



Bab 3


Suhu, Kalor dan Pemuaian

Seru sekali ya jika kita bisa menjelajah dengan balon udara seperti gambar di atas? Apakah kalian tahu bahwa balon udara adalah sebuah teknologi penerbangan pertama yang dibuat oleh manusia. Balon udara ditemukan oleh Montgolfier bersaudara di Annonay, Prancis pada 1783. Penerbangan pertama dengan manusia diadakan pada 21 November 1783, di suatu pasar di Paris oleh Pilâtre de Rozier dan Marquis d'Arlandes. Bagaimana balon udara dapat terbang? Prinsip Sains apa yang mendasarinya? Apakah ada kaitannya dengan suhu, kalor dan pemuaian?

Pada akhir kegiatan di bab ini kalian akan mempraktikkan konsep suhu, kalor dan pemuaian dengan membuat purwarupa balon udara. Ayo pelajari bab ini dengan antusias.

Kata kunci

- suhu
- energi
- kalor
- benda
- pemuaian



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1.
.....
2.
.....

A. Suhu

Apa yang ada di dalam benak kalian jika mendengar banyak orang pada saat ini perlu diukur suhu tubuhnya? Kenapa suhu pada tubuh seseorang atau suatu benda begitu penting untuk diketahui?

Cobalah kalian menggosok-gosokan kedua telapak tangan selama kurang lebih satu menit. Setelah itu, tempelkan salah satu telapak tangan tersebut ke pipi. Apakah kalian merasakan hangat atau sedikit panas? Jika kalian belum merasakan hangat di pipi, kalian boleh ulangi menggosok telapak tangan dengan sedikit lebih lama. Rasa hangat yang kalian rasakan di pipi itu adalah yang kita kenal sebagai suhu.

1. Jadi, Apa yang Dimaksud Dengan Suhu?

Suhu pada dasarnya adalah besaran fisika yang hanya dapat dirasakan oleh indra. Tubuh manusia dapat merasakan suhu dalam bentuk rasa panas atau dingin. Saat kalian menempelkan telapak tangan ke pipi atau saat bermain di tengah terik Matahari, kulit terpapar sinar Matahari yang menyengat dan kemudian otak memberikan informasi rasa panas. Pun, ketika minum air es, otak kita memberikan respon informasi pengalaman rasa dingin. Tampak di sini bahwa suhu adalah ukuran derajat atau tingkat panas suatu benda.

Saat malam hari menjelang tidur, ibu kalian menyimpan makanan ke dalam lemari es atau kulkas agar dapat dimakan kembali esok harinya. Mengapa lemari es membuat makanan jadi lebih awet? Apakah ada kaitannya dengan nilai suhu yang tinggi atau rendah? Berapa nilai suhu yang termasuk kategori tinggi atau rendah itu? Kalian dapat menanyakan dan mendiskusikan perihal tersebut kepada orang tua kalian di rumah.

Lemari es atau lemari pendingin adalah contoh betapa pentingnya besaran suhu di dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.

Fakta Sains

Lemari Pendingin

Tahukah kalian bahwa bangsa Cina telah memotong es dan menyimpannya dalam ruang pendingin sekitar 1000 SM (sekitar 3000 tahun yang lalu). Lima ratus tahun kemudian, ide mendinginkan atau mengawetkan makanan dilanjutkan oleh bangsa Mesir dan India dengan membuat bangunan semacam pot besar terbuat dari tanah dan pasir basah yang ditaruh di malam yang dingin untuk memproduksi air dingin di dalamnya.

Teknologi mesin pendingin skala rumahan dibuat untuk pertama kalinya oleh ilmuwan Skotlandia bernama William Cullen pada tahun 1748. Baik bangsa Cina, Mesir, India maupun lemari es William Cullen, konsep Sains yang digunakan untuk membuat mesin pendingin pada dasarnya adalah dengan menurunkan suhu pada suatu ruang atau lemari penyimpanan hingga serendah mungkin pada nilai tertentu. Awalnya orang tidak mengetahui sama sekali konsep Sains yang mendasarinya. Kemudian, teknologi yang diperlukan. Cara paling terkenal dan banyak dilakukan adalah dengan teknik evaporasi atau menguapkan bahan kimia tertentu sehingga menghilangkan panas pada ruang bagian dalam. Prinsipnya juga sama digunakan untuk pendingin ruangan AC (*Air Conditioner*).



Gambar 3.1 Skema mesin es mekanis Dr. John Gorrie tahun 1841.

Sumber: [wikipedia.org/Magnus Manske](https://wikipedia.org/Magnus_Manske) (2008)

Kalian juga perlu tahu bahwa lemari es dan AC adalah dua teknologi yang menghabiskan sekitar 20% dari total ketersediaan energi di dunia tiap tahunnya menurut jurnal ilmiah terbaru. Jadi, kalian bisa bantu menghemat energi dengan pemakaian AC maupun lemari es ya.

Sumber: <https://www.livescience.com>
<https://www.sciencedirect.com/>

Ayo Identifikasi Aktivitas 3.1



Mengenali Suhu Bagian Tubuh

Cobalah letakkan punggung telapak tangan kalian pada beberapa bagian tubuh seperti pipi, kening, leher, bahu, ketiak dan rambut. Apakah kalian merasakan panas yang berbeda dari bagian tubuh tersebut? Bagian mana yang dirasakan paling panas? Mengapa bisa demikian? Apakah kalian dapat membedakan secara akurat besarnya suhu yang dirasakan pada masing-masing bagian tubuh tersebut?



Gambar 3.2 Seorang anak sedang mengukur suhu tubuhnya.

