

BAHAN AJAR FISIKA

Berbasis Problem Based Learning

KALOR DAN PERPINDAHAN KALOR



Disusun Oleh:
Indah Sukma
Ridhwan
Arusman



Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas rahmad dan karunia Allah SWT. Penulis dapat menyelesaikan bahan ajar fisika berbasis *Problem Based Learning* pada Materi Kalor dan Perubahan Kalor untuk SMA/MA KELAS XI. Bahan ajar fisika ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan yang luas terhadap guru dan peserta didik dalam belajar mengajar.

Bahan ajar fisika ini mengintegrasikan sains dan teknologi. Ilmu pengetahuan ini digambarkan dengan adanya pengetahuan yang berkembang yang relevan dengan materi kalor dan perpindahan kalor. Bahan ajar disesuaikan dengan kurikulum 2013 yang mencakup kompetensi inti dan kompetensi dasar. Kompetensi dasar menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor yang meliputi karakteristik termal suatu bahan, kapasitas, dan konduktivitas kalor pada kehidupan sehari-hari. Merancang dan melakukan percobaan tentang karakteristik termal suatu bahan terutama terkait dengan kapasitas dan konduktivitas kalor.

Bahan ajar fisika ini menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning*. Model ini merupakan suatu pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, mendorong peserta didik untuk menyelesaikan masalah dalam berbagai situasi serta melatih pola berpikir dalam menyelesaikan suatu masalah. Model ini menantang kemampuan peserta didik serta memberi kepuasan untuk menemukan pengetahuan yang baru bagi peserta didik, meningkatkan motivasi dan kreativitas belajar peserta didik, memudahkan peserta didik dalam menjawab dan menguasai konsep permasalahan.

Penulis berharap bahan ajar ini dapat membantu peserta didik dan pendidik dalam proses pembelajaran, dengan adanya bahan ajar ini memudahkan peserta didik dan pendidik memahami materi kalor dan perpindahan kalor. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk mengembangkan bahan ajar yang lebih baik kedepannya.

Banda Aceh, 20 Juni 2020
Tim Penyusun

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmad dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Bahan Ajar Berbasis Problem Based Learning” ini dengan baik setelah perjalanan panjang, guna memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Pendidikan Fisika UIN Ar-Raniry.

Dalam penyusunan bahan ajar ini penulis berusaha semaksimal mungkin dan tentunya dengan bantuan berbagai pihak. Untuk itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ridhwan, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Bapak Arusman, M.Pd selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan bahan ajar ini.
2. Bapak Rusydi,ST, M.Pd dan Andika Prajana, M.Kom sebagai validator media dan bapak Samsul Bahri, M.Pd sebagai validator materi.

Kepada semua yang telah turut membantu penulis mengucapkan syukuran kasiran, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk mencapai kesempurnaan pada bahan ajar ini dan untuk membuat bahan ajar yang lebih baik kedepannya lagi.

Banda Aceh, 20 Juni 2020
Penyusun

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Ucapan Terima Kasih	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	iv
Daftar Tabel	v
Kompetensi Dasar dan Indikator	vi
Panduan Penggunaan Bahan Ajar	vii
Kerangka Konsep Bahan Ajar	1
Peta Konsep	4
Kedudukan Materi	5
Pendahuluan	7
Tujuan	7
Pengetahuan Awal yang Diperlukan	8
Sumber dan Bahan	8
Waktu	9
Garis Besar Kegiatan	10
Konsep	11
A. Suhu dan Pemuaiian	12
B. Kalor dan Perubahan Wujud	30
C. Perpindahan Kalor	46
Lembar Kerja Peserta Didik Aktivitas Hand-on: Kalor dan Perubahan Wujud	57
Rangkuman	63
Soal Evaluasi	64
Kunci Jawaban	68
Glosarium	69
Daftar Pustaka	70
Riwayat Hidup	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kalor dan Perpindahan Kalor	6
Gambar 2 Segelas Air Es dan Teh Panas.....	11
Gambar 3 Menuangkan Air Panas Kedalam Gelas Kaca.....	18
Gambar 4 Teh Panas.....	29
Gambar 5 Memasak Air	32
Gambar 6 Kalorimeter Sebagai Alat Ukur	37
Gambar 7 Membuat Secangkir Teh Panas	38
Gambar 8 Perubahan Wujud Zat	39
Gambar 9 Grafik Perubahan Wujud Es dan Suhu Es Hingga Menjadi Uap Air.....	40
Gambar 10 Memasak Air	45
Gambar 11 Pergerakan Partikel Pada Perpindahan Kalor Secara Konduksi.....	47
Gambar 12 Proses Perpindahan Panas Secara Konduksi	48
Gambar 13 Proses Terjadinya Konveksi Alamiyah pada Zat Cair.....	50
Gambar 14 Perpindahan Kalor Secara Radiasi.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Koefisien Muai Berbagai Zat Pada Suhu Kamar.....	20
Tabel 1.2 Kalor Jenis Berbagai Zat Pada 20°C dan Tekanan Tetap 1 atm.....	33



