

BBM 6

SUHU DAN KALOR

PENDAHULUAN

Bahan Belajar Mandiri (BBM) ini merupakan BBM keenam dari mata kuliah Konsep Dasar Fisika untuk SD yang membahas mengenai suhu dan kalor. Dalam keseharian, kita sering kali menemukan atau merasakan suatu keadaan “panas” atau “dingin”. Es diketahui lebih dingin dibandingkan benda-benda yang ada di sekitarnya. Sebaliknya, api lebih panas dibandingkan dengan benda-benda lainnya. Contoh lain, suatu saat kita tentu pernah mengikuti kegiatan perkemahan di daerah pegunungan. Ketika tiba waktunya malam hari, sangat terasa dinginnya udara pegunungan, bahkan terkadang kita sampai menggigil. Kemudian teman kita berinisiatif mengumpulkan ranting-ranting pepohonan untuk membuat api unggun. Seketika badan kita terasa hangat. Bahkan bila jarak kita terlalu dekat, kita akan merasakan panas. Keadaan panas dan dinginnya suatu benda dinyatakan dalam suatu besaran yang dinamakan suhu. Akan tetapi, keadaan panas atau dinginnya suatu benda ini melahirkan pengertian yang relatif, artinya setiap orang memiliki standar yang berbeda-beda. Oleh karena itu perlu dibuat standar dalam menentukan derajat panas atau dingin, sehingga penting bagi kita untuk mengetahui besaran suhu melalui alat pengukur suhu atau termometer.

Ketika kita berada dekat benda panas, pada dasarnya terjadi perpindahan kalor dalam bentuk radiasi dari benda panas tersebut ke tubuh kita, sehingga kita merasakan panas melalui kulit. Perubahan keadaan dari panas menjadi dingin atau sebaliknya selalu berkaitan dengan adanya perpindahan panas atau kalor. Pada kegiatan belajar ini akan kita pelajari bagaimana pengaruh suhu terhadap perubahan wujud suatu benda, juga dibicarakan mengenai bagaimana proses yang terjadi pada perpindahan kalor.

Dalam BBM ini, akan disajikan dua kegiatan belajar, yaitu:

1. Kegiatan Belajar 1 : Suhu
2. Kegiatan Belajar 2 : Kalor

Setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan memiliki kompetensi menjelaskan suhu dan kalor. Secara lebih khusus lagi, Anda diharapkan dapat:

1. Membedakan jenis-jenis termometer.
2. Membedakan jenis-jenis skala yang digunakan pada termometer.
3. Menghitung dan mengkonversi nilai suhu pada beberapa skala.
4. Menjelaskan jenis-jenis pemuaian pada zat padat, zat cair, dan gas.
5. Menganalisis pengaruh kalor terhadap suhu dan wujud benda.
6. Menerapkan asas Black secara kuantitatif.
7. Menjelaskan peristiwa perubahan wujud.
8. Menjelaskan proses perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

Pembelajaran mengenai suhu dan kalor dipelajari di Kelas IV Semester 1 dengan Standar Kompetensi “Memahami beragam sifat dan perubahan wujud benda serta berbagai cara penggunaan benda berdasarkan sifatnya” dan Kompetensi Dasar:

- Mendeskripsikan terjadinya perubahan wujud cair → padat → cair; cair → gas → cair; padat → gas;

serta di kelas V Semester 1 dengan Standar Kompetensi “Memahami hubungan antara sifat bahan dengan penyusunnya dan perubahan sifat benda sebagai hasil suatu proses” dan Kompetensi Dasar:

- Menyimpulkan hasil penyelidikan tentang perubahan sifat benda, baik sementara maupun tetap.

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

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

KEGIATAN BELAJAR 1

SUHU

Kita menyadari bahwa setiap benda pada umumnya dapat mengalami perubahan, baik itu sifatnya maupun wujudnya. Misalnya perubahan wujud yang terjadi pada air, dimana air dapat berubah wujud menjadi es (membeku) atau berubah wujud menjadi uap (menguap). Tentu saja perubahan itu tidak serta merta terjadi, tetapi ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan perubahan wujudnya. Penyebab perubahan wujud pada air umumnya disebabkan oleh panas atau dingin (meskipun panas atau dingin bukanlah satu-satunya penyebab air berubah wujud).

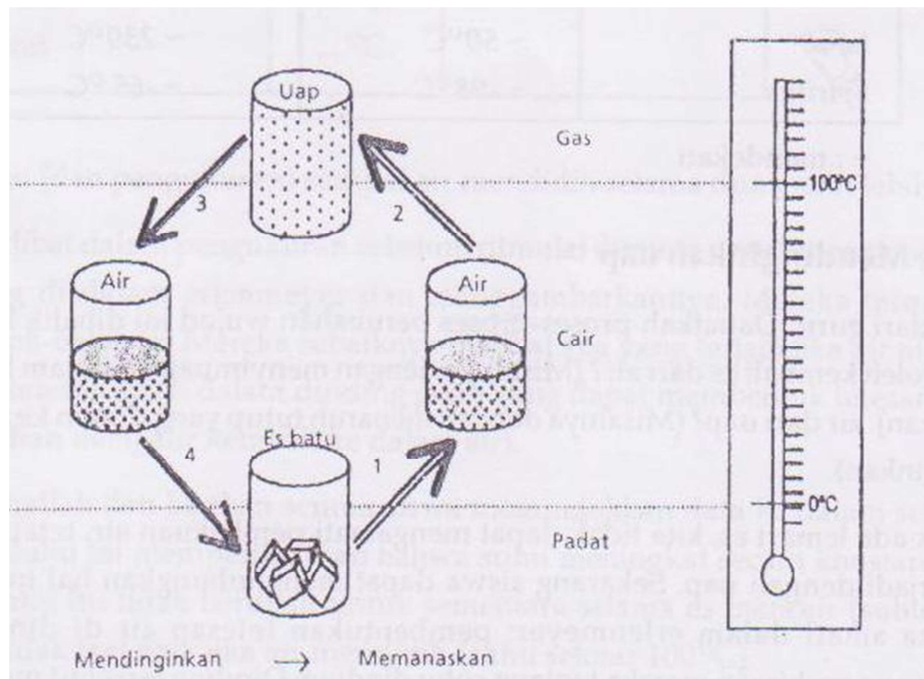
Berbicara mengenai panas atau dingin, maka sesungguhnya kita berbicara keberadaan sebuah besaran yang dapat mengkuantitaskan keadaan panas dan dingin suatu benda, yaitu **suhu**. Timbul sebuah pertanyaan: mengapa ilmuwan menggunakan istilah suhu (atau temperatur) untuk menjelaskan keadaan suatu benda ditinjau dari sifat panas dan dinginnya? Hal ini didasari adanya perbedaan pengertian atau persepsi orang mengenai sifat panas dan dingin suatu benda. Misalnya, ketika seseorang mendapatkan sengatan matahari menjelang siang hari, mungkin ia merasakan panas yang luar biasa pada permukaan tubuhnya. Akan tetapi bagi seseorang yang lainnya, mungkin saja ia hanya merasakan hangat pada permukaan tubuhnya. Mengapa ini bisa terjadi? Hal ini berkaitan dengan standar panas atau dingin yang berbeda-beda bagi setiap orang. Oleh karena itu, keadaan panas dan dingin suatu benda diukur dalam bentuk angka-angka melalui suatu besaran, yakni suhu.

A. Definisi Suhu

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Suatu benda yang dalam keadaan panas dikatakan memiliki suhu yang tinggi, dan sebaliknya, suatu benda yang dalam keadaan dingin dikatakan memiliki suhu yang rendah. Perubahan suhu benda, baik menjadi lebih panas atau menjadi lebih dingin biasanya diikuti dengan perubahan bentuk atau wujudnya. Misalnya, perubahan wujud air menjadi es batu atau uap air karena pengaruh panas atau dingin. Perubahan wujud pada air dapat dicermati pada bagan pada Gambar 6.1.

Sejumlah es batu yang dipanaskan akan berubah wujud menjadi air (1). Bila terus-menerus dipanaskan, maka pada suatu ketika (ketika telah mencapai titik didih) air akan mendidih dan berubah wujud menjadi uap air atau gas (2). Proses sebaliknya terjadi manakala air yang berada dalam bentuk gas atau uap air didinginkan, maka akan kembali ke bentuk cair (3), dan ketika terus

didinginkan, maka pada saat tertentu (ketika telah mencapai titik beku) air akan membeku dan kembali berwujud padat yaitu es batu (4).



Gambar 6.1. Perubahan wujud pada air

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

Selain perubahan wujud yang dialami benda, perubahan panas juga dapat menyebabkan pemuaian. Pemuaian merupakan peristiwa perubahan ukuran (penambahan panjang, luas, atau volume) suatu benda karena pengaruh suhu. Pemuaian pada zat padat bisa berupa pemuaian panjang, pemuaian luas, maupun pemuaian volume. Pemuaian pada zat cair dan pemuaian pada gas hanya terjadi pemuaian volume.

Untuk mengkuantitatifkan besaran suhu dan menyatakan seberapa tinggi atau rendahnya nilai suhu suatu benda diperlukan pengukuran yang dinamakan **termometer**. Secara umum, dilihat dari hasil tampilannya, ada dua jenis termometer yang biasa kita kenal yaitu termometer analog dan termometer digital. Termometer analog yang banyak kita jumpai umumnya merupakan termometer zat cair (termometer raksa atau termometer alkohol), sedangkan untuk termometer digital umumnya menggunakan sensor elektronik. Contoh termometer analog dan termometer digital diperlihatkan pada Gambar 6.2.

Untuk memahami lebih lanjut mengenai suhu atau panas dan dingin suatu benda, pengaruh panas dalam proses perubahan wujud benda, dan pengaruh panas dalam pemuaian zat padat, zat cair, dan gas, marilah kita ikuti Kegiatan Percobaan berikut.



Gambar 6.2. Termometer analog (termometer alkohol) dan termometer digital

Sumber: Microsoft Encarta Premium 2009

Kegiatan Percobaan (untuk siswa)

Kegiatan 1

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh panas atau dingin dan perbedaan suhu secara langsung melalui alat perasa (kulit).

Alat dan Bahan:

- 3 bejana berisi air, masing-masing diisi dengan sekitar 1 liter air yang suhunya berbeda sedikit satu sama lainnya: langsung dari keran.
- Air yang 3 °C lebih panas daripada air keran.
- Air yang 6 °C lebih panas daripada air keran.

Langkah kerja:

1. Letakkan ketiga bejana tersebut di depan kelas.
2. Bentuklah suatu kelompok terdiri dari 3 siswa. Masing-masing siswa mencelupkan tangannya pada satu bejana pada saat yang bersamaan. Laporkan apa yang dirasakan masing-masing siswa tentang suhu air tersebut.
3. Bentuklah kelompok lain yang terdiri dari 3 siswa juga. Ketiga siswa tersebut mencelupkan tangannya pada setiap bejana secara bergiliran. Laporkan apa yang dirasakan masing-masing siswa tentang suhu air tersebut.
4. Mintalah seorang siswa untuk memasukkan satu tangannya ke dalam bejana 1 dan tangan lainnya ke dalam bejana 3.
5. Tanyakanlah pada siswa yang lain, bagaimana perasaan siswa tersebut jika kemudian kedua tangannya dimasukkan ke dalam bejana 2.