Benda yang panas mempunyai derajat panas lebih tinggi daripada benda yang dingin. **Aktivitas 3.1** menunjukkan bahwa indra perasa memang dapat merasakan tingkat panas bagian tubuh. Akan tetapi, indra perasa bukan pengukur tingkat panas yang baik. Benda yang tingkat panasnya sama dirasakan berbeda oleh punggung tangan kanan dan kiri kalian. Jadi, suhu benda yang diukur dengan indra perasa seperti kulit menghasilkan ukuran suhu yang tidak dapat dipakai sebagai acuan atau tidak pasti. Bagaimana kita mengetahui secara akurat suhu tubuh seseorang ketika ia menunjukkan gejala demam?

Untuk itulah suhu harus diukur dan dinyatakan secara pasti dengan angka serta alat ukur suhu yang memiliki skala atau ukuran.

2. Mengapa Kita Memerlukan Alat Ukur Suhu?

Selain mengetahui suhu tubuh secara pasti, bagaimana kita mengetahui suhu yang pas untuk menyimpan makanan di lemari es? Pada suhu berapa daging yang dimasak sudah dapat dimakan dengan aman bagi tubuh? Untuk beberapa informasi penting tersebut kita memerlukan informasi nilai suhu dengan akurat melalui alat pengukuran yang telah teruji dan diakui.

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu dinamakan **termometer**. Prinsip kerja dari termometer adalah keseimbangan derajat suhu. Termometer akan menerima suhu dari lingkungan sekitar/ benda yang akan diuji. Secara alamiah, suhu akan mengalir dari derajat yang lebih tinggi ke derajat yang lebih rendah. Konsep ini dikenal juga sebagai Azas Black atau juga Hukum 1 Termodinamika.

Apakah semua termometer sama jenisnya? Tidak, Termometer dapat dibuat dalam berbagai jenis. Jenis-jenisnya akan disesuaikan dengan kegunaannya masing-masing. Jangkauan pengukuran satu termometer dengan termometer lainnya berbeda, sesuai dengan tujuan dan di mana termometer itu akan digunakan. **Gambar 3.3** memperlihatkan sejumlah termometer yang digunakan di rumah sakit, laboratorium dan industri.

Termometer yang digunakan untuk mengukur suhu tubuh hanya memiliki skala di sekitar $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mengapa demikian? Penyebabnya adalah karena tidak ada manusia yang memiliki suhu tubuh di bawah $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan di atas $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Berbeda jika kita ingin mengukur suhu tungku peleburan pada pabrik besi yang bisa mencapai $1.000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Berbeda pula termometer yang dapat mengukur suhu lemari es yang dapat mencapai suhu rendah $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Karena pada suhu rendah tersebut memungkinkan bakteri tidak rumbuh di dalam makanan. Tumbuhnya berbagai macam bakteri pada makanan akan menyebabkan makanan menjadi busuk atau basi.



(a)



(b)



(c)

Gambar. 3.3 Berbagai contoh alat pengukuran suhu (a) termometer tubuh, (b) termometer laboratorium, (c) termometer industri.

Sumber: unsplash.com/Dony Wardhana (2020); pixabay.com/bs2sjh (2016); unsplash.com/Manki Kim (2017)



Fakta Sains

Termometer

Termometer berasal dari dua suku kata dalam bahasa latin. Termo yang berarti suhu atau panas, dan meter yang berarti ukur. Pelopor pertama kali penggunaan termometer secara terukur adalah ilmuwan Galileo Galilei dari Italia pada tahun 1593. Meski masih terbilang sederhana dengan penggunaan tabung labu kaca berukuran kecil, teknik Galileo sudah menggunakan prinsip hubungan kenaikan-penurunan suhu dengan bertambah atau berkurangnya volume gas atau zat cair yang digunakan. Hal tersebut menggunakan konsep keseimbangan panas antara suhu di sekitar dengan suhu gas di dalam tabung labu tersebut.

Pada umumnya zat pengisi alat termometer yang paling banyak digunakan hingga saat ini adalah zat cair alkohol dan air raksa atau merkuri. Saat ini ramai digunakan termometer tembak yang prinsip kerjanya tidak menggunakan perubahan zat dalam alatnya, namun menggunakan alat detektor pancaran suhu tubuh yang telah diubah menjadi energi radiasi atau pancaran.

Sumber: <https://www.thoughtco.com/>; <https://www.thermoworks.com/>



Gambar. 3.4 Termometer tembak untuk mengukur suhu dari jarak tertentu.

Sumber: shutterstock.com/Valdyslav Danilin

Untuk lebih memahami materi mengenai suhu, perhatikanlah judul berita daring berikut ini.

AKURAT.CO, Hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa virus corona COVID-19 mampu bertahan lama dari paparan suhu tinggi. Dilansir dari Asia One pada Rabu (15/4), hasil penelitian teranyar tersebut disampaikan oleh Profesor Remi Charrel dan rekan-rekannya dari Universitas Aix-Marseille, Prancis.

Mereka mengklaim bagaimana SARS-CoV-2 masih mampu hidup meski mereka telah memanaskan virus dengan suhu mencapai 140 derajat Fahrenheit atau 60 derajat Celsius. Upaya pemanasan itu berlangsung hingga satu jam.

Setelah ditempatkan pada lingkungan panas, alih-alih mati, beberapa strain atau galur virus dilaporkan masih mampu membuat replika.

Sumber berita: <https://akurat.co/news/id>

Pada berita tersebut tertulis “*Mereka telah memanaskan virus dengan suhu mencapai 140 derajat Fahrenheit atau 60 derajat Celcius*”.

Kenapa tertulis 140 derajat Fahrenheit? Apakah Fahrenheit adalah skala suhu? Jika Fahrenheit adalah skala suhu, kenapa bukan dinyatakan dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) saja seperti yang sering kalian dengar di Indonesia? Kenapa nilainya berbeda?