KOMPETENSI DASAR DAN INDIKATOR

Kompetensi Dasar:

- 3.5 Menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor yang meliputi karakteristik termal suatu bahan, kapasitas, konduktivitas kalor pada kehidupan sehari-hari.
- 4.5 Merancang dan melakukan percobaan tentang karakteristik termal suatu bahan, terutama terkait dengan kapasitas dan konduktivitas kalor, beserta presentasi hasil percobaan dan pemanfaatannya.

Indikator :

- 3.5.1 Menjelaskan pengertian suhu
- 3.5.2 Menjelaskan pengertian kalor
- 3.5.3 Menjelaskan perbedaan antara suhu dan kalor
- 3.5.4 Menjelaskan bunyi Asas Black
- 3.5.5 Menjelaskan perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, radiasi dalam kehidupan sehari-hari
- 3.5.6 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi peristiwa perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi
- 3.5.7 Menyebutkan contoh secara konduksi, konveksi, dan radiasi
- 3.5.8 Menganalisis perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi.
- 4.5.1 Melakukan percobaan perpindahan kalor secara konduksi
- 4.5.2 Melakukan percobaan perpindahan kalor secara konveksi
- 4.5.3 Melakukan percobaan perpindahan kalor secara radiasi

PANDUAN PENGGUNAAN BAHAN AJAR

1. Bagi Guru

Agar guru berhasil membimbing peserta didik untuk menguasai dan memahami materi dalam bahan ajar ini, maka ikutilah petunjuk antara lain sebagai berikut :

- a. Bacalah Basmallah dan doa terlebih dahulu, agar dapat diberikan kemudahan oleh Allah SWT dalam membimbing peserta didik.
- b. Berikan pemahaman awal kepada peserta didik.
- c. Berikan bimbingan kepada peserta didik dalam melakukan masalah.
- d. Menjadi fasilitator dalam membantu peserta didik memecahkan masalah.
- e. Mengkordinasikan kegiatan pembelajaran.
- f. Melakukan evaluasi dan penilaian.

2. Bagi Peserta didik

Agar peserta didik dapat menguasai dan memahami materi bahan ajar ini, kemudian dapat mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, maka baca dan ikutilah petunjuk berikut dengan seksama :

- a. Bacalah Basmallah dan doa terlebih dahulu, agar dapat diberikan kemudahan oleh Allah SWT dalam mempelajari materi ini.
- b. Pelajarilah peta konsep.
- c. Baca dan pahami tujuan dari pembelajaran.
- d. Bacalah dengan seksama sehingga isi materi dapat dipahami dengan baik.
- e. Buatlah catatan kecil mengenai materi atau rumus yang belum dipahami untuk ditanyakan kepada guru.
- f. Diskusikan kembali dengan teman atau guru.
- g. Ulangi sampai kamu memahami materi bahan ajar.