6. Setelah beberapa saat, kedua tangan siswa tersebut dimasukkan ke dalam bejana 2 secara bersamaan. Laporkan apa yang dirasakannya tentang suhu air tersebut.
7. Cocokkan apa yang dirasakan siswa tersebut dengan perkiraan siswa lain. Jika ada perbedaan pendapat, tulislah perbedaannya dan mintalah alasan untuk pendapat berbeda tersebut.

Pertanyaan

1. Apa yang Anda rasakan ketika mencelupkan tangan pada masing-masing bejana?
2. Bagaimana yang Anda rasakan ketika tangan dicelupkan pada bejana yang berbeda? Apa yang dapat disimpulkan?

Kegiatan 2

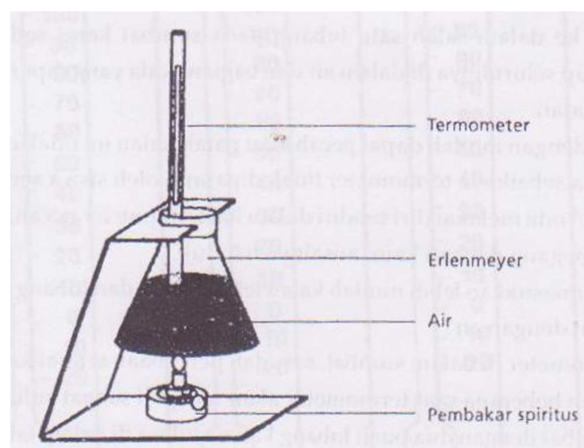
Kegiatan ini bertujuan untuk mengamati perubahan suhu dengan menggunakan termometer

Alat dan Bahan:

- Termometer
- Tabung erlenmeyer
- Pembakar spiritus
- Sumbat karet
- Air
- Jam atau stopwatch

Langkah kerja:

1. Rangkailah alat-alat percobaan seperti Gambar berikut.



Rangkaian alat percobaan

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

2. Isikan air pada tabung erlenmeyer. Usahakan jumlah air tidak terlalu banyak (kira-kira 100 cm^3 agar suhu dapat naik cukup cepat).

3. Pasangkan sumbat karet yang telah dilengkapi termometer pada leher tabung erlenmeyer.
Pastikan ujung termometer menyentuh bagian bawah permukaan air (terbenam dalam air)
4. Nyalakan pembakar spiritus dan panaskan tabung erlenmeyer berisi air tersebut.
5. Catat nilai perubahan suhu air pada Tabel Pengamatan 1 berikut.

Tabel Pengamatan 1

Selang waktu pemanasan	Suhu air (°C)
0 menit	
0,5 menit	
1 menit	
1,5 menit	
2 menit	
2,5 menit	
3 menit	

6. Setelah data-data terkumpul, buatlah grafik hubungan antara suhu air dan selang waktu pemanasan.

Pertanyaan:

1. Bagaimana kecenderungan perubahan suhu pada pemanasan air berdasarkan grafik hubungan antara suhu air dan selang waktu yang telah Anda buat?
2. Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh?

Kegiatan 3

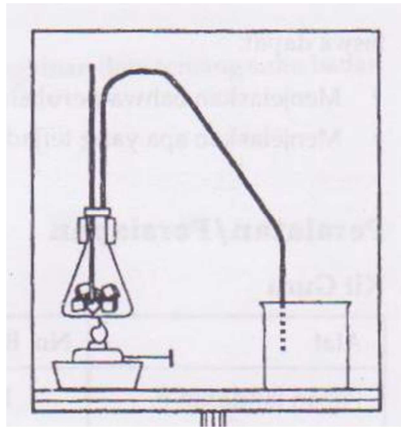
Kegiatan ini bertujuan untuk mengamati proses perubahan wujud benda (air) yang disebabkan oleh adanya panas dan dingin.

Alat dan Bahan:

- Papan alas dan papan demonstrasi
- Tabung erlenmeyer
- Penjepit erlenmeyer
- Sumbat karet (dengan 2 lubang)
- Termometer
- Selang
- Pembakar spiritus
- Jam atau stopwatch
- Es

Langkah kerja:

1. Rakitlah papan demonstrasi, papan alas dan pemegang erlenmeyer.
2. Taruhlah es dan masukkan ke dalam erlenmeyer.
3. Rakitlah sumbat karet dengan selang dan termometer kepada erlenmeyer.
4. Jepitkan erlenmeyer pada penjepit (seperti Gambar berikut)



Rangkaian alat percobaan

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

5. Nyalakan pembakar spirtus.
6. Mintalah empat siswa untuk ke depan kelas. Dua siswa memperhatikan waktu dan dua lainnya memperhatikan suhu yang ditunjukkan termometer. Isilah data pengamatan pada Tabel Pengamatan 2 berikut.

Tabel Pengamatan 2

Selang Waktu Pemanasan	Suhu	Wujud Air
0 menit	... °C	
0,5 menit	... °C	
1 menit	... °C	
1,5 menit	... °C	
2 menit	... °C	
2,5 menit	... °C	
3 menit	... °C	

7. Mintalah siswa lainnya untuk mengamati dan menggambarkan keadaan dalam tabung erlenmeyer.

Pertanyaan:

1. Apa yang terjadi pada tabung erlenmeyer selama proses pemanasan?
2. Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh?

Kegiatan 4

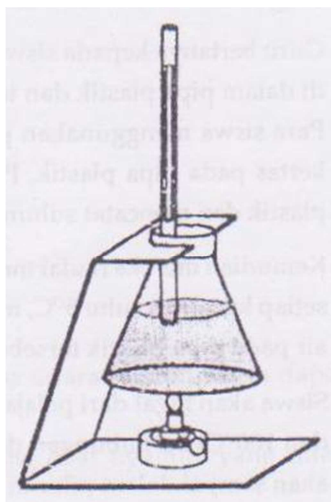
Kegiatan ini bertujuan untuk mengamati proses pemuaian pada zat cair.

Alat dan Bahan:

- Standar
- Pipa plastik
- Tabung erlenmeyer (125 ml)
- Sumbat karet (2 lubang)
- Termometer (-10°C sampai $+100^{\circ}\text{C}$)
- Pembakar spiritus

Langkah kerja:

1. Rangkai alat seperti Gambar berikut.



Rangkaian alat percobaan

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

2. Pasanglah pipa plastik ke dalam sumbat karet (melalui satu lubang). Tempelkan termometer melalui lubang yang lain sampai ujungnya keluar sumbat karet sekitar 4 cm.
3. Isilah tabung erlenmeyer dengan air (sampai 2 cm di bawah bibir tabung). Pasang sumbat karet lengkap dengan pipa plastik dan termometer, sehingga tidak ada udara yang tersisa di dalam botol itu dan permukaan air di dalam pipa plastik naik sekitar 1 cm di atas sumbat karet.
4. Gantungkan tabung erlenmeyer pada standar. Ukur dan catatlah suhu air dan ketinggian air di dalam pipa plastik.
5. Nyalakan pembakar dan letakkan di bawah tabung erlenmeyer. Amati air di dalam pipa plastik.

6. Lakukan pengukuran dalam jarak waktu yang teratur dan catat pengamatan Anda pada Tabel Pengamatan 3.

Tabel Pengamatan 3

Waktu Pemanasan	Suhu	Ketinggian Air
0 detik	... °C	... mm
60 detik	... °C	... mm
...	... °C	... mm
...	... °C	... mm
...	... °C	... mm

Pertanyaan:

1. Bagaimana ketinggian permukaan air pada pipa plastik selama proses pemanasan berlangsung?
2. Apa yang terjadi ketika suhu diturunkan (pembakar spiritus dipadamkan)? Bagaimana dengan ketinggian permukaan air pada pipa plastik?
3. Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh?

Kegiatan 5

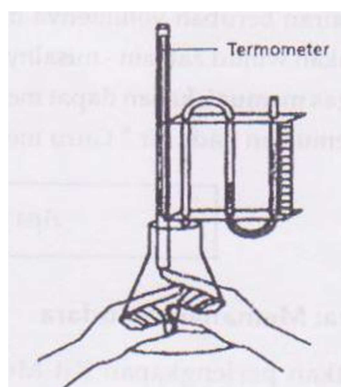
Kegiatan ini bertujuan untuk mengamati proses pemuaian pada gas.

Alat dan Bahan:

- Tabung erlenmeyer (125 ml)
- Sumbat karet
- Termometer
- Pemegang manometer
- Pipa-pipa plastik (sedotan) dan pipa karet

Langkah kerja:

1. Tutup erlenmeyer dengan penutup karet. Penutup karet dapat menahan sebuah termometer dan sebuah manometer.
2. Buatlah manometer dari tiga pipa plastik yang dihubungkan dengan dua pipa karet, sebuah skala, dan setetes air berwarna sebagai indikator.



Rangkaian alat percobaan

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

3. Genggam sekeliling erlenmeyer dengan tangan dan kita panaskan udara di dalam botol.
4. Amati peristiwa yang terjadi pada manometer
5. Buatlah hasil pengamatannya.

Pertanyaan:

1. Bagaimana ketinggian permukaan air pada manometer ketika suhu udara bertambah?
2. Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh?

Kegiatan 6

Kegiatan ini bertujuan untuk mengamati proses pemuaian pada zat padat.

Alat dan Bahan:

Set alat demonstrasi pemuaian zat padat, yang terdiri dari

- Pipa tembaga
- Pemegang pipa logam
- Penunjuk pemuaian
- Alat penunjuk
- Skala
- Pembakar spiritus

Langkah kerja:

1. Pasang pemegang pipa logam dan indikator pemuaian pada papan demonstrasi.
2. Pasang skala pada papan demonstrasi.
3. Kencangkan penunjuk di bawah pipa tembaga yang dikencangkan dalam pemegang pipa logam dan juga indikator pemuaian. Aturlah penunjuk di tengah-tengah skala.
4. Kencangkan ujung kiri pipa tembaga. Jika ada pemuaian, hanya akan efektif di ujung kanan dan membuat alat penunjuk bergerak. Perhatikan skala.
5. Nyalakan pembakar spiritus dan tempatkan di bawah tengah-tengah pipa tembaga, tempat pipa menyentuh api.
6. Panaskan api tembaga selama 3-5 menit.

Pertanyaan:

1. Bagaimana pengaruh pemanasan terhadap perubahan panjang batang tembaga?
2. Kesimpulan apa yang dapat Anda peroleh?

Setelah Anda mengikuti Kegiatan Percobaan tersebut, diharapkan Anda dapat lebih memahami perubahan panas dan dingin pada suatu benda, baik melalui pengamatan langsung menggunakan panca indera maupun menggunakan alat ukur berupa termometer, serta bagaimana pengaruh panas dalam perubahan wujud benda. Untuk lebih memperdalam wawasan kita mengenai suhu dan pengukuran suhu, marilah kita kenali lebih lanjut mengenai alat pengukur suhu yaitu termometer.

B. Termometer dan Jenis-jenis Termometer

Ketika suatu benda atau zat dipanaskan atau didinginkan hingga mencapai suhu tertentu, maka beberapa sifat fisis benda tersebut akan mengalami perubahan. Sifat fisika yang mengalami perubahan karena suhu benda berubah dinamakan sifat termometrik (*thermometric property*). Beberapa contoh sifat termometrik benda diantaranya volume (dalam hal ini kaitannya dengan pemuaian zat, baik itu zat padat, zat cair, atau gas), tekanan (zat cair dan gas), hambatan listrik, gaya gerak listrik, dan intensitas cahaya.

Sifat-sifat termometrik inilah yang dijadikan prinsip kerja sebuah termometer. Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat termometrik suatu benda ketika benda tersebut mengalami perubahan suhu. Perubahan sifat termometrik suatu benda menunjukkan adanya perubahan suhu benda, dan dengan melakukan kalibrasi atau peneraan tertentu terhadap sifat termometrik yang teramati dan terukur, maka nilai suhu benda dapat dinyatakan secara kuantitatif.

Tidak semua sifat termometrik benda yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan termometer. Sifat termometrik yang dapat digunakan dalam pembuatan termometer harus merupakan sifat termometrik yang teratur. Artinya, perubahan sifat termometrik terhadap perubahan suhu harus bersifat tetap atau linier, sehingga peneraan skala termometer dapat dibuat lebih mudah dan termometer tersebut nantinya dapat digunakan untuk mengukur suhu secara teliti.

Berdasarkan sifat termometrik yang dimiliki suatu benda, jenis-jenis termometer diantaranya termometer zat cair, termometer gas, termometer hambatan, termokopel, pirometer, termometer bimetal, dan sebagainya. Sedangkan berdasarkan hasil tampilan pengukurannya, termometer dibagi menjadi termometer analog dan termometer digital. Beberapa sifat termometrik yang dimanfaatkan dalam pembuatan termometer diperlihatkan pada Tabel 6.1.

Dari beberapa jenis termometer tersebut, yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah termometer zat cair dan termometer digital sederhana. Kedua jenis termometer ini biasanya ada yang digunakan untuk mengukur suhu badan kita dan ada pula yang digunakan untuk mengukur suhu ruang (Gambar 6.2).

Tabel 6.1. Jenis-jenis Termometer

Jenis termometer	Sifat termometrik	Jangkauan Ukur ($^{\circ}\text{C}$)
Air raksa dalam pipa	Volume zat atau panjang kolom	-39 s/d 500
Gas volume konstan	Tekanan gas	-270 s/d 1500
Hambatan platina	Hambatan listrik	-200 s/d 1200
Termokopel	Gaya gerak listrik	-250 s/d 1500
Pirometer	Intensitas cahaya	> 1000

Termometer zat cair yang sering kita jumpai umumnya menggunakan raksa atau alkohol. Pada dasarnya raksa dan alkohol digunakan sebagai zat pengisi termometer karena keduanya memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan dengan zat cair lainnya. Beberapa kelebihan raksa diantaranya:

- Raksa tidak membasahi dinding kaca tabung termometer, sehingga pengukuran suhu dapat dilakukan secara lebih akurat.
- Raksa cepat mengambil panas dari benda yang akan diukur suhunya, sehingga mudah dicapai keadaan kesetimbangan termal.
- Pemuaian raksa terjadi secara teratur.
- Raksa mempunyai warna yang mengkilat, sehingga menjadi mudah diamati.
- Termometer raksa mempunyai jangkauan ukur yang lebar, yaitu sekitar $356,9^{\circ}\text{C}$.

Namun demikian, raksa juga memiliki kelemahan, diantaranya tidak dapat mengukur suhu yang rendah. Disamping itu raksa merupakan zat yang sangat beracun, sehingga apabila tabung termometer yang berisi cairan raksa pecah, hal ini akan menjadi sangat berbahaya. Oleh karena itu, biasanya digunakan cairan alternatif lain, yakni alkohol sebagai pengganti raksa untuk mengisi tabung termometer. Alkohol memiliki beberapa kelebihan, diantaranya alkohol tidak beracun dan termometer alkohol dapat digunakan untuk mengukur suhu yang rendah. Akan tetapi, alkohol sebagai zat pengisi tabung termometer memiliki beberapa kelemahan, diantaranya:

- Alkohol tidak berwarna sehingga untuk penggunaan dalam tabung termometer harus diberi warna agar mudah dilihat.
- Alkohol membasahi dinding tabung termometer, sehingga tidak dapat menunjukkan hasil pengukuran yang teliti.
- Pemuaian alkohol kurang teratur.
- Titik didih alkohol rendah (sekitar 78°C), sehingga tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu yang tinggi.

Uraian diatas menggambarkan kepada kita sejumlah kelebihan dan kekurangan raksa dan alkohol sebagai zat pengisi tabung termometer.

C. Penetapan Skala Suhu pada Termometer

Untuk dapat mengkuantitatifkan hasil pengukuran suhu dengan menggunakan termometer maka diperlukan angka-angka dan skala-skala tertentu. Penetapan skala yang terpenting adalah penetapan **titik tetap bawah** dan **titik tetap atas** sebagai titik acuan pembuatan skala-skala dalam termometer. Untuk penetapan titik tetap bawah sebuah termometer pada umumnya dipilih titik beku air murni pada tekanan normal, yaitu suhu campuran antara es dan air murni pada tekanan normal. Sedangkan penetapan titik tetap atas sebuah termometer umumnya dipilih titik didih air murni, yaitu suhu ketika air murni mendidih pada tekanan normal.

Setidaknya terdapat empat macam skala termometer yang biasa digunakan, yaitu Celcius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Titik tetap bawah untuk skala Celcius dan Reamur ditetapkan pada skala 0°C dan 0°R , sedangkan untuk Fahrenheit ditetapkan pada skala 32°F . Ketiga skala titik tetap bawah untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik beku air murni (titik lebur es murni) pada tekanan normal. Adapun titik tetap atas ketiga skala ini berbeda-beda, dimana untuk Celcius ditetapkan pada 100°C , untuk Reamur ditetapkan pada 80°R , dan untuk Fahrenheit ditetapkan pada 212°F . Ketiga skala titik tetap atas untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik didih air murni pada tekanan normal. Pada skala Kelvin, titik tetap bawah ketiga skala termometer ini bersesuaian dengan skala 273 K dan titik tetap atasnya bersesuaian dengan 373 K.

Khusus untuk skala Kelvin, titik tetap bawah tidak didasarkan pada titik beku air, namun didasarkan pada ukuran energi kinetik rata-rata molekul suatu benda. Dalam hal ini, nol Kelvin (tanpa derajat) dinamakan nol mutlak (nol absolut), artinya tidak ada suhu-suhu di bawah suhu nol mutlak, atau ketika nilai suhu mendekati nilai nol mutlak, maka energi kinetik rata-rata partikel mempunyai suatu nilai yang minimum. Oleh karena itu, berdasarkan fakta-tersebut, maka skala Kelvin dinamakan **skala suhu mutlak** atau **skala suhu absolut**, atau disebut juga **skala termodinamik**. Kelvin menjadi satuan standar SI untuk besaran pokok suhu.

Untuk menyatakan satu nilai suhu pada skala termometer tertentu ke skala termometer yang lain dapat dilakukan konversi skala suhu. Beberapa hubungan antar skala termometer adalah sebagai berikut.

a. Skala Celcius dengan skala Reamur

$$T_C = \frac{5}{4}T_R \leftrightarrow T_R = \frac{4}{5}T_C ; \text{dimana } T_C = \text{suhu skala Celcius}; T_R = \text{suhu skala Reamur}$$

b. Skala Celsius dengan skala Fahrenheit

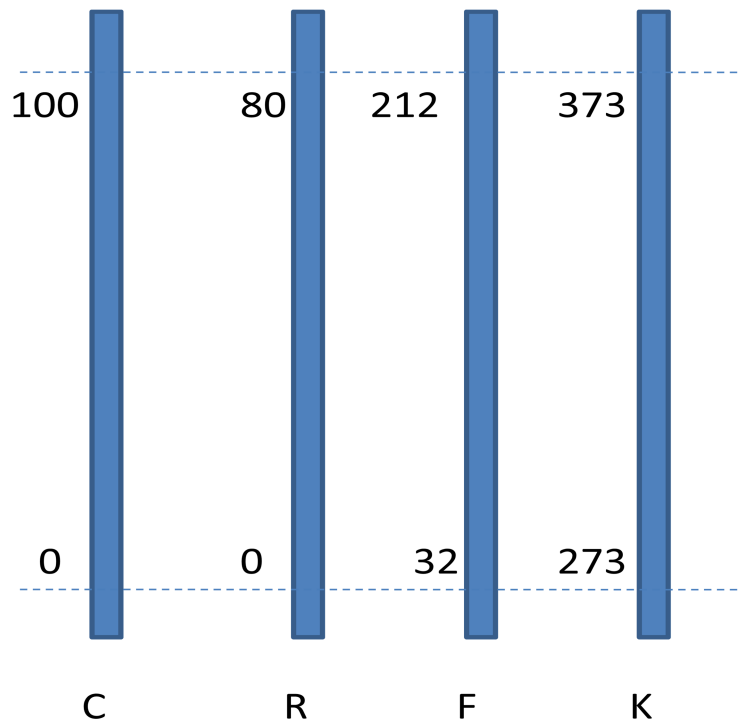
$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32) \leftrightarrow T_F = \frac{9}{5}T_C + 32 ; \text{dimana } T_C = \text{suhu skala Celcius};$$

$$T_F = \text{skala suhu Fahrenheit.}$$

c. Skala Celcius dengan skala Kelvin

$$T_C = T_K - 273 \leftrightarrow T_K = T_C + 273 \quad ; \text{dimana } T_C = \text{suhu skala Celcius;} \\ T_K = \text{suhu skala Kelvin}$$

Ilustrasi yang menggambarkan perbandingan masing-masing skala termometer diperlihatkan pada Gambar 6.3 berikut.



Gambar 6.3. Perbandingan skala suhu termometer

Untuk lebih memahami konversi skala suhu pada termometer, perhatikan contoh soal berikut ini.

Contoh Soal 1:

1. Suatu benda diukur dengan menggunakan termometer yang berskala Fahrenheit dan hasil pengukurannya menunjukkan nilai 86 °F. Tentukan suhu benda tersebut dalam skala:
 - a. Celcius
 - b. Reamur
 - c. Kelvin
2. Pada suhu berapakah termometer skala Celcius dan termometer skala Fahrenheit menunjukkan nilai yang sama?

Pembahasan:

1. a. Pada skala Celcius

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32) = \frac{5}{9}(86 - 32) = 30^\circ C$$

b. Pada Skala Reamur

$$T_R = \frac{4}{5}T_C = \frac{4}{5}(30) = 24^\circ R$$

c. Pada Skala Kelvin

$$T_K = T_C + 273 = 30 + 273 = 303\text{ K}$$

2. Nilai pada skala Celcius sama dengan nilai pada skala Fahrenheit

$$T_C = T_F$$

$$\frac{9}{5}T_C + 32 = T_C$$

$$\frac{9}{5}T_C - T_C = -32$$

$$\frac{4}{5}T_C = -32$$

$$T_C = -40^\circ C$$

D. Pemuaian (Ekspansi Termal)

Pernahkah Anda memperhatikan kaca jendela sebuah rumah yang tiba-tiba retak ketika terkena cahaya matahari? Pernahkah Anda memperhatikan rel kereta api yang merenggang (ada celah kecil) diantara sambungan rel kereta api ketika pagi hari, tetapi ketika siang hari celah tersebut nampak merapat? Atau pernahkah Anda mengalami kesulitan membuka tutup botol ketika tutup tersebut dalam keadaan dingin? Fenomena-fenomena tersebut menunjukkan kepada kita bahwa pada dasarnya setiap benda atau zat, baik itu zat padat, zat cair, ataupun gas akan memuai (mengalami pertambahan panjang, luas, atau volume) ketika dipanaskan, dan sebaliknya, ketika benda atau zat tersebut didinginkan akan menyusut (mengalami pengurangan panjang, luas, atau volume). Pengecualian pada air, karena air memiliki sifat *anomali* sehingga perilaku pemuaian dan penyusutannya berbeda pada rentang suhu 0°C hingga 4°C .

Akan tetapi, pemuaian atau penyusutan ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik zat atau benda itu sendiri. Artinya, untuk masing-masing zat yang berbeda, perilaku pemuaiannya pun akan berbeda. Gambar 6.4 menunjukkan celah yang terdapat pada sambungan jembatan yang sengaja dibuat demi kepentingan pemuaian logam jembatan tersebut.



Gambar 6.4 Persambungan *ekspansi termal* pada jembatan

Sumber: *Physics for Scientists and Engineers 6th edition*

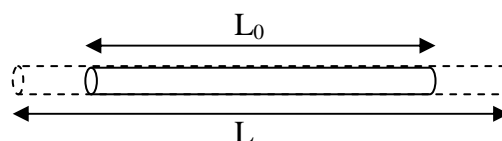
Karakteristik pemuaian pada suatu zat atau benda berbeda-beda, baik itu untuk zat padat, zat cair, dan gas. Berikut akan dibahas mengenai pemuaian pada masing-masing zat padat, cair, dan gas.

1. Pemuaian Zat Padat

Pada umumnya, zat padat akan memuai bila dipanaskan dan menyusut bila didinginkan. Penjelasannya secara fisis, pada saat zat padat belum dipanaskan, partikel-partikel pada zat padat akan bergerak (bervibrasi). Ketika zat padat dipanaskan, gerakan (vibrasi) partikel-partikel tersebut akan lebih cepat sehingga jarak antar partikelnya akan menjadi semakin besar (berjauhan). Semakin besarnya jarak antar partikel direpresentasikan oleh adanya pertambahan ukuran zat padat, baik itu pertambahan panjang, luas, ataupun volume.

a. Pemuaian Panjang

Sebuah benda atau zat padat yang berbentuk batang tipis (seperti kawat logam yang berdiameter kecil) ketika dipanaskan akan mengalami perubahan panjang ke arah panjangnya, sehingga benda-benda seperti ini dikatakan mengalami **pemuaian panjang**. Oleh karena bentuknya yang dominan ke arah panjangnya, sehingga aspek pemuaian luas dan volumenya relatif sangat kecil dibandingkan pemuaian panjangnya, sehingga pemuaian luas dan volumenya dapat diabaikan.



Gambar 6.5. Pemuaian panjang pada zat padat

Perubahan panjang benda atau pemuaian benda karena benda tersebut dipanaskan bergantung pada beberapa faktor, diantaranya panjang benda tersebut mula-mula, jenis bahan yang digunakan, dan besarnya perubahan suhu yang dialami benda tersebut. Secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L - L_0 = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T$$

$$L = L_0(1 + \alpha \Delta T)$$

dengan: ΔL = perubahan (pertambahan) panjang zat padat (m)

L_0 = panjang zat padat mula-mula (pada suhu T_0) (m)

L = panjang zat padat (pada suhu T) (m)

$\Delta T = T - T_0$ = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$ atau K^{-1})

α = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ atau K^{-1})

Contoh Soal 2:

Sebuah batang tembaga memiliki panjang 10 m pada suhu mula-mula T_0 $^{\circ}\text{C}$ (ketika belum dipanaskan). Setelah batang tembaga tersebut dipanaskan hingga T $^{\circ}\text{C}$ (dimana $T = T_0 + 100$), panjangnya berubah menjadi 10,017 m. Berapakah koefisien muai panjang batang tembaga tersebut?

Pembahasan:

Diketahui: $L_0 = 10 \text{ m}$ } $\Delta L = 10,017 \text{ m} - 10 \text{ m} = 0,017 \text{ m}$
 $L = 10,017 \text{ m}$
 $\Delta T = T - T_0 = 100$ $^{\circ}\text{C}$

Ditanyakan: $\alpha = ?$

Jawab: $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{0,017 \text{ m}}{10 \text{ m} \times 100$ $^{\circ}\text{C}$ = **0,000017 $^{\circ}\text{C}^{-1}$**

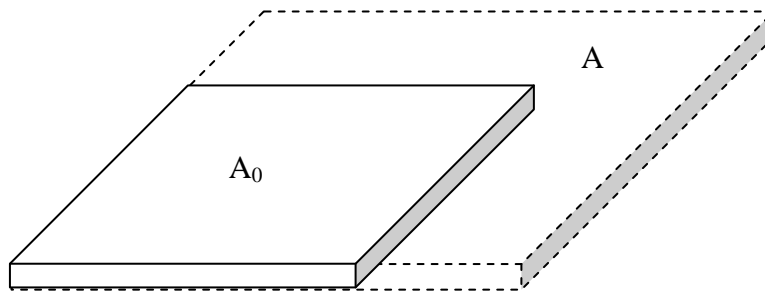
Berdasarkan perhitungan tersebut, diketahui bahwa koefisien muai panjang untuk logam tembaga adalah $0,000017$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$. Dari pernyataan tersebut dapat kita definisikan bahwa koefisien muai panjang suatu zat padat adalah **bilangan yang menunjukkan pertambahan panjang suatu zat bila suhunya dinaikkan sebesar 1 K atau 1 $^{\circ}\text{C}$** . Tabel 6.2 berikut menunjukkan koefisien muai panjang untuk beberapa zat padat.

Tabel 6.2. Koefisien muai panjang beberapa zat padat

Zat padat	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Aluminium	24×10^{-6}
Perunggu	19×10^{-6}
Kaca	9×10^{-6}
Kaca (Pyrex)	$3,2 \times 10^{-6}$
Kuningan	19×10^{-6}
Baja	11×10^{-6}
Tembaga	17×10^{-6}
Timah hitam	29×10^{-6}
Berlian	1×10^{-6}
Grafit	2×10^{-6}
Perak	20×10^{-6}
Platina	9×10^{-6}

b. Pemuaian Luas

Bila zat padat yang dipanaskan tidak berbentuk batang tipis, melainkan berbentuk pelat atau kepingan, maka pemuaian tidak hanya terjadi ke arah panjangnya saja, tetapi juga ke arah lebarnya. Atau dengan kata lain, zat padat tersebut mengalami **pemuaian luas**.



Gambar 6.6. Pemuaian luas pada zat padat

Sebagaimana halnya dengan pemuaian panjang, untuk pemuaian luas juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya luas mula-mula sebelum dipanaskan, jenis zat padat yang digunakan, serta berapa besar perubahan suhu yang dialami zat padat itu. Secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$$

$$A - A_0 = \beta A_0 \Delta T$$

$$A = A_0 + \beta A_0 \Delta T$$

$$A = A_0(1 + \beta \Delta T)$$

dengan:

- ΔA = perubahan (pertambahan) luas zat padat (m^2)
- A_0 = luas zat padat mula-mula (pada suhu T_0) (m^2)
- A = luas zat padat (pada suhu T) (m^2)
- $\Delta T = T - T_0$ = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$ atau K^{-1})
- β = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ atau K^{-1})
- $\beta = 2 \alpha$

c. Pemuaian Volume

Idealnya, suatu zat padat tidak hanya akan mengalami pemuaian panjang atau pemuaian luas, tetapi mengalami pemuaian volume atau pemuaian ruang. Hal ini dikarenakan pada dasarnya bagaimanapun bentuk suatu benda padat atau zat padat, selalu memiliki dimensi ruang (panjang, lebar, dan tinggi) sehingga pemuaian zat padat ketika zat padat itu dipanaskan adalah memuai ke segala arah atau mengalami **pemuaian volume**.

Pemuaian volume pun dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya volume zat padat mula-mula sebelum dipanaskan, jenis zat padat yang digunakan, serta besarnya perubahan suhu yang dialami zat padat tersebut. Secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

$$V - V_0 = \gamma V_0 \Delta T$$

$$V = V_0 + \gamma V_0 \Delta T$$

$$V = V_0(1 + \gamma \Delta T)$$

dengan:

- ΔV = perubahan (pertambahan) luas zat padat (m^3)
- V_0 = luas zat padat mula-mula (pada suhu T_0) (m^3)
- V = luas zat padat (pada suhu T) (m^3)
- $\Delta T = T - T_0$ = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$ atau K^{-1})
- γ = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ atau K^{-1})
- $\gamma = 3 \alpha$

d. Manfaat dan Kerugian dari Pemuaian Zat Padat

Secara praktis, pemuaian pada zat padat menimbulkan sejumlah keuntungan dan kerugian bagi kita. Berikut ini akan diuraikan sejumlah keuntungan atau manfaat dari adanya pemuaian zat padat yang sering kita jumpai. Beberapa keuntungan pemuaian ini diantaranya:

➤ Pemasangan ban roda lori kereta api

Diameter ban roda lori kereta api dibuat lebih kecil dibandingkan diameter rodanya. Untuk memasangkan ban ke roda lori kereta api, biasanya sebelum dipasangkan, ban lori ini dipanaskan sehingga sedikit memuai, kemudian ban ini dipasangkan dalam kondisi sedang memuai. Ketika suhu ban ini turun, ban akan menyusut dan melekat kuat pada rodanya tanpa perlu dibaut dengan rodanya.

➤ Pembuatan keping bimetal

Keping bimetal merupakan gabungan dua buah keping logam dengan koefisien pemuaian berbeda yang diikat (dikeling) menjadi satu. Misalnya keping baja dan keping kuningan. Ketika dipanaskan, keping bimetal ini akan melengkung ke arah baja karena baja memiliki koefisien pemuaian lebih kecil dibandingkan dengan kuningan. Apabila suhunya kembali turun, maka keping ini akan lurus kembali. Untuk lebih jelasnya, perhatikan ilustrasi pada Gambar 6.6 berikut ini.