3. Mengapa Kita Perlu Mengetahui Skala Suhu?

Contoh di atas adalah pentingnya kita memahami perbedaan skala suhu yang ada dan diakui oleh dunia. Kita juga perlu mengetahui skala suhu apa yang sepakati oleh seluruh ilmuwan dan masyarakat di dunia. Tujuannya adalah agar tidak terjadi kesalahpahaman fatal berkaitan dengan *derajat panas* yang dimaksud sebenarnya.

Ilmuwan yang terdapat pada berita tersebut berasal dari negara Prancis. Secara kultur budaya, informasi mengenai angka suhu di benua Eropa disampaikan melalui skala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). Masyarakat di sana juga lebih mengenal ‘rasa’ dari derajat Fahrenheit. Jika kalian berkesempatan berkunjung ke negara-negara di Eropa atau Amerika Serikat, maka kalian tidak akan mendapati informasi suhu dalam skala Celcius seperti halnya di Indonesia. Kalian akan kesulitan menentukan panas atau dinginnya suatu ruang atau benda yang kalian pegang.

Untuk itu kita membutuhkan ukuran pembanding atau yang dikenal sebagai skala. Skala suhu menunjukkan seberapa besar nilai suhu benda yang sedang diukur. Kemudian, agar semua orang di seluruh dunia menyimpulkan nilai suhu yang sama maka perlu ditetapkan skala suhu secara internasional. Skala suhu yang disepakati oleh ilmuwan dan diakui dunia. Banyak skala suhu yang telah diusulkan para ahli.

4. Bagaimana Menentukan Skala Suhu?

Pada saat menetapkan skala suhu, maka orang perlu menentukan dua peristiwa di mana suhunya ditetapkan terlebih dahulu. Dua peristiwa tersebut harus dapat dihasilkan ulang secara mudah dan teliti di mana pun berada. Dua peristiwa yang sering digunakan sebagai acuan penetapan adalah *peleburan es pada tekanan normal* dan *air mendidih pada tekanan normal (satu atmosfer)*.

Gambar 3.5 (a) Suhu peleburan es pada tekanan satu atmosfer sering disebut **titik acuan bawah** dan (b) suhu didih air pada tekanan satu atmosfer sering disebut **titik acuan atas**.

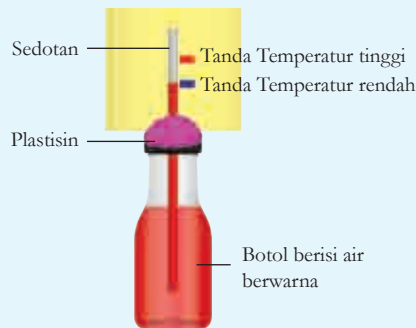
Sumber: shutterstock.com/Marek CECH; shutterstock.com/CyrilLutz



Ayo Buat Aktivitas 3.2

Termometer dengan Skala Suhu

Termometer sesungguhnya dapat kalian buat secara sendiri di sekolah atau pun di rumah. Perhatikanlan gambar berikut ini.



Gambar 3.6 Termometer sederhana

Kalian bisa menyediakan alat dan bahan secara mandiri. Sesuaikan dengan bahan yang kalian miliki yang sesuai dengan peruntukannya. Bahan cairan apa saja yang kalian perlukan? Kalian bisa mencari tahu, bahan cairan apa yang sering digunakan untuk membuat termometer. Campurkanlah cairan tersebut dengan air secukupnya. Jumlah masing-masing cairan dapat kalian tentukan sendiri atau kalian bisa bertanya guru atau orang tua di rumah.

Kemudian bagaimana cara kalian menentukan titik bawah dan titik atas termometer kalian sendiri? Berapakah angka terkecil dan terbesar yang kalian tuliskan pada skala suhu termometer buatan kalian? Bandingkanlah dengan termometer ruangan yang kalian miliki di rumah atau di sekolah.

Aktivitas 3.2 yang telah kalian lakukan merupakan metode atau teknik yang juga dilakukan untuk menentukan skala pada termometer yang diakui dunia hingga saat ini. Dengan cara demikian, ilmuwan-ilmuwan yang bernama **Celcius**, **Fahrenheit**, dan **Reamur** membuat skala termometernya masing-masing.

Cara penetapan skala suhu Celcius tidak beda jauh dengan cara penentuan skala suhu Reamur. Skala rendah suhu Celcius dan Reamur ditetapkan sama yaitu sebagai suhu es murni yang sedang melebur pada tekanan satu atmosfer sebesar suhu 0 derajat. Sedangkan skala tertinggi yaitu suhu air murni yang sedang mendidih pada tekanan satu atmosfer diterapkan sebagai suhu 80 derajat untuk Reamur dan 100 derajat untuk Celcius.

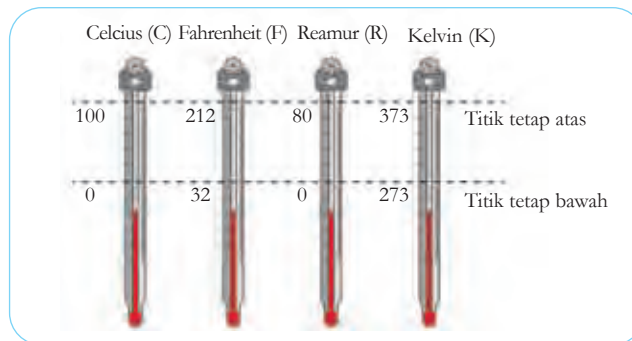
Penetapan skala suhu Fahrenheit sedikit berbeda dengan penetapan skala Celcius dan Reamur. Skala suhu terendah Fahrenheit ditetapkan dari suhu es murni yang sedang melebur pada tekanan satu atmosfer sebagai suhu 32 derajat. Suhu tertinggi pada air murni yang sedang mendidih pada tekanan satu atmosfer diterapkan sebagai suhu 212 derajat. Jadi, ketika kalian memanaskan es yang sedang melebur sehingga menjadi air yang sedang mendidih pada tekanan 1 atmosfer maka kita menaikkan suhu sebesar $(212 - 32) = 180$ derajat skala Fahrenheit, atau 180°F .

Jika suhu zat terus didinginkan maka zat tersebut akan berubah wujud dari gas menjadi cair, lalu berubah menjadi padat. Jika diturunkan terus menerus maka getaran atom-atom dalam zat makin

lambat. Ketika diturunkan lagi maka atom-atom zat tidak bergerak lagi atau diam. Untuk semua zat yang ada di alam semesta didapatkan bahwa suhu ketika semua partikel tidak bergerak lagi sama dengan -273°C . Skala Kelvin menggunakan nol mutlak, tidak menggunakan “derajat” (tidak dituliskan dalam satuan derajat). Pada suhu nol Kelvin, tidak ada energi panas yang dimiliki benda. Kelvin merupakan skala suhu dalam SI. Dengan demikian, hubungan antara skala kelvin dan celcius adalah

$$\text{Skala kelvin} = \text{Skala celcius} + 273$$

Perbedaan antara keempat skala suhu di atas adalah angka pada titik tetap bawah dan titik tetap atas pada skala termometer tersebut seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Titik tetap bawah (air membeku) dan titik tetap atas (air mendidih) pada beberapa skala suhu. rentang skala Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin berturut-turut 100, (212-32), 80, (373-273).

5. Perbandingan Skala Suhu

Agar lebih mudah kalian dapat menuliskan perbandingan skala suhu adalah sebagai berikut.

Skala Celcius : Fahrenheit : Reamur : Kelvin

100 : 180 : 80 : 100

Skala Celcius : Reamur : Fahrenheit : Kelvin

5 : 9 : 4 : 5

Dengan memperhatikan titik acuan bawah (dibandingkan dari nol semua)

Maka perbandingan suhunya adalah

$$t : (t-32) : t : (t-273) = 5 : 9 : 4 : 5$$

Perbandingan di atas dapat digunakan untuk menentukan konversi skala suhu. Sebagai contoh, konversi skala suhu dari Celcius ke Fahrenheit.

Tentukanlah nilai suhu dalam skala Fahrenheit jika diketahui besar suhu dalam Celcius adalah $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dengan menggunakan persamaan perbandingan suhu didapatkan,

$$t_F = \frac{9}{5}t_c + 32 = \left(\frac{9}{5} \times 45\right) + 32 = 113\text{ }^{\circ}\text{F}$$



Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Mengapa telapak atau punggung tangan tidak dapat mengukur suhu bagian tubuh secara pasti?
2. Gunakan alat ukur suhu yang kalian punya di rumah atau di sekolah. Ukurlah berapa besar suhu di dalam ruang saat ini? Ubahlah ke skala Fahrenheit.
3. Gambarkanlah skala perbandingan termometer buatan kalian sendiri dengan skala termometer Celcius, Fahrenheit, dan Kelvin.
4. Ukurlah suhu ruangan kelas dengan menggunakan termometer buatan kalian sendiri.

B. Kalor

Cobalah kalian mendekati salah satu jendela yang ada di kelas pada waktu siang hari yang terik. Pilihlah posisi di dekat jendela di mana sinar Matahari paling optimal ditangkap oleh kulit tangan kalian. Apakah kalian merasakan panas? Mengapa kulit kalian merasakan panas? Mengapa sinar Matahari pada siang hari menyebabkan kulit terasa panas? Apa yang dihantarkan atau dibawa sinar Matahari sehingga menyebabkan kulit terasa panas?

1. Apakah Kalor Itu Sama dengan Suhu?

Selain percobaan sederhana di atas, kalian mungkin pernah berdiri atau duduk-duduk bersama teman di dekat api unggun lalu badan kalian terasa hangat? Mengapa bisa demikian? Ketika itu energi yang menyebabkan panas yang dibawa oleh sinar Matahari maupun api unggun mengalir ke kulit kalian.

Energi tersebut mengalir dari benda bersuhu tinggi (api unggun) ke benda bersuhu rendah (kulit). Energi tersebut dikenal sebagai kalor. **Kalor** secara alamiah mengalir dari benda bersuhu lebih tinggi (panas) ke benda yang bersuhu lebih rendah (dingin). Kalor tidak sama dengan suhu. Suhu adalah sifat suatu benda yang muncul setelah diberikan energi kalor. Terlepas benda tersebut suhunya menjadi tinggi atau tidak.

Kalor diukur dalam satuan kalori. Satu kalori adalah jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 °C dari 1 gram air. Satuan kalor dalam SI adalah Joule. Satu kalori sama dengan 4,184 Joule, dan sering dibulatkan menjadi 4,2 Joule.

2. Kenapa Benda yang Berbeda Nilai Suhunya Tidak Sama Ketika Diberikan Kalor yang Sama?

Pernahkah kalian memperhatikan di siang hari yang begitu terik, air yang berada di kolam, sungai atau danau tetap terasa dingin? Sedangkan aspal di jalan terasa begitu panas? Padahal mendapatkan terik Matahari yang sama. Mengapa bisa demikian? Apakah masing-masing benda atau zat memiliki kemampuan menyerap kalor yang berbeda-beda?

Air termasuk zat yang memiliki **kalor jenis** tinggi yang dapat menyerap banyak energi kalor dengan hanya sedikit perubahan suhu. Apa itu kalor jenis? Kalor jenis adalah jumlah energi panas yang diperlukan oleh 1 kg bahan tertentu untuk menaikkan suhunya sebesar 1 Kelvin.

Setiap bahan atau zat memiliki kalor jenis yang berbeda. Satuan kalor jenis adalah Joule per kilogram per Kelvin [J/ (kg, K)], atau dalam Joule per kilogram per derajat Celsius [J/ (kg, °C)]. Mengapa bisa sama? Hal ini dikarenakan bahwa perubahan suhu 1 Kelvin sama dengan 1 derajat Celsius.

Menurut kalian kenapa masing-masing benda bisa memiliki kalor jenis yang berbeda-beda? Apakah ada hubungannya dengan atom-atom atau molekul benda atau zat tersebut?

Tabel 3.1 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

Sumber: Buku IPA kelas 7 Kemdikbud RI, 2017

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa kalor jenis air lebih tinggi dibandingkan dengan kalor jenis beberapa bahan lainnya. Air, alkohol dan bahan-bahan lain yang memiliki kalor jenis tinggi dapat menyerap banyak energi panas dengan sedikit perubahan suhu.

3. Bagaimana Menghitung Besar Kalor?

Keluarga kalian memiliki daging sapi mentah yang begitu banyak. Daging tersebut tidak akan habis dimasak dan dimakan oleh keluarga kalian sampai dua hari. Orang tua kalian kemudian menyimpannya di dalam lemari es agar daging tersebut awet. Informasi apa yang diperlukan oleh orang tua kalian agar penyimpanan daging tersebut sesuai yang diharapkan? Adakah hubungannya dengan suhu dan kalor?

Pada suhu berapa daging sapi tersebut di simpan di lemari es agar tetap awet selama beberapa hari? Bagaimana kita dapat mengetahui energi panas yang dilepaskan untuk mendapatkan suhu tersebut? Penurunan suhu karena disebabkan lepasnya kalor pada suatu benda tidak dapat diukur secara langsung.

Sekarang anggap saja daging sapi tersebut 10 kg dan suhu ruang adalah sekitar 27 °C. Agar daging tersebut membeku diperlukan suhu sebesar -10 °C. Kalian dan orang tua kalian sebenarnya sudah memiliki cukup informasi untuk menemukan kalor yang dikeluarkan oleh daging menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{Perubahan Energi Panas} = \text{Massa} \times \text{Kalor Jenis} \times \text{Perubahan Suhu}$$
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

m adalah massa daging, ***c*** adalah kalor jenis daging, dan Δ (baca: delta) berarti “perubahan,” jadi “**delta T**” adalah perubahan suhu. “Perubahan” yang ditunjukkan oleh ***Q***, merupakan simbol perubahan energi panas (benda menerima kalor atau melepas kalor).

$$\Delta T = T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}}$$

Apabila **delta T positif**, ***Q*** juga positif. Ini berarti bahwa benda mengalami kenaikan suhu dan mendapat energi panas (menerima kalor). Apabila **delta T negatif**, ***Q*** juga negatif. Benda kehilangan energi panas (melepas kalor) dan mengalami penurunan suhu.

Pada kasus daging sapi di atas adalah peristiwa melepas energi panas. Ayo kita hitung kalor yang dilepaskan daging sapi tersebut. Langkah-langkah penyelesaian yang dapat kalian lakukan adalah sebagai berikut.

Informasi yang diketahui adalah:

Massa daging, $m = 10 \text{ kg}$

Kalor jenis, C , daging sapi adalah $3.500 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Suhu awal, $T_{\text{awal}} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$

Suhu akhir, $T_{\text{akhir}} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta T = -10 \text{ }^\circ\text{C} - 27 \text{ }^\circ\text{C} = -37 \text{ }^\circ\text{C} = -37 \text{ K}$$

Apa yang ditanyakan?

Perubahan energi panas (kalor yang dilepas), Q

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

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times (T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}}) \\ &= 10 \text{ kg} \times 3.500 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \times (-37 \text{ K}) \\ &= -1.295.000 \text{ J} \\ &= -1.295 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Untuk membekukan daging hingga suhu -10°C diperlukan energi sebesar 1.295 kJ . Besar energi tersebut dapat **dikonversi menjadi besaran energi listrik**, sehingga kalian mengetahui berapa besar listrik yang diperlukan pada lemari es yang diperlukan untuk membekukan daging sapi tersebut.



Percobaan Aktivitas 3.3



Kalian dapat membuat susunan percobaan seperti pada **Gambar 3.8**. Gambar tersebut menunjukkan percobaan beberapa batang korek api dengan posisi sudut dan jarak yang berbeda-beda dari api lilin.

1. Menurut kalian, korek apa manakah yang nyala lilin paling pertama?
2. Mengapa korek api dapat didekatkan lebih dekat pada bagian bawah nyala sebelum korek api mulai terbakar?
3. Mengapa kalian tidak dapat mendekatkan kepala korek api dari arah atas menuju api lilin tanpa membuatnya terbakar?
4. Cobalah ubah semua posisi korek tadi menjadi sejajar dengan lilin? Amati apa yang terjadi.



Gambar 3.8 Posisi batang korek yang berbeda-beda pada lilin yang sedang menyala.

4. Perpindahan Kalor

Pada **Aktivitas 3.3**, kalian telah mendapati bahwa nyala masing-masing batang korek berbeda-beda. Mengapa bisa terjadi demikian? Apakah kalian menemukan perpindahan kalor dari api lilin ke ujung batang korek? Bagaimanakah cara kerjanya?

Jika kalian perhatikan lebih teliti pada percobaan **Aktivitas 3.3** terdapat beberapa cara perpindahan kalor yang terjadi. Pada dasarnya kalor berpindah melalui tiga cara yang disebut sebagai konduksi, konveksi dan radiasi.

Berikut akan diuraikan ketiga cara perpindahan kalor tersebut. Coba pahami dengan seksama perbedaan di antara ketiganya.

a. Konduksi

Saat Ibu kalian menyetrিকা baju, bagian bawah setrika yang panas bersentuhan langsung dengan kain. Kalor berpindah dari bagian bawah setrika yang terbuat dari logam ke kain. Perpindahan kalor seperti ini disebut konduksi. Perhatikan mekanisme perpindahan kalor secara konduksi pada **Gambar 3.9**.

Gambar 3.9 Perpindahan kalor secara konduksi pada logam.



Konduksi merupakan perpindahan panas melalui suatu bahan tanpa disertai dengan perpindahan partikel-partikel pada bahan tersebut. 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. Seperti pada bagian bawah setrika, bahan logam termasuk konduktor. Kayu dan plastik termasuk isolator.

Berbagai peralatan rumah tangga yang memanfaatkan sifat konduktivitas bahan, terlihat pada **Gambar 3.10** berikut ini.



Gambar 3.10 Berbagai benda a) konduktor dan b) isolator.

Sumber: [freemages.com/recyclthis](https://www.freemages.com/recyclthis) (2007); [freemages.com/tijmen van dobbenburgh](https://www.freemages.com/tijmen-van-dobbenburgh) (2005); [freemages.com/Tibor Fazakas](https://www.freemages.com/Tibor-Fazakas) (2006); [freemages.com/Ronit Geller](https://www.freemages.com/Ronit-Geller) (2006); [freemages.com/Maciej Perek](https://www.freemages.com/Maciej-Perek) (2006); [freemages.com/Chrissi Nerantzi](https://www.freemages.com/Chrissi-Nerantzi) (2006); [freemages.com/Flavio de Souza Cabrera](https://www.freemages.com/Flavio-de-Souza-Cabrera) (2006); [freemages.com/Hioe Sandy](https://www.freemages.com/Hioe-Sandy) (2007)

b. Konveksi

Telah kita ketahui bahwa air merupakan bahan isolator. Namun, ketika memasak air, setelah bagian bawah panci dipanaskan beberapa saat, ternyata permukaan air juga ikut panas bahkan mendidih. Hal tersebut menunjukkan bahwa air dapat menjadi konduktor panas ketika diberikan kalor yang cukup. Berarti, ada cara perpindahan panas yang berbeda dari yang sebelumnya atau konduksi. Perpindahan kalor yang seperti itu dikenal sebagai konveksi.

Saat air bagian bawah mendapatkan kalor dari pemanas, kumpulan partikel air memuai sehingga menjadi lebih ringan dan bergerak naik, digantikan dengan partikel air dingin (yang lebih berat) dari bagian atas. Dengan cara ini, panas dari air bagian bawah berpindah bersama aliran air menuju bagian atas. Proses perambatan energi panas pada air tersebut ini disebut konveksi. Pola aliran partikel air tersebut membentuk arus konveksi.



Gambar 3.11 Konveksi saat memasak air.

Sumber: [shutterstock.com/BlueRingMedia](https://www.shutterstock.com/BlueRingMedia)

Konveksi adalah perpindahan kalor dari satu bagian ke bagian yang lain bersama dengan gerak fisik dari partikel-partikel bendanya. Konveksi juga dapat terjadi pada aliran udara panas atau asap yang dihasilkan oleh nyala api. Ingatkah kalian saat membakar kayu ketika api unggun? Asap dari hasil pembakaran kayu tersebut membuat suhu udara di atasnya menjadi lebih panas.

c. Radiasi

Saat kalian bermain bersama kawan di tengah hari yang cerah, kalian merasakan panasnya Matahari pada wajah kalian. Bagaimana kalor yang dipancarkan Matahari dapat sampai ke wajah kalian? Bukankah jaraknya berjuta-juta kilometer dan melewati ruang hampa udara? Dalam ruang hampa tidak ada materi yang dapat memindahkan kalor secara konduksi dan konveksi. Jadi, perpindahan kalor dari Matahari sampai ke Bumi dengan cara lain. Cara tersebut dinamakan radiasi. **Radiasi** adalah perpindahan kalor tanpa membutuhkan zat perantara atau medium.



Gambar 3.12 Kalor berpindah dari Matahari hingga ke Bumi melalui radiasi.

Sekarang kalian dapat menentukan dan menjelaskan jenis perpindahan kalor yang terjadi pada **Aktivitas 3.3**. Silahkan kalian tuliskan di buku catatan kalian.



Untuk memperdalam konsep suhu dan kalor, kalian dapat mengakses tautan berikut ini.

<https://study.com/academy/lesson/comparing-heat-temperature.html>

<https://www.legendsoflearning.com/learning-objectives/heat-as-energy-transfer/>



Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Air akan lebih cepat mendidih jika panci yang digunakan untuk memasak air tersebut dalam keadaan tertutup. Jelaskanlah menurut pemahaman kalian, mengapa air akan lebih cepat mendidih jika panci yang digunakan untuk memasak air tersebut dalam keadaan tertutup.
2. Mengapa air yang dilarutkan garam mendidih lebih lama jika dibandingkan dengan air biasa? Berikan penjelasannya berdasarkan konsep kalor yang telah kalian pelajari.



Gambar 3.13 Proses memasak air.



Refleksi

Sebelum melanjutkan ke subbab berikutnya, ini saatnya kalian berhenti sejenak dan kembali melihat pertanyaan-pertanyaan yang kalian tuliskan pada awal bab ini.

1. Apakah kalian sudah memahami pengertian suhu dan kalor? Apakah kalian mengerti perbedaan di antara keduanya?
2. Apakah ada pertanyaan baru berkaitan dengan bab Suhu dan Kalor yang ingin kalian temukan jawabannya?
3. Berdiskusi dengan teman dan guru dapat membantu kalian melengkapi pemahaman pada materi ini. Mencari tahu dari sumber belajar lain pun dapat kalian lakukan. Ayo semangat, belajar Sains itu sangat menarik.

C. Pemuaian

Kalian telah mengetahui bahwa kalor adalah bentuk energi yang dapat meningkatkan suhu suatu benda menjadi lebih panas. Adakah sifat benda lainnya yang dapat dipengaruhi oleh kalor?

Cobalah kalian perhatikan jendela yang ada di ruang kelas. Kaca-kaca yang terpasang di jendela tersebut apakah dipasang dengan pas atau dibuat sedikit lebih longgar dari dudukannya (misalnya besi atau kayu)? Mengapa dilakukan demikian? Apakah ada hubungannya dengan bertambah panjang atau luasnya kaca atau besi dudukan tersebut?

1. Apakah Pemuaian Itu?

Pemasangan kaca dan jendela yang kalian perhatikan tadi berkaitan dengan apa yang disebut sebagai **pemuaian**. Contoh peristiwa pemuaian lainnya adalah perubahan naik turunnya air raksa pada termometer ruang, pemasangan kaca dan keramik yang agak longgar, gelas yang pecah karena ditaruh air yang sangat panas, dan balon udara yang bisa terbang. Apakah pemuaian itu? Apakah ada hubungannya dengan kalor?

Pemuaian terjadi di kehidupan kita sehari-hari, baik disadari maupun tanpa kita sadari. Pemuaian adalah peristiwa memuai, di mana suatu benda ukurannya membesar, baik panjang, lebar, tinggi, luas, maupun volume yang dipengaruhi kalor. Pemuaian dapat terjadi pada zat padat, cair dan gas.

Menurut kalian, apakah benda yang satu dengan lainnya memiliki besar pemuaian yang sama atau berbeda? Tentu saja berbeda. Ada benda yang sangat mudah memuai sehingga kenaikan suhu sedikit saja sudah cukup membuat ukuran benda

yang dapat diamati mata. Sebaliknya ada benda yang sulit memuai sehingga meskipun suhu bertambah cukup besar, ukuran benda hampir tidak mengalami perubahan.

Cara mengukur besarnya pemuaian pada benda-benda akan kita bahas pada subbab ini. Dengan mengetahui nilai pemuaian secara detail, kita dapat memikirkan aplikasi sifat pemuaian tersebut yang bermanfaat untuk manusia.

2. Pemuaian Zat

Pernahkah rumah kalian mati lampu dikarenakan terjadi pembebanan listrik karena memasang alat-alat rumah tangga yang terlalu banyak? Atau terjadi konsleting pada kabel di atap rumah yang menyebabkan mati lampu agar tidak terjadi kebakaran di rumah? Tahukah kalian mengapa bisa terjadi mati lampu atau putus arus listrik di rumah? Apakah ada alat khusus yang mampu mengatur secara mandiri jika terjadi pembebanan berlebih atau hubungan pendek pada rangkaian listrik? Mari kita cari tahu pada bagian ini dengan antusias.

Secara alamiah jika suatu benda dipanaskan maka akan terjadi pemuaian. Sebaliknya, jika benda didinginkan, atau suhu panas menurun maka akan terjadi penyusutan. Pada tingkat yang lebih kecil atau molekuler atau atomik, apa yang terjadi ketika benda padat, misalnya logam, dipanaskan? Pada suhu yang tinggi atom-atom dan molekul-molekul penyusun logam tersebut akan bergetar lebih cepat dari biasanya sehingga mengakibatkan logam tersebut akan memuai ke segala arah. Pemuaian ini menyebabkan volume logam bertambah besar dan kerapatannya menjadi berkurang.

Atas dasar itulah, para ahli konstruksi dan desain bangunan, jembatan, dan jalan raya harus memperhatikan sifat pemuaian dan penyusutan bahan karena perubahan suhu. Seperti pemasangan besi pada jembatan maupun rel kereta api tidak boleh disusun terlalu rapat dan perlu ada rongga. Tujuannya agar besi tidak melengkung saat siang hari atau suhu panas, sehingga bisa mencegah terjadinya kecelakaan. Atas dasar itu lah pula ahli listrik membuat alat yang dinamakan bimetal (logam ganda) yang menjadi bagian dari alat pemutus aliran listrik atau sekering dibuat sehingga membuat rumah kalian mati lampu jika terjadi arus pendek. Apakah kalian tahu cara kerja bimetal?

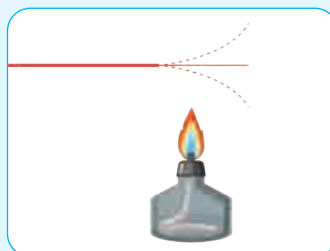


Gambar 3.14 Sambungan rel kereta api dibuat berongga.

Ayo Buat **Aktivitas 3.4**

Bimetal Sederhana

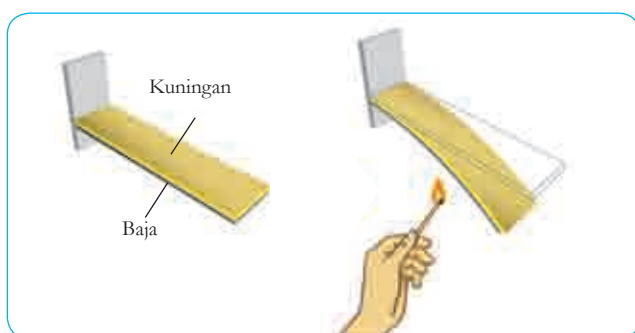
Dua lapis selotip yang salah satunya terbuat dari kertas saling menempel adalah bimetal sederhana yang akan kalian buat. Perhatikan **Gambar 3.15** berikut ini.



Gamabr 3.15 Percobaan bimetal sederhana.

Saat salah satu bagian diberikan panas dari api, ke arah mana pita membengkok? Mengapa pita ganda tersebut (bimetal buatan) membengkok ketika dipanaskan? Jika pita tunggal yang dipanaskan, akan membengkokkah? Apa yang akan terjadi jika dua potong yang sama jenisnya ditempelkan satu dengan yang lain dipanaskan?

Aktivitas 3.4 yang telah kalian lakukan di atas adalah percobaan sederhana dari sistem kerja bimetal (**Gambar 3.16**) yang dibuat berdasarkan sifat pemuaian zat padat. Bimetal antara lain dimanfaatkan pada termostat atau sekering listrik. Termostat adalah sistem alat yang dapat memutus atau menyambung arus listrik.



Gambar 3.16 Keping bimetal

3. Pemuaian Panjang

Pemuaian panjang adalah yang terjadi pada satu bagian sisi pada benda, misalnya pemuaian yang terjadi pada panjang suatu logam. Apakah jenis logam yang berbeda mengalami pemuaiannya berbeda atau sama? Tentu saja berbeda. Antara logam aluminium, tembaga, maupun baja, ketika dipanaskan mana yang lebih cepat memuai? Perhatikan nilai koefisien muai panjang yang tertulis dalam **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Koefisien Muai Panjang Beberapa Jenis Logam

Jenis Logam	Koefisien Muai Panjang (α) (/ $^{\circ}\text{C}$)
Kaca Biasa	0.000009
Kaca Pyrex	0.000003
Aluminium	0.000026
Kuningan	0.000019
Baja	0.000011
Tembaga	0.000017

Sumber: Buku IPA kelas 7 Kemdikbud RI, 2017

Kaitkan dengan hasil pengamatan kalian. Logam yang paling cepat memuai, memiliki koefisien muai panjang paling besar atau paling kecil?

4. Pemuaian Luas

Pemuaian luas adalah pemuaian yang terjadi pada kedua arah sisi-sisi benda. Pemasangan pelat-pelat logam selalu memperhatikan terjadinya pemuaian luas. Pemuaian luas memiliki koefisien muai sebesar dua kali koefisien muai panjang. Berdasarkan data dalam **Tabel 3.2**, lempengan baja memiliki koefisien muai luas sebesar $0,000022/^{\circ}\text{C}$. Kita tinggal menghitung dua kali dari koefisien panjang baja.

Bagaimana pemuaian benda-benda yang berdimensi tiga (memiliki jangkauan pandang mencakup panjang, lebar, dan tinggi) jika dipanaskan? Misalkan saja balok baja, kaca jendela, atau lainnya yang kalian temukan sehari-hari. Pemuaian ruang memiliki koefisien muai tiga kali koefisien muai panjang. Balok baja bila dipanaskan akan memuai dengan koefisien muai sebesar $0,000033/^{\circ}\text{C}$



Gambar 3.17 Dudukan jendela dibuat lebar, untukantisipasi pemuaian luas.

5. Pemuaiian Zat Cair

Zat cair juga mengalami pemuaian ketika dipanaskan. Zat cair relatif lebih mudah teramati dibanding zat padat. Salah satu contohnya adalah pembuatan termometer yang memanfaatkan sifat pemuaian zat cair di dalamnya. Dapatkah kalian menjelaskan mengapa alkohol dan air raksa dipilih sebagai pengisi pipa kapiler dalam termometer?

6. Pemuaiian Zat Gas

Seperti halnya zat cair, gas juga akan mengalami pemuaian jika diberikan kalor dalam jumlah tertentu. Sifat pemuaian gas dapat kita manfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya untuk menerbangkan balon udara, memompa ban sepeda tidak perlu terlalu kencang dan jangan meletakkan balon di tempat yang panas.



Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Tuliskan dan jelaskanlah salah satu pemanfaatan fenomena pemuaian lainnya yang dapat kalian temukan di rumah/di sekolah.
2. Perhatikan **Tabel 3.2**. Jika sebuah bimetal dibuat dari bahan tembaga dan kuningan, gambarkanlah kemana kelengkungan lempeng bimetal tersebut.
3. Carilah informasi lebih jauh tentang festival lomba balon udara yang dilaksanakan tingkat internasional. Apa sajakah kategori sebuah balon udara dinyatakan sebagai pemenang? Tuliskanlah gagasan kalian agar balon udara yang kalian buat dapat menjadi juara.

Proyek Akhir Bab

Membuat Purwarupa Balon Udara

Bayangkan kalian saat ini tinggal di sebuah pulau di Indonesia yang saat ini sedang terkena bencana. Semua akses untuk menghubungi pulau besar terdekat telah terputus. Cara yang dapat kalian lakukan untuk memberikan informasi keadaan warga di pulau ini adalah dengan mengirimkan pesan melalui bantuan balon udara.

Cobalah kalian buat sebuah balon udara kecil yang mampu membawa pesan kalian berupa beberapa lembar kertas yang berisi informasi penting ke pulau besar di seberang. Buatlah ukuran balon dengan diameter 30 cm. Gunakanlah bahan-bahan bekas di sekitar kalian untuk membuat balon. Hitunglah berat beban yang dapat diangkat oleh balon udara yang kalian buat tersebut. Cari tahulah pada suhu berapa di dalam balon sehingga balon dapat terbang tinggi.

Di sinilah akhir dari petualangan kita mempelajari Bab Suhu, Kalor, dan Pemuai. Sekarang saatnya kalian melihat lagi pertanyaan-pertanyaan yang kamu tulis pada awal bab, apakah ada pertanyaan yang belum terjawab?

Selamat

Kalian telah menjadi ilmuwan cilik yang berhasil menciptakan solusi dengan pengetahuan Sains. Kalian akan terus mengembangkan pengetahuan dan keterampilan kalian untuk menjadi ilmuwan dunia yang membantu menyelesaikan masalah-masalah kemanusiaan dan lingkungan. Tetap semangat ya.