KERANGKA KONSEP BAHAN AJAR

Bahan ajar berbasis Problem Based Learning pada materi Kalor dan Perpindahan Kalor adalah bahan ajar yang dikembangkan mengikuti kurikulum 2013 yang menuntut peserta didik untuk mencari tahu sendiri, sedangkan guru hanya menjadi fasilitator dalam pembelajaran. Bahan ajar ini dikembangkan dengan menggunakan kerangka yang berdasarkan pada beberapa teori belajar, yaitu teori Konstruktivisme, perkembangan kognitif, dan teori belajar penemuan Jerome Bruner. Pengembangan bahan ajar ini bertujuan supaya pendidik dan peserta didik yang menggunakannya akan melalui proses pengajaran dan pembelajaran bermakna untuk dapat meningkatkan pemahaman peserta didik.

Teori konstruktivisme menyatakan bahwa, peserta didik harus menemukan sendiri atau mandiri dan mengembangkan pengetahuan sendiri dengan cara membentuk pengetahuan mereka melalui pengalaman pembelajaran masing-masing, peserta didik harus memahami dan peserta didik dapat menerapkan pengetahuan, mereka harus bisa memecahkan masalah, menemukan sesuatu secara mandiri, dan berusaha dengan ide-idenya sendiri.

Teori perkembangan kognitif memandang perkembangan sebagai sesuatu proses dimana anak secara aktif membangun sistem makna dan memahami realitas melalui pengalaman-pengalaman dan interaksi mereka.

Teori belajar penemuan Jerome Bruner ini adalah teori belajar yang paling melandasi pembelajaran PBL, teori belajar penemuan (discovery Learning) yang dikembangkan oleh Jerome Bruner pada tahun 1966, Bruner menganggap bahwa belajar penemuan sesuai dengan pencarian pengetahuan secara aktif oleh manusia, dan dengan sendirinya memberi hasil yang paling baik. Berusaha sendiri mencari pemecahan masalah serta pengetahuan yang menyertainya, menghasilkan pengetahuan yang benar-benar bermakna.

Salah satu model intruksi yang mendukung pada perubahan konseptual tersebut yaitu model Problem Based Learning yang digunakan dalam bahan ajar ini untuk merencanakan pengajaran seperti pengajaran konstruktivisme. Model ini terdiri dari lima fase yaitu fase 1 memberikan orientasi tentang permasalahannya kepada peserta didik, fase 2 mengorganisasikan peserta didik, fase 3 membimbing penyelidikan individu dan kelompok, fase 4 mengembangkan dan mempresentasikan hasil, fase 5 menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Berikut ini akan dijelaskan secara ringkas fase-fase yang ada di dalam bahan ajar ini antara lain :

Fase 1 memberikan orientasi tentang permasalahannya kepada peserta didik, pada tahap ini guru harus menyampaikan tujuan pembelajaran, mendeskripsikan berbagai informasi penting yang akan dilakukan peserta didik agar tahu tujuan utama pembelajaran, apa permasalahan yang akan dibahas, dan guru harus bisa memberikan motivasi peserta didik untuk terlibat aktif dalam pemecahan masalah yang akan dipilih.

Fase 2 mengorganisasikan peserta didik, pada tahap ini guru membantu peserta didik mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah yang telah diorientasi, misalnya seperti membantu peserta didik membentuk kelompok kecil.

Fase 3 membimbing penyelidikan individu dan kelompok, pada tahap ini guru mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi-informasi yang tepat sebanyak-banyaknya, melaksanakan eksperimen, menciptakan dan membagikan ide mereka sendiri untuk mencari penjelasan dan solusi dalam pemecahan masalah.