Gambar 6.7. Keping bimetal (*kiri*) dan keping bimetal yang telah memuai (*kanan*)

Sumber: *Physics for Scientists and Engineers 6th edition*

Oleh karena sifatnya yang unik dan aplikatif, keping bimetal banyak digunakan untuk keperluan teknik, misalnya dalam pembuatan termometer bimetal, termostat bimetal, lampu tanda belok, saklar otomatis pada setrika listrik, dan tanda peringatan kebakaran.

➤ Membuka tutup botol.

Pada sejumlah kasus, terdapat suatu botol atau kemasan yang tutupnya terbuat dari logam. Terkadang kita kesulitan dalam membuka tutup botol tersebut. Dengan memanfaatkan prinsip pemuaian, kita dapat dengan lebih mudah membuka tutup tersebut dengan cara memanaskan (mengalirkan air panas) pada tutup botol tersebut hingga sedikit memuai. Dengan cara ini tutup botol atau kemasan tersebut dapat lebih mudah dibuka.

Disamping memberikan keuntungan atau manfaat, pemuaian zat padat juga menimbulkan sejumlah kerugian dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa kerugian yang sering kita jumpai diantaranya:

➤ Sambungan rel kereta api

Sambungan rel kereta api umumnya diberi celah yang cukup untuk pemuaian. Ketika batang rel ini masih dingin maka celah antar batang rel ini cukup lebar, namun seiring dengan peningkatan suhu rel, sehingga batang rel menjadi panas, timbul pemuaian antara masing-masing batang rel, sehingga celah antar batang rel ini menyempit dan kadang-kadang merapat sama sekali.

Bila diantara batang rel ini tidak diberi celah ketika rel bersuhu dingin, maka ketika rel bersuhu panas, masing-masing batang rel akan memuai. Akibatnya, karena tidak ada celah ruang antar batang rel, maka pemuaian batang rel ini akan mengakibatkan terjadinya lengkungan pada bagian sambungan batang rel.

➤ Pemasangan kabel listrik atau kabel telepon

Pemasangan kabel listrik atau kabel telepon pada tiang penyangga umumnya dibuat kendur pada waktu suhunya rendah (pada pagi hari). Hal ini dimaksudkan agar kabel listrik atau kabel telepon tersebut tidak putus ketika suhunya tinggi (pada siang hari) akibat adanya pemuaian dari kabel karena adanya pemanasan.

➤ Konstruksi sambungan jembatan

Jembatan yang terbuat dari logam pun dibuat bercelah diantara ujung-ujung jembatan. Hal ini juga dimaksudkan agar jembatan tersebut memiliki ruang yang cukup untuk pemuaian. Biasanya ujung-ujung jembatan ini ditopang oleh roda yang dapat berputar sehingga pada saat terjadi pemuaian atau pemysutan, jembatan dapat memuai dengan bebas.

Contoh Soal 3:

1. Sebuah batang kuningan memiliki panjang mula-mula 0,5 m pada suhu 15 °C. Berapa panjang batang kuningan itu pada suhu 165 °C jika koefisien muai panjangnya $0,000019 / ^\circ\text{C}$?
2. Sebuah tangki yang terbuat dari tembaga dapat memuat 42 liter pada suhu 30 °C. Koefisien muai panjang tembaga adalah $0,000017 / ^\circ\text{C}$. Berapakah volumenya pada suhu 100 °C?
3. Sebatang perunggu dengan panjang 160 cm dan suhu mula-mula 10 °C. Setelah dipanaskan, panjangnya bertambah menjadi 160,36 cm. Jika koefisien muai panjang perunggu tersebut adalah $1,9 \times 10^{-5} / \text{K}$, sampai suhu berapakah batang tersebut dipanaskan?

Pembahasan:

1. Diketahui: $L = 0,5 \text{ m}$

$$T_0 = 15 ^\circ\text{C}$$

$$T = 165 ^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0,000019 / ^\circ\text{C}.$$

Ditanya: $L = ?$

Jawab:

$$L = L_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$L = 0,5 \text{ m} \left(1 + (0,000019/^{\circ}\text{C}(165^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C})) \right)$$

$$L = 0,501425 \text{ m} = 50,14 \text{ cm}$$

2. Diketahui: $V_0 = 42 \text{ l}$

$$\left. \begin{array}{l} T_0 = 30^{\circ}\text{C} \\ \end{array} \right\} \Delta T = 100^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} = 70^{\circ}\text{C}$$

$$T = 100^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 0,000017 / ^{\circ}\text{C} \rightarrow \gamma = 3\alpha = 3 \times (17 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}) = 51 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$$

Ditanya: $V = ?$

Jawab:

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta T)$$

$$V = 42(1 + (51 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C})(70^{\circ}\text{C}))$$

$$= 42(1,00357)$$

$$= 42,15 \text{ l}$$

3. Diketahui : $L_0 = 160 \text{ cm}$

$$L = 160,36 \text{ cm}$$

$$T_0 = 10^{\circ}\text{C} = 283 \text{ K}$$

$$\alpha = 1,9 \times 10^{-5} / \text{K}$$

Ditanya: $T = ?$

Jawab:

$$L = L_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T$$

$$L - L_0 = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L - L_0 = \alpha L_0 (T - T_0)$$

$$160,36 \text{ cm} - 160 \text{ cm} = (1,9 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C})(160 \text{ cm})(T - 283 \text{ K})$$

$$0,36 \text{ cm} = (1,9 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C})(160 \text{ cm})(T - 283 \text{ K})$$

$$(T - 283 \text{ K}) = \frac{0,36 \text{ cm}}{(1,9 \times 10^{-5} / \text{K})(160 \text{ cm})}$$

$$(T - 283 \text{ K}) = \frac{0,36 \times 10^5}{304} \text{ K}$$

$$(T - 283 \text{ K}) = 118,42 \text{ K}$$

$$T = 118,42 \text{ K} + 283 \text{ K}$$

$$T = 401,42 \text{ K}$$

2. Pemuaian Zat Cair

Sebagaimana halnya zat padat yang memuai ketika dipanaskan, zat cair pun akan memuai ketika dipanaskan. Oleh karena zat cair memiliki bentuk yang tidak tetap (mengikuti bentuk wadahnya), maka pemuaian yang terjadi pada zat cair adalah pemuaian volume. Pemuaian pada zat cair ini dapat diteliti dengan menggunakan alat yang dinamakan dilatometer, yaitu sebuah labu gelas yang mempunyai pipa kecil berskala, dan hasil pengukurannya memenuhi persamaan pemuaian volume seperti pada zat padat yang secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta T)$$

Anomali Air

Pada umumnya hampir setiap zat cair akan memuai bila dipanaskan, dan akan menyusut bila didinginkan. Tetapi tidak demikian halnya dengan air. Pada suhu 0 °C hingga 4 °C, air menunjukkan perilaku yang berbeda, dimana bila dipanaskan maka volumenya akan menyusut (berkurang) dan bila didinginkan maka volumenya akan mengembang (memuai). Hal yang bertentangan dengan sifat pemuaian ini dinamakan **anomali air**. Jadi, bila air dipanaskan dari mulai suhu 0 °C hingga 4 °C volumenya akan berkurang, dan pada suhu lebih dari 4 °C volumenya akan bertambah.

3. Pemuaian pada Gas

Sebagaimana halnya dengan zat padat dan zat cair, gas ketika dipanaskan akan memuai. Pada gas, pemuaian yang terjadi adalah pemuaian volume. Untuk mengetahui pemuaian pada gas, digunakan alat yang dinamakan dilatometer, yang berupa sebuah labu kosong yang digunakan secara terbalik dan ujung pipanya dimasukkan kedalam air. Udara dalam dilatometer suhunya dinaikkan dengan cara memegang bola dilatometer dengan tangan. Karena suhu tangan lebih tinggi daripada suhu udara dalam bola kaca, maka suhu udara dalam bola kaca akan meningkat. Kenaikan suhu udara tersebut menyebabkan pemuaian gas di dalam tabung, sehingga dari ujung pipa dilatometer yang tercelup akan keluar gelembung-gelembung udara, dan ini menunjukkan bahwa udara di dalam dilatometer memuai dan mendesak air hingga keluar dari pipa.

Pemuaian pada gas merupakan pemuaian volume, seperti halnya pemuaian pada zat cair, sehingga secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta T)$$

namun koefisien muai volume untuk semua jenis gas adalah sama, yaitu $\gamma = \frac{1}{273}K^{-1}$, sehingga persamaan di atas menjadi:

$$V = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} \Delta T \right)$$

Pemanfaatan sifat pemuaian pada gas adalah dalam penggunaan termometer gas, yaitu dengan memanfaatkan perubahan volume gas pada tekanan tetap. Pemuaian pada gas memenuhi tiga hukum fisika yaitu hukum Boyle, hukum Charles atau hukum Gay-Lussac, dan hukum tekanan.

a. Hukum Boyle

Hukum Boyle menyatakan bahwa tekanan suatu massa tertentu gas pada suhu tetap berbanding terbalik dengan volumenya. Secara matematis hukum Boyle dinyatakan sebagai berikut.

$$pV = \text{tetap} \quad \text{atau} \quad p_1V_1 = p_2V_2$$

dengan: p = tekanan gas; dan

V = volume ruang yang ditempati gas.

b. Hukum Charles atau Gay-Lussac

Hukum Charles atau hukum Gay-Lussac menyatakan bahwa pada tekanan tetap, volume gas sebanding dengan suhunya. Secara matematis hukum Charles atau hukum Gay-Lussac ini dinyatakan sebagai berikut.

$$\frac{V}{T} = \text{tetap} \quad \text{atau} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

dengan: T = suhu gas

c. Hukum Tekanan

Hukum Tekanan menyatakan bahwa pada volume tetap tekanan suatu massa gas tertentu sebanding dengan suhunya. Secara matematis hukum tekanan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\frac{p}{T} = \text{tetap} \quad \text{atau} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

LATIHAN

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

1. Pengukuran suhu tubuh seorang anak yang sedang demam menunjukkan nilai 38°C . Berapakah nilai ini dalam skala Reamur dan Fahrenheit?
2. Sebuah keping aluminium memiliki luas mula-mula 6 m^2 ketika suhunya 10°C . Berapakah luas keping aluminium tersebut setelah dipanaskan hingga mencapai suhu 180°C , bila koefisien muai panjang aluminium adalah $24 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$?

RANGKUMAN

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Untuk mengukur dan mengkuantitatifkan pengukuran suhu digunakan alat pengukur suhu yang dinamakan termometer. Alat ini bekerja berdasarkan sifat termometrik zat. Nilai suhu suatu benda dinyatakan dalam beberapa skala suhu, dan skala suhu yang umum digunakan adalah skala Celcius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Hubungan antara skala Celcius dan Reamur dinyatakan sebagai berikut: $T_C = \frac{5}{4}T_R \leftrightarrow T_R = \frac{4}{5}T_C$. Hubungan antara skala Celcius dan Fahrenheit dinyatakan sebagai berikut: $T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32) \leftrightarrow T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$. Hubungan antara skala Celcius dan Kelvin dinyatakan sebagai berikut: $T_C = T_K - 273 \leftrightarrow T_K = T_C + 273$.

Pengaruh panas dan dingin (perubahan nilai suhu) pada suatu benda menyebabkan perubahan wujud dan sifat benda. Perubahan wujud dapat terjadi manakala suhu benda mencapai titik leleh atau titik didihnya. Setiap benda juga dapat mengalami pemuaian ketika dipanaskan, dan menyusut ketika didinginkan, akan tetapi pengecualian pada air, dimana air memiliki sifat anomali air pada rentang suhu 0 °C hingga 4 °C. Pada zat padat dapat terjadi pemuaian panjang, pemuaian luas, dan pemuaian volume, sedangkan pada zat cair dan gas hanya dapat terjadi pemuaian volume saja.

TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- Besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal merupakan definisi dari ...

A. Suhu	C. Pemuaian
B. Panas	D. Kalor jenis
- Termometer merupakan alat pengukur suhu. Ada beberapa jenis termometer diantaranya termometer zat cair, termometer gas, termometer hambatan, termokopel, pirometer, dan termometer bimetal. Termometer jenis ini bekerja berdasarkan pada sifat ...

A. termokimia	C. termodinamika
B. termometrik	D. termofisika
- Termometer yang sering digunakan untuk keperluan di laboratorium umumnya merupakan termometer zat cair. Berdasarkan pertimbangan khusus, zat cair yang biasa digunakan untuk mengisi termometer yang mampu mengukur suhu yang rendah adalah ...

- A. air
- B. raksa
- C. spiritus
- D. alkohol

4. Skala termometer yang menetapkan titik tetap bawahnya berdasarkan energi kinetik rata-rata molekul suatu benda yang memiliki nilai minimum atau dinamakan nol mutlak adalah skala ...

- A. Celcius
- B. Kelvin
- C. Reamur
- D. Fahrenheit

5. Pada skala Celcius, titik tetap bawahnya adalah 0°C dan titik tetap atasnya adalah 100°C . Pada skala Fahrenheit, titik tetap bawahnya adalah 32°F dan titik tetap atasnya adalah 212°F . Ada suatu nilai yang menunjukkan bahwa nilai suhu pada skala Celcius sama dengan nilai suhu pada skala Fahrenheit. Nilai tersebut adalah ...

- A. 32
- B. 0
- C. -40
- D. -273

6. Suhu sebuah benda ketika diukur dengan menggunakan termometer Fahrenheit adalah 149°F . Nilai suhu benda tersebut dalam skala Celcius dan Kelvin adalah ...

- A. 56°C dan 128 K
- B. 65°C dan 338 K
- C. 25°C dan 208 K
- D. 45°C dan 358 K

7. Pemuaian pada benda umumnya terjadi ketika ketika suatu benda dipanaskan (suhu benda naik) dan sebaliknya bila suatu benda didinginkan maka benda akan menyusut. Akan tetapi ada pengecualian pada air, dimana ketika suhu air bertambah dari 0°C hingga 4°C , air akan menyusut. Keadaan ini lebih dikenal dengan ...

- A. anomali
- B. kalori
- C. pembekuan
- D. Pemuaian

8. Sebuah pipa baja pada suhu 20°C panjangnya 100 cm. Berapakah panjang pipa baja tersebut pada suhu 60°C ? ($\alpha = 0,000011^{\circ}\text{C}^{-1}$)?

- A. 100,144 cm
- B. 100,044 cm
- C. 100,004 cm
- D. 100.114 cm

- ## BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

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

Arti Tingkat Penguasaan :

90% - 100% = Baik Sekali

80% - 89% = Baik

70% - 79% = Cukup

< 70% = Kurang

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

KEGIATAN BELAJAR 2

KALOR

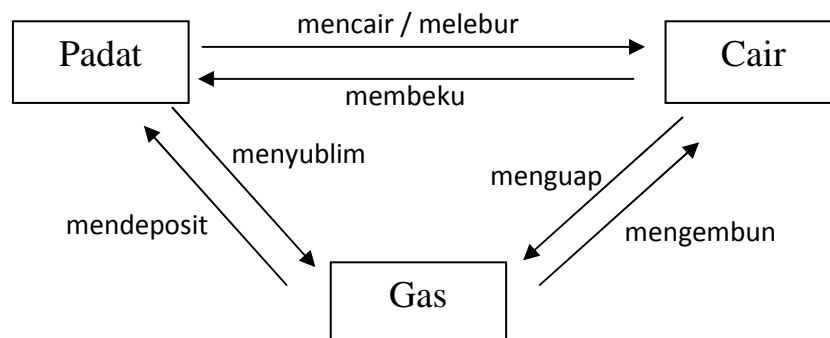
Pada Kegiatan Belajar sebelumnya kita telah mempelajari bahwa panas dan dingin (perubahan suhu benda) dapat mempengaruhi wujud benda, sehingga benda dapat mengalami perubahan wujud. Misalnya air dapat berubah wujud dari zat cair menjadi padat (membeku) bila didinginkan, atau air berubah wujud menjadi gas (menguap) bila dipanaskan. Selain itu setiap benda juga dapat mengalami pemuaian ketika dipanaskan dan penyusutan ketika didinginkan.

Bagaimana sebuah benda dapat memuai ketika dipanaskan? Bagaimana panas dapat berpindah? Untuk menjawab pertanyaan ini, pada Kegiatan Belajar berikut ini akan kita lanjutkan pembahasan dengan konsep berikutnya, yaitu mengenai panas atau **kalor**.

A. Fenomena Kalor

Berbicara mengenai kalor, maka sesungguhnya kita sedang berbicara mengenai energi, karena kalor itu sendiri merupakan salah satu bentuk energi. Sebagai energi, kalor dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya, dari satu keadaan ke keadaan lainnya. Kita tentu masih ingat bahwa energi bersifat kekal; energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi energi dapat berubah bentuk atau berpindah dari satu keadaan ke keadaan lainnya. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum Kekekalan Energi.

Pada Kegiatan Belajar sebelumnya kita membicarakan pengaruh panas terhadap perubahan wujud benda atau zat. Pada dasarnya setiap benda atau zat dapat berubah dari satu wujud (padat, cair, dan gas) ke wujud lain dan perubahan ini terjadi karena adanya peranan kalor. Proses perubahan wujud pada suatu benda dapat digambarkan pada diagram berikut.



Gambar 6.8. Proses perubahan wujud zat

Pada proses mencair (melebur), menguap, dan menyublim, zat membutuhkan sejumlah kalor, yang artinya ada perpindahan kalor dari lingkungan kepada zat dan kalor itu sendiri digunakan untuk merubah wujud dari padat menjadi cair, atau dari cair menjadi gas, atau dari padat menjadi gas. Pada proses membeku, mengembun, dan mendeposit, zat melepaskan sejumlah kalor, yang artinya ada perpindahan kalor dari zat kepada lingkungan pada saat terjadinya perubahan wujud.

B. Perpindahan Kalor

Kalor dapat berpindah karena adanya perbedaan suhu. Kalor pada suatu benda dapat berpindah dari suatu benda yang suhunya tinggi ke benda lain yang suhunya rendah. Fenomena perpindahan kalor ini dapat dengan mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, misalnya pada saat memasak, api yang mengenai bagian dasar panci akan menyebar ke seluruh bagian permukaan panci dan bahan makanan yang ada di dalamnya. Contoh lainnya yaitu kalor (panas) matahari yang sampai ke permukaan bumi.

Berbicara mengenai perpindahan kalor, maka kita mengenal setidaknya ada tiga cara terjadinya perpindahan kalor, yaitu melalui cara konduksi, cara konveksi, dan cara radiasi.

1. Konduksi

Konduksi, atau disebut juga hantaran, merupakan salah satu cara perpindahan kalor melalui suatu perantara zat tanpa disertai perpindahan bagian-bagian dari zat itu. Misalnya, ketika kita memanaskan logam pada salah satu ujungnya, maka lambat laun ujung lainnya akan menjadi panas karena adanya perpindahan kalor melalui logam tersebut. Contohnya, apabila seseorang memasak dengan menggunakan panci, maka api dari kompor akan memanaskan bagian dasar panci terlebih dahulu sebelum kemudian seluruh permukaan badan panci menjadi panas.

Kemampuan zat atau benda dalam menghantarkan kalor juga berbeda-beda. Oleh karena itu, kemampuan benda-benda di alam dalam menghantarkan kalor dibedakan kedalam dua kelompok: konduktor dan isolator. Konduktor adalah kelompok benda-benda yang mudah menghantarkan kalor. Contoh konduktor adalah tembaga, besi, aluminium, dan sejenisnya. Sedangkan isolator adalah kelompok benda-benda yang sukar menghantarkan kalor. Contoh isolator adalah kayu, karet, plastik, dan sejenisnya. Secara umum, bahan-bahan yang terbuat dari logam umumnya merupakan konduktor kalor, sedangkan bahan-bahan yang terbuat dari non logam umumnya merupakan isolator kalor.

2. Konveksi

Konveksi merupakan salah satu cara perpindahan kalor melalui suatu zat disertai oleh perpindahan zat tersebut. Perpindahan kalor secara konveksi hanya terjadi pada zat cair dan gas (fluida). Perpindahan kalor secara konveksi dinamakan juga aliran panas, karena bagian-bagian zat itu terus mengalir selama pemanasan. Misalnya, perpindahan kalor melalui air yang dipanaskan. Ketika air dipanaskan, maka bagian air yang panas akan berkurang massa jenisnya, sehingga akan naik ke permukaan. Tempat air panas tersebut akan digantikan oleh air dingin yang juga akan mengalami hal serupa dengan air panas sebelumnya. Proses seperti ini terus berulang hingga akhirnya seluruh bagian air menjadi panas.

Perpindahan panas secara konveksi juga terjadi pada udara, sehingga terjadi apa yang dinamakan angin darat dan angin laut. Angin laut terjadi pada siang hari. Air lebih lambat menyerap panas dari tanah, sehingga pada siang hari udara di atas lautan lebih dingin daripada udara di atas daratan. Akibatnya massa jenis udara di atas daratan lebih kecil. Oleh karenanya, udara di atas daratan akan naik dan tempatnya digantikan oleh udara di atas lautan, sehingga terjadi aliran angin dari laut ke darat yang dinamakan angin laut. Angin darat terjadi pada malam hari. Udara di atas daratan lebih cepat dingin dibandingkan udara di atas lautan, sehingga udara di atas lautan akan naik dan tempatnya diisi oleh udara di atas daratan, dan terjadi aliran angin dari darat ke laut yang dinamakan angin darat.

3. Radiasi

Radiasi atau pancaran merupakan cara perpindahan kalor tanpa perpindahan zat perantara. Misalnya pancaran sinar matahari. Panas dari matahari dapat sampai ke bumi, walaupun jarak antara bumi dan matahari sangat jauh dan diantara bumi dan matahari terdapat ruang hampa.

Sifat pancaran dari berbagai permukaan benda juga berbeda-beda. Beberapa jenis benda tercatat ada yang mudah menyerap dan memancarkan radiasi kalor dan beberapa jenis benda lainnya ada yang tidak mudah menyerap dan memancarkan radiasi kalor. Berdasarkan sejumlah penyelidikan diketahui bahwa benda hitam lebih mudah menyerap dan memancarkan kalor dibandingkan dengan benda selain hitam. Oleh karena itu, apabila pada siang hari yang terik kita menggunakan pakaian berwarna hitam, maka kita akan merasakan panas yang lebih dibandingkan apabila kita menggunakan pakaian yang berwarna selain hitam.

Untuk memahami lebih lanjut mengenai proses perpindahan kalor yang terjadi, baik secara konduksi, konveksi, maupun radiasi, marilah kita ikuti Kegiatan Percobaan berikut.

Kegiatan Percobaan

Kegiatan 1

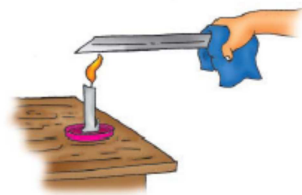
Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui proses perpindahan kalor secara konduksi.

Alat dan bahan:

- Lilin atau pembakar spiritus
- Batang besi atau penggaris besi 30 cm
- Kain
- Lilin mainan atau plastisin atau sedikit margarin

Langkah kerja:

1. Pegang salah satu ujung batang besi (penggaris) dengan dilapisi kain.
2. Panaskan ujung batang besi yang lain di atas lilin atau pembakar spiritus.



Batang besi yang dipanaskan

Sumber: IPA untuk SD dan MI Kelas IV Depdiknas

3. Setelah cukup lama, letakkan batang besi tersebut di atas meja. Cobalah Anda raba dengan hati-hati, bagian yang tidak langsung terkena panas dari lilin yang menyala. Apa yang Anda rasakan?
4. Tunggu batang besi menjadi dingin. Tempelkan lilin mainan/plastisin/margarin pada batang besi pada jarak tertentu (misalnya 5 cm, 10 cm, 15 cm dari ujung batang yang dipanaskan). Manakah lilin mainan/plastisin/margarin yang terlebih dahulu meleleh. Mengapa?
5. Apa yang dapat Anda simpulkan.

Pertanyaan:

1. Mengapa bagian batang besi yang tidak dipanasi lama kelamaan ikut menjadi panas?
2. Kesimpulan apakah yang dapat diambil dari percobaan ini?

Kegiatan 2

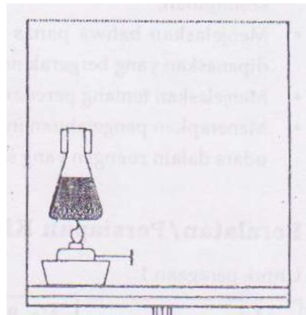
Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui proses perpindahan kalor secara konveksi.

Alat dan bahan:

- Pembakar spiritus
- Erlenmeyer
- Penjepit erlenmeyer
- Serbuk gergaji
- Air

Langkah kerja:

1. Isi erlenmeyer dengan air dan panaskan air di atas pembakar spiritus.



Air dan serbuk gergaji yang dipanaskan

Sumber: Buku IPA Guru Kelas 5 SEQIP

2. Masukkan serbuk gergaji kedalam erlenmeyer.
3. Amati keadaan serbuk gergaji sebelum air mendidih dan setelah air mendidih.

Pertanyaan:

1. Mengapa pada saat air mendidih, serbuk gergaji nampak melayang-layang secara bergantian?
2. Kesimpulan apa yang bisa Anda peroleh?

Kegiatan 3

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui proses perpindahan kalor secara radiasi.

Alat dan bahan:

- Batang besi
- Pembakar spiritus
- Kain

Langkah kerja:

1. Panaskan sebuah batang besi dengan membakarnya menggunakan pembakar spiritus. Gunakan kain yang tebal ketika memegang batang besi tersebut.
2. Setelah batang besi cukup panas, letakkan batang besi di atas meja.
3. Dekatkan telapak tangan Anda (jangan sampai menyentuh batang besi). Apa yang Anda rasakan? Apa yang dapat Anda simpulkan dari kegiatan tersebut?

Setelah Anda mengikuti Kegiatan Percobaan tersebut, tentunya kini Anda lebih memahami bagaimana kalor dapat berpindah dari suatu keadaan ke keadaan lain, dari suatu zat ke zat lain, baik itu secara konduksi, konveksi, atau radiasi. Untuk lebih memperdalam wawasan kita mengenai kalor, marilah kita perdalam pemahaman kita dengan membahas mengenai kalor.

C. Kalor, Kapasitas Kalor, Kalor Jenis, dan Kalor Laten

Istilah kalor pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli kimia Perancis, Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794). Mulanya kalor diartikan sebagai fluida (zat alir). Namun teori yang menyatakan bahwa kalor sebagai fluida ini tidak bertahan lama, karena kemudian James Prescott Joule (1818 – 1889) melakukan percobaan untuk menghitung jumlah energi mekanik yang ekuivalen dengan kalor sebanyak satu kalori. Berdasarkan percobaan tersebut, Joule menyimpulkan bahwa kalor merupakan salah satu bentuk energi. Besar energi satu kalori setara dengan 4,2 joule ($1 \text{ kalori} = 4,2 \text{ J}$).

Sebuah benda yang dipanaskan (diberi kalor), maka benda tersebut akan mengalami kenaikan suhu. Besarnya kenaikan suhu yang dialami suatu benda yang diberi kalor bergantung pada jumlah kalor yang diterima atau diserap oleh benda dan jenis bendanya itu sendiri.

Semakin banyak kalor yang diterima atau diserap oleh benda, semakin besar kenaikan suhunya. Adapun kaitannya dengan jenis benda, ada beberapa benda yang membutuhkan sedikit kalor untuk menaikkan suhunya, akan tetapi ada pula beberapa benda yang membutuhkan kalor yang cukup besar untuk menaikkan suhunya.

Sebagaimana yang telah diungkapkan pada bagian awal Kegiatan Belajar ini, dalam mekanisme penyerapan atau pelepasan kalor oleh suatu benda ini berlaku hukum kekekalan energi, dimana “kalor yang dilepaskan akan sama dengan kalor yang diserap”. Pernyataan ini

diungkapkan oleh Joseph Black dan dikenal dengan istilah Asas Black. Penulisan matematis Asas Black adalah $Q_{lepas} = Q_{terima}$.

1. Kapasitas Kalor

Bila sejumlah kalor atau energi panas ditambahkan pada suatu zat, maka suhu zat itu tentu akan naik (kecuali pada saat perubahan wujud, misalnya air menguap atau es mencair). Banyaknya kalor (Q) yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat sebanding dengan perubahan temperatur (ΔT) zat tersebut. Secara matematis hubungan tersebut dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = C \cdot \Delta T$$

dengan C merupakan **kapasitas kalor** zat.

Kapasitas kalor didefinisikan sebagai banyaknya kalor atau energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar 1°C atau 1 K . Oleh karena satuan untuk kalor adalah joule dan satuan suhu adalah kelvin, maka **satuan untuk kapasitas kalor adalah joule/kelvin (J/K)**.

Contoh Soal 4:

Berapakah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar 15°C bila kapasitas kalor benda tersebut adalah 840 J/K .

Penyelesaian:

Diketahui: $C = 840\text{ J/K}$

$\Delta T = 15^\circ\text{C} = 15\text{ K}$ (kenaikkan suhu dalam Celcius sama dengan Kelvin)

Ditanya: $Q = ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} Q &= C \cdot \Delta T \\ &= 840 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 15\text{ K} = 12600\text{ J} \end{aligned}$$

Jadi, kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda tersebut adalah 12.600 J .

2. Kalor Jenis

Disamping kapasitas kalor, ada besaran lain yang berkaitan dengan kalor yaitu kalor jenis zat. Kalor jenis suatu zat didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kilogram zat itu sebesar 1°C atau 1 K . Atau dengan kata lain, banyaknya kalor (Q) yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat sebanding dengan perubahan

temperatur (ΔT) dan massa (m) zat tersebut. Secara matematis hubungan tersebut dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = mc \cdot \Delta T$$

dengan m merupakan massa zat dan c merupakan **kalor jenis** zat. Dari persamaan-persamaan di atas, kita melihat adanya hubungan antara kalor jenis zat dengan kapasitas kalor zat.

$$Q = Q$$

$$C \cdot \Delta T = mc \cdot \Delta T$$

sehingga kita memperoleh hubungan antara kalor jenis zat dan kapasitas kalor zat sebagai berikut.

$$C = mc$$

atau

$$c = \frac{C}{m}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka **satuan kalor jenis suatu zat adalah joule/kg K (J/kg K)**.

Kalor jenis suatu zat merupakan sifat termal zat terhadap kemampuannya menyerap kalor. Nilai kalor jenis zat tentu akan beragam, bergantung pada kemampuan masing-masing zat dalam menyerap kalor. Berikut ini disajikan beberapa nilai kalor jenis zat.

Tabel 6.3. Kalor jenis beberapa zat pada suhu 20 °C dan tekanan 1 atm.

Nama zat	Kalor jenis (J/kg.K)
Aluminium	900
Tembaga	385
Emas	130
Baja/besi	450
Timah	130
Raksa	140
air	4190

Contoh Soal 5:

Kalor jenis air adalah 4200 J/kg K. Berapakah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 2 kg air sehingga suhunya naik dari 27 °C menjadi 45 °C?

Penyelesaian:

Diketahui: $c = 4200 \text{ J/kg K}$
 $m = 2 \text{ kg}$
 $\Delta T = 45^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C} = 18^\circ\text{C} = 18 \text{ K}$

Ditanya: $Q = ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} Q &= mc \cdot \Delta T \\ &= (2 \text{ kg}) \left(4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) (18 \text{ K}) \\ &= 151200 \text{ J} = 151,2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi, kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu zat tersebut adalah 151,2 kJ.

3. Kalor Laten

Kita tahu bahwa bila sejumlah kalor ditambahkan pada suatu zat akan menyebabkan kenaikan suhu zat tersebut. Bila kalor tersebut terus-menerus ditambahkan kalor, maka suatu ketika zat tersebut akan berubah wujud. Misalnya, ketika kita merebus air maka pada suatu saat air tersebut akan mendidih dan berubah menjadi uap air. Anda dapat melihat kembali proses perubahan wujud pada Gambar 6.1 dan Gambar 6.8.

Kalor yang diperlukan oleh suatu zat untuk berubah wujud dinamakan kalor laten (L), dan besarnya kalor laten ini berbeda-beda, bergantung dari jenis zatnya. Besarnya kalor yang diperlukan pada perubahan wujud suatu benda dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$Q = m \cdot L$$

Dengan L merupakan **kalor laten**.

Nilai kalor laten zat ini bergantung dari proses perubahan wujud yang terjadi. Pada saat benda melebur (berubah wujud dari padat menjadi cair atau sebaliknya), maka kalor laten yang digunakan adalah kalor laten lebur dan biasanya disebut **kalor lebur** atau **kalor beku**. Pada saat benda menguap (berubah wujud dari cair menjadi gas atau sebaliknya), maka kalor laten yang digunakan adalah kalor laten didih dan biasanya disebut **kalor didih** atau **kalor uap**.

Contoh Soal 6:

Tentukan berapa banyak kalor yang diperlukan untuk melebur 1 kg besi yang mula-mula bersuhu 10°C bila diketahui titik lebur besi adalah 1300°C , kalor jenis besi $4,6 \times 10^2 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ dan kalor lebur besi 30 kkal/kg .

Penyelesaian:

Diketahui: $m = 1 \text{ kg}$
 $c = 4,6 \times 10^2 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$
 $T_1 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $T_2 = 1300 \text{ } ^\circ\text{C}$ (titik lebur besi)
 $L = 30 \text{ kkal/kg} = 1,26 \times 10^5 \text{ J/kg}$

Ditanya: $Q = ?$

Jawab:

Dalam persoalan ini, kalor yang ditambahkan (diberikan) pada besi digunakan untuk menaikkan suhu besi dan mengubah wujud besi.

- Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu besi dari $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ hingga $1300 \text{ } ^\circ\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned} Q_1 &= mc \cdot \Delta T = mc(T_2 - T_1) \\ &= (1 \text{ kg}) \left(4,6 \times 10^2 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (1300 \text{ } ^\circ\text{C} - 10 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 5,934 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

- Banyaknya kalor yang diperlukan untuk melebur besi pada titik leburnya adalah:

$$\begin{aligned} Q_2 &= m \cdot L \\ &= (1 \text{ kg}) \left(1,26 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) \\ &= 1,26 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

- Banyaknya kalor yang diperlukan untuk meleburkan besi dari suhu $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ hingga $1300 \text{ } ^\circ\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 \\ &= (5,934 \times 10^5 \text{ J}) + (1,26 \times 10^5 \text{ J}) \\ &= (5,934 + 1,26) \times 10^5 \text{ J} \\ &= 7,194 \times 10^5 \text{ J} \\ &= 719,4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi, banyaknya kalor yang diperlukan adalah 719,4 kJ

LATIHAN

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

1. Sejumlah kalor digunakan untuk melebur 2 kg logam yang mula-mula suhunya 15 °C. Bila titik leleh logam tersebut adalah 1000 °C, kalor jenis logam adalah $4 \times 10^2 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ dan kalor leburnya 35 kkal/kg, berapakah kalor yang diperlukan untuk melebur logam tersebut?

RANGKUMAN

Kalor merupakan salah satu bentuk energi; oleh karenanya kalor dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain, dari satu keadaan ke keadaan lainnya. Kalor dapat berpindah karena adanya perbedaan suhu. Sebuah benda yang dipanaskan (diberi kalor) maka benda tersebut akan mengalami kenaikan suhu. Semakin banyak kalor yang diserap atau diterima oleh suatu benda, semakin besar pula kenaikan suhunya. Umumnya kalor berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda lain yang suhunya rendah.

Berbicara mengenai perpindahan kalor, maka setidaknya ada tiga cara kalor dapat berpindah. Pertama, kalor dapat berpindah secara konduksi, yaitu proses perpindahan kalor melalui suatu zat perantara tanpa disertai perpindahan bagian-bagian dari zat itu. Kedua, perpindahan kalor secara konveksi, yaitu proses perpindahan kalor melalui suatu zat disertai perpindahan zat tersebut. Ketiga, perpindahan kalor secara radiasi, yaitu perpindahan kalor tanpa perpindahan zat perantara.

Banyaknya kalor yang diterima atau dilepaskan oleh suatu benda bergantung dari sifat bendanya, yaitu kapasitas kalor suatu benda dan kalor jenis benda tersebut. Kapasitas kalor didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar 1 °C atau 1 K. Sedangkan kalor jenis suatu zat didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kilogram zat tersebut sebesar 1 °C atau 1 K. Kalor jenis zat merupakan sifat termal zat terhadap kemampuannya menyerap kalor, dan nilainya akan berbeda-beda bergantung zat masing-masing.

Tidak semua kalor berguna dalam menaikkan suhu. Ada juga kalor yang digunakan suatu zat untuk berubah wujud. Kalor yang digunakan suatu zat untuk berubah wujud dinamakan kalor laten. Kalor laten itu sendiri terdiri dari kalor lebur (kalor beku) dan kalor didih (kalor uap).

TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Pada mulanya kalor diartikan sebagai fluida atau zat alir. Kemudian ada seorang ilmuwan Inggris yang melakukan sebuah percobaan untuk menghitung jumlah energi mekanik yang ekuivalen dengan kalor sebanyak satu kalori dan berhasil membuktikan bahwa kalor merupakan salah satu bentuk energi. Ilmuwan yang dimaksud adalah ...
A. Joseph Black
B. J. P. Joule
C. Anders Celcius
D. A. L. Lavoisier
2. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kilogram zat sebesar 1 °C atau 1 K merupakan definisi dari ...
A. kalor jenis
B. kalor lebur
C. kalor didih
D. kapasitas kalor
3. Peristiwa terjadinya angin darat dan angin laut adalah salah satu bukti adanya perpindahan panas secara ...
A. radiasi
B. konduksi
C. konveksi
D. pancaran
4. Perpindahan panas secara konduksi terjadi apabila ...
A. pada bagian bahan yang panas molekulnya bergerak ke molekul lainnya sehingga suhunya naik.
B. pada bagian bahan yang panas molekulnya tetap diam sehingga suhunya naik.
C. pada bagian bahan yang panas molekulnya berpindah ke molekul lainnya sehingga suhunya naik.
D. pada bagian bahan yang panas molekulnya bergetar dan membentur molekul lainnya sehingga suhunya naik.
5. Nelayan di pantai akan pergi melaut pada malam hari karena ...
A. Pada malam hari terjadi angin laut yang arahnya dari darat ke laut
B. Pada malam hari terjadi angin darat yang arahnya dari darat ke laut
C. Pada malam hari terjadi angin laut yang arahnya dari laut ke darat
D. Pada malam hari terjadi angin darat yang arahnya dari darat ke laut

- ## BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

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

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

42

KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

Tes Formatif 1

1. A, besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal merupakan definisi dari suhu.
2. B, termometer bekerja berdasarkan sifat termometriknya.
3. D, salah satu kelebihan dari alkohol adalah dapat digunakan untuk mengukur suhu yang rendah.
4. B, skala Kelvin merupakan skala suhu mutlak, dan titik bawah dari skala Kelvin didasarkan pada ukuran energi kinetik minimal dari suatu benda.
5. C, dengan menggunakan hubungan antara skala Celcius dan Fahrenheit
6. B, dengan menggunakan hubungan antara skala Celcius, Fahrenheit, dan Kelvin.
7. A, anomali pada air terjadi antara rentang 0 °C hingga 4 °C dimana ketika suhu bertambah antara rentang tersebut terjadi penyusutan volume air.
8. B, dengan persamaan pemuaian panjang, panjang pipa baja tersebut setelah mengalami kenaikan suhu menjadi 100,044 cm.
9. B, dengan persamaan pemuaian panjang, koefisien muai panjang batang logam adalah $6,1 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
10. C, semakin besar koefisien muai panjang, semakin panjang perubahan panjang karena perubahan suhu; ini berarti semakin cepat pemuaian logam tersebut untuk selang waktu yang bersamaan.
11. B, logam A memiliki koefisien muai panjang lebih besar sehingga akan memuai lebih panjang; karena pada bimetal masing-masing keping dikelilingi, sehingga bimetal akan melengkung ke arah keping B.
12. A, hukum Boyle.

Tes Formatif 2

1. B, J. P. Joule
2. A, kalor jenis
3. C, konveksi
4. D, konduksi terjadi karena getaran molekul-molekul pada bagian bahan yang panas dan menggetarkan (membentur) molekul lainnya sehingga ikut bergetar.
5. D, malam hari terjadi angin darat yang arahnya dari darat ke laut.

6. B, kalor jenis logam (c) = $C/m = 464,8 \text{ J/kg K}$.
7. A, kalor yang diperlukan (Q) = $m.c.\Delta T = 1137,5 \text{ joule}$
8. C, kalor lebur es (L) = $Q / m = 336 \text{ kJ}$

GLOSARIUM

Anomali	: sifat pemuaian pada air yang menunjukkan 'keanehan' pada rentang suhu 0 °C hingga 4 °C, dimana pada rentang suhu tersebut seiring peningkatan suhu terjadi penyusutan volume air (volumenya berkurang).
Kalor	: salah satu bentuk energi yang berkaitan dengan perubahan suhu (kenaikan atau penurunan suhu) suatu benda.
Kalor jenis	: banyaknya kalor atau energi panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu kilogram zat sebesar satu satuan derajat (1 °C atau 1 K). Kalor jenis merupakan sifat termal zat terhadap kemampuannya menyerap kalor.
Kalor laten	: kalor yang diperlukan suatu zat untuk berubah wujud.
Kapasitas kalor	: banyaknya kalor atau energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar satu satuan derajat.
Konduksi	: cara perpindahan kalor melalui suatu perantara zat tanpa disertai perpindahan bagian-bagian dari zat itu. Konduksi disebut juga hantaran.
Konveksi	: cara perpindahan kalor melalui suatu zat disertai perpindahan zat tersebut.
Pemuaian	: perubahan fisis suatu bahan karena adanya perubahan suhu. Biasanya direpresentasikan oleh adanya pertambahan ukuran.
Radiasi	: cara perpindahan kalor tanpa perpindahan zat perantara. Radiasi disebut juga pancaran.
Suhu	: derajat panas atau dingin suatu benda. Didefinisikan pula sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua buah benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal.
Sifat termometrik	: sifat fisis suatu zat yang berubah bila suhunya berubah.
Termometer	: alat pengukur suhu yang bekerja berdasarkan sifat termometrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Fishbane, Paul M, et.al. (2005). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. New Jersey: Pearson Educational Inc.
- Halliday, D., Resnick, R. (1997). *Physics* , terjemahan: Patur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Microsoft Encarta Premium 2009
- Muslim, dkk. (2006). *Konsep Dasar Fisika*. Bandung. UPI Press
- Serway, R.A & John W. Jewett. (2004). *Physics for Scientists and Engineers*. Thomson Brooks/Cole.
- Sulistiyanto, H & Edy Wiyono. (2008). *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SD/MI Kelas IV*. Jakarta: Pusat Perbukuan Depdiknas.
- Tim SEQIP. (2007). *Buku IPA Guru Kelas 5*. Jakarta: Dirjen Dikdasmen Depdiknas
- Tipler, P.A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.