat, terjadi pelepasan kalor. Banyaknya kalor yang

dilepaskan ketika satu satuan massa zat cair berubah menjadi zat padat pada titik bekunya disebut kalor beku. Titik beku adalah temperatur ketika zat cair berubah menjadi padat. Untuk zat yang sama, kalor lebur sama dengan kalor beku. Kalor lebur atau kalor beku dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q = m \times L$$

Keterangan :

Q = kalor (J);

m = massa (kg); dan

L = kalor lebur atau kalor beku (J/kg).

Contoh Soal :

Berapakah kalor yang diperlukan untuk meleburkan 5 kg air dalam keadaan beku (es), jika kalor lebur air tersebut 336.000 J/kg?

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

$L_{\text{air}} = 336.000 \text{ J/kg} =$

Ditanya : kalor yang diperlukan?

Jawab :

$Q = m \times L$

$Q = (5 \text{ kg}) (336.000 \text{ J/kg})$

$Q = 16,8 \times 10^5 \text{ J} = 16,8 \times 100000$

Jadi, kalor yang diperlukan untuk meleburkan 5 kg air dalam keadaan beku adalah  $16,8 \times 10^5 \text{ J}$

$10^5 = 100000$

## **b. Menguap, Mengembun, dan Mendidih**

### ➤ Menguap

Menguap adalah perubahan wujud zat cair menjadi gas. Pada saat menguap, zat memerlukan kalor. Faktor-faktor yang mempercepat penguapan adalah :

- Memanaskan zat cair.
- Memperbesar luas permukaan zat cair.
- Mengalirkan udara kering ke permukaan zat cair.
- Mengurangi tekanan uap di permukaan zat cair.

### ➤ Mengembun

Mengembun adalah perubahan wujud zat dari gas menjadi cair. Pada saat mengembun, zat melepaskan kalor dan temperatur zat selalu tetap. Banyaknya kalor yang dilepaskan satu satuan massa uap ketika berubah seluruhnya menjadi zat cair disebut kalor embun. Untuk zat yang sama, kalor uap sama dengan kalor embun. Banyaknya kalor yang diperlukan atau dilepaskan untuk mendidih atau mengembun dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$Q = m \times U$$

Dengan :

Q = banyak kalor (J);

m = massa zat (kg); dan

U = kalor uap atau kalor embun (J/kg).

#### ➤ Mendidih

Zat cair dikatakan mendidih jika terbentuk gelembung uap di seluruh bagian zat cair. Pada saat zat cair mendidih, temperatur zat tetap walaupun kalor diberikan terus-menerus. Temperatur zat cair ketika mendidih disebut titik didih. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk mengubah satu satuan massa zat cair agar menjadi uap semua disebut kalor uap.

**Tabel 5.3** Kalor Uap Zat

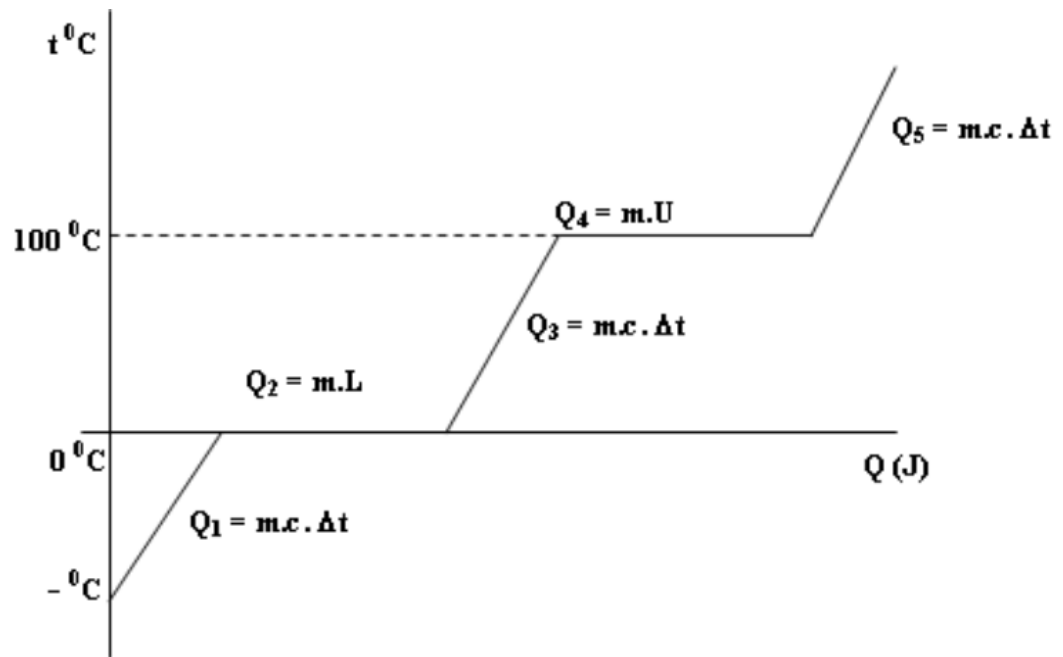
Nama Zat	Titik Didih	Kalor Uap (J/kg)
Oksigen	-183	$3,237 \times 10^5$
Alkohol	78	$1,1 \times 10^6$
Air	100	$2,25 \times 10^6$
Raksa	357	$2,98 \times 10^5$
Timbal	1620	$7,35 \times 10^6$
Tembaga	2300	$7,35 \times 10^6$

#### c. Menyublim

Menyublim adalah perubahan wujud padat menjadi gas atau sebaliknya. Contoh peristiwa menyublim adalah kapur barus yang pada awalnya berukuran besar lama – kelamaan menjadi kecil.

#### d. Perubahan Wujud pada Air

Air dapat berwujud padat, cair, atau gas sesuai dengan suhunya. Di bawah suhu 0 °C air berwujud padat atau biasa disebut dengan es. Pada suhu 0 °C – 100 °C air berwujud cair. Sedangkan pada suhu di atas 100 °C air berubah menjadi uap. Berikut ini adalah grafik perubahan wujud pada air.



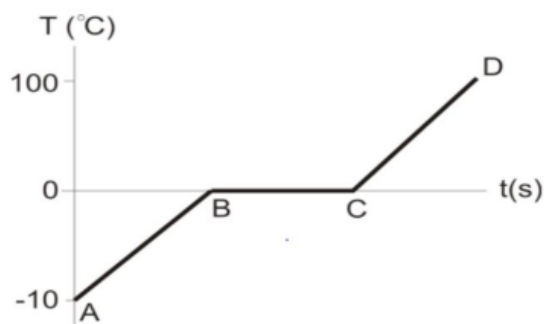
Gambar 5.3 Grafik Perubahan Wujud pada Air

Kalor untuk mengubah wujud zat disebut juga kalor laten.



Contoh Soal:

- Perhatikanlah gambar yang ada dibawah ini dan hitunglah jumlah kalor yang diperlukan untuk merubah 500 gram es yang ada pada titik A ke C, apabila kalor jenis es 2.100 J/Kg °C dan kalor lebur es itu adalah 336.000 J/Kg!



Penyelesaian:

$$\text{Diketahui : } m_{\text{es}} = 500 \text{ gram} = 0,5 \text{ kg}$$

$$c_{\text{es}} = 2.100 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$L_{\text{es}} = 336.000 \text{ J/Kg}$$

$$\Delta T_{\text{A-B}} = 0 - (-10) = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ditanya : kalor pada proses A ke C?

Jawab :

$$Q_{\text{A-C}} = Q_{\text{A-B}} + Q_{\text{B-C}}$$

$$Q_{\text{A-C}} = (m_{\text{es}} \times c_{\text{es}} \times \Delta T) + (m_{\text{es}} \times L_{\text{es}})$$

$$Q_{\text{A-C}} = (0,5 \times 2100 \times 10) + (0,5 \times 336000)$$

$$Q_{\text{A-C}} = 10500 + 168000$$

$$Q_{\text{A-C}} = 178500$$

Jadi, kalor dari proses A hingga ke C adalah 178500 Joule.

### 3. Asas Black

Asas Black adalah suatu prinsip dalam termodinamika yang dikemukakan oleh Joseph Black. Bunyi Asas Black adalah sebagai berikut.

*“Pada pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang dilepas zat yang suhunya lebih tinggi sama dengan banyaknya kalor yang diterima zat yang suhunya lebih rendah”.*

Dua buah benda yang berbeda suhunya jika dicampur maka benda yang bersuhu rendah akan menyerap kalor dan benda yang bersuhu tinggi akan melepas kalor. Sesuai dengan Asas Black menyatakan bahwa besarnya kalor yang diserap sama dengan kalor yang dilepas.

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$
$$m_1 \times c_1 \times \Delta T_1 = m_2 \times c_2 \times \Delta T_2$$

dengan  $\Delta T_1 = T - T_{\text{akhir}}$  dan  $\Delta T_2 = T_{\text{akhir}} - T$ , maka kita mendapatkan persamaan berikut.

$$m_1 \times c_1 \times (T_1 - T_c) = m_2 \times c_2 \times (T_c - T_2)$$

**Keterangan:**

$m_1$  = massa benda 1 yang suhunya tinggi (kg)

$m_2$  = massa benda 2 yang suhunya rendah (kg)



$c_1$  = kalor jenis benda 1 (J/kg°C)

$c_2$  = kalor jenis benda 2 (J/kg°C)

$T_1$  = suhu mula-mula benda 1 (°C atau K)

$T_2$  = suhu mula-mula benda 2 (°C atau K)

$T_c$  = suhu akhir atau suhu campuran (°C atau K)

Contoh Soal :

1. Air sebanyak 0,5 kg yang bersuhu 100°C dituangkan ke dalam bejana dari aluminium yang memiliki massa 0,5 kg. Jika suhu awal bejana sebesar 25°C, kalor jenis aluminium 900 J/kg°C, dan kalor jenis air 4.200 J/kg°C, maka tentukan suhu kesetimbangan yang tercapai! (anggap tidak ada kalor yang mengalir ke lingkungan)

**Penyelesaian:**

Diketahui:  $m_{bjn} = 0,5$  kg

$m_{air} = 0,5$  kg

$T_{air} = 100^\circ\text{C}$

$T_{bjn} = 25^\circ\text{C}$

$c_{air} = 4.200$  J/kg°C

$c_{bjn} = 900$  J/kg°C

Ditanyakan:  $T_{akhir}/T_{termal} = \dots ?$

**Jawab:**

$$Q_{Lepas} = Q_{Terima}$$

$$m_{air} \times c_{air} \times \Delta T_{air} = m_{bjn} \times c_{bjn} \times \Delta T_{bjn}$$

$$m_{air} \times c_{air} \times (T_{air} - T_{termal}) = m_{bjn} \times c_{bjn} \times (T_{termal} - T_{bjn})$$

$$0,5 \times 4.200 \times (100 - T_{termal}) = 0,5 \times 900 \times (T_{termal} - 25)$$

$$2100 \times (100 - T_{termal}) = 450 \times (T_{termal} - 25)$$

$$210000 - 2.100T_{termal} = 450T_{termal} - 11.250$$

$$450T_{termal} + 2.100T_{termal} = 210.000 + 11.250$$

$$2.550T_{termal} = 221.250$$

$$T_{termal} = 221.250/2.550$$

$$T_{termal} = 86,76^\circ\text{C}$$

Jadi, suhu kesetimbangannya adalah 86,76°C.

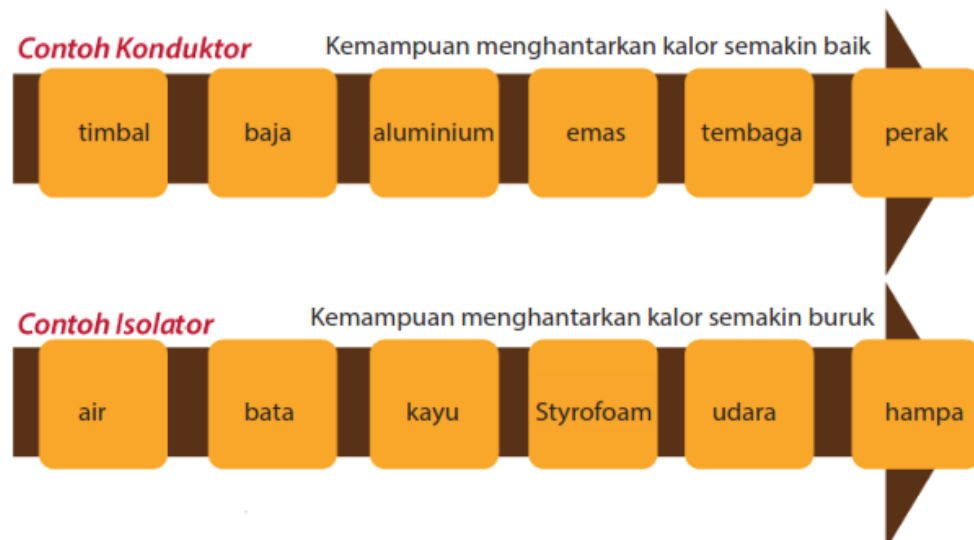
## B. Perpindahan Kalor

Secara alamiah kalor dapat berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah. Ada tiga cara perpindahan kalor yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

### 1. Konduksi

**Konduksi** adalah perpindahan kalor melalui zat tanpa disertai perpindahan partikel zat itu. Konduksi terjadi pada zat padat. Misalnya saat menyetrিকা, setrika yang panas bersentuhan dengan kain yang disetrিকা. Maka kalor tersebut berpindah dari setrika ke kain.

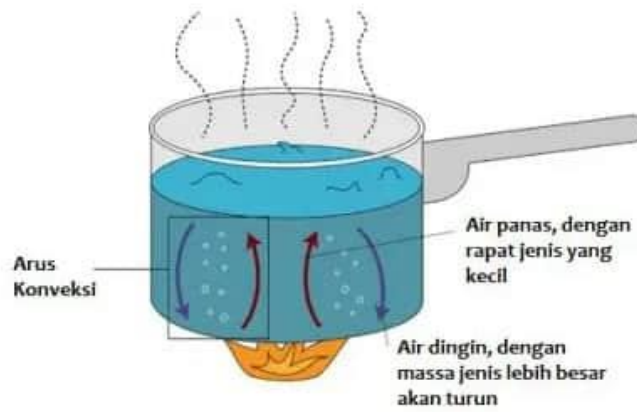
Benda yang jenisnya berbeda memiliki kemampuan menghantarkan panas secara konduksi (konduktivitas) yang berbeda pula. Bahan yang mampu menghantarkan panas dengan baik disebut **konduktor**. Bahan yang menghantarkan panas dengan buruk disebut **isolator**.



**Gambar 5.3** Bahan-bahan konduktor dan isolator panas

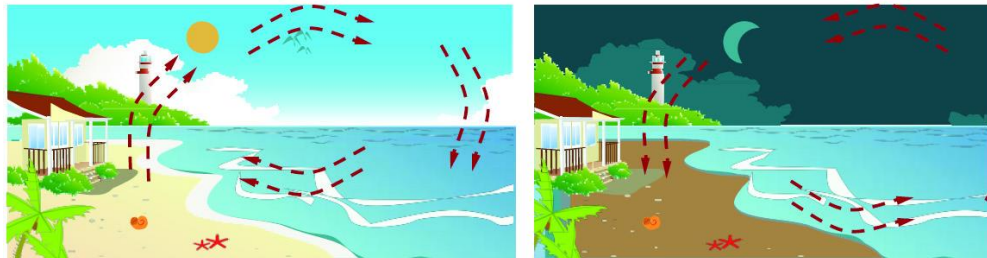
### 2. Konveksi

**Konveksi** adalah perpindahan kalor melalui suatu zat yang disertai perpindahan partikel zat tersebut. Konveksi terjadi pada gas dan zat cair. Contoh perpindahan kalor secara konveksi adalah air yang mendidih ketika bagian bawah panci dipanaskan. Saat air bagian bawah mendapatkan kalor dari pemanas, partikel air memuai sehingga menjadi lebih ringan dan bergerak naik dan digantikan dengan partikel air dingin dari bagian atas. Dengan cara ini, panas dari air bagian bawah berpindah bersama aliran air menuju bagian atas.



**Gambar 5.4** Pola Aliran Konveksi

Arus konveksi dapat juga ditemui di pantai yaitu berupa angin laut dan angin darat.



**Gambar 5.5** Bagaimanakah konveksi dapat menimbulkan angin laut dan angin darat?

- Siang Hari  
Daratan lebih cepat panas daripada lautan (kalor jenisnya kecil), udara di atas daratan ikut panas dan bergerak naik, digantikan oleh udara dari lautan. Dengan demikian, terjadilah angin laut.
- Malam Hari  
Daratan lebih cepat mendingin daripada lautan, udara di atas lautan lebih hangat dan bergerak naik, digantikan oleh udara dari daratan. Dengan demikian, terjadilah angin darat.

### 3. Radiasi

**Radiasi** adalah perpindahan kalor tanpa memerlukan zat perantara. Contohnya sinar matahari sampai ke bumi melalui radiasi. Alat yang digunakan untuk mendeteksi pancaran kalor radiasi adalah termoskop. Benda yang permukaannya hitam, akan memancarkan dan menyerap kalor radiasi lebih baik dibandingkan dengan benda yang permukaannya putih mengkilap.

Setiap benda dapat memancarkan dan menyerap radiasi kalor, yang besarnya bergantung pada suhu benda dan warna benda.

- Makin panas benda dibandingkan dengan panas lingkungan sekitar, makin besar pula kalor yang diradiasikan ke lingkungannya.
- Makin luas permukaan benda panas, makin besar pula kalor yang diradiasikan ke lingkungannya.
- Makin rendah suhu benda, makin besar pula kalor yang diterima dari lingkungannya.
- Makin luas permukaan benda dingin, makin besar pula kalor yang diterima dari lingkungannya.
- Makin gelap benda yang terasa panas, makin besar pula kalor yang diradiasikan ke lingkungannya.
- Makin gelap benda yang terasa dingin, makin besar pula kalor yang diterima dari lingkungannya.