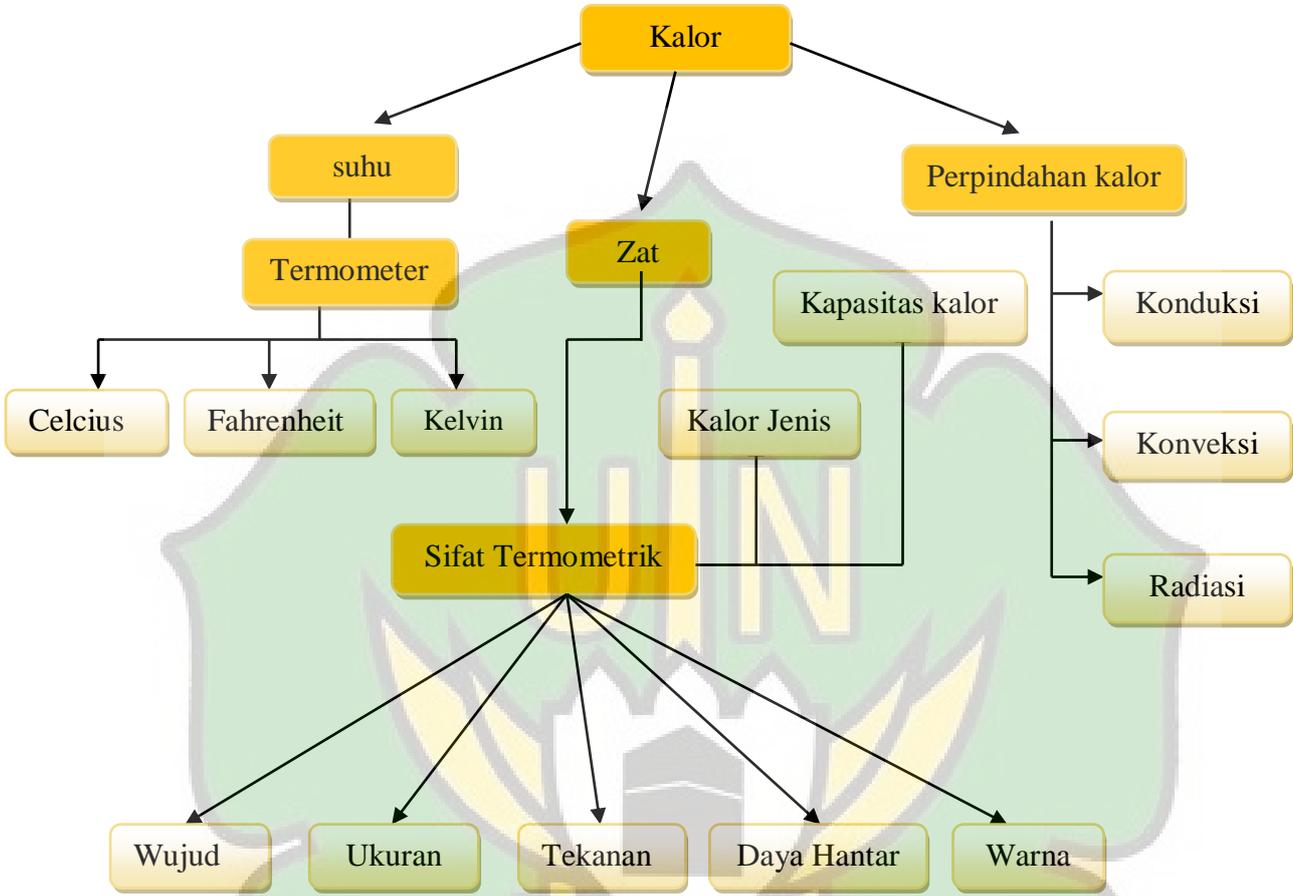
Fase 4 mengembangkan dan mempresentasikan hasil, pada tahap ini guru membantu peserta didik dalam menganalisis data yang telah terkumpul pada tahap sebelumnya, sesuaikan data dengan masalah yang telah dirumuskan, kemudian dikelompokkan berdasarkan kategorinya. Peserta didik memberi argumen terhadap

jawaban pemecahan masalah. Karya bisa dibuat dalam bentuk laporan, video, dan model-model serta membantu untuk menyampaikan kepada orang lain.

Fase 5 menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah, pada tahap ini guru meminta peserta didik untuk merekonstruksi pemikiran dan aktivitas yang telah dilakukan selama proses kegiatan belajarnya. Guru dan peserta didik menganalisis dan mengevaluasi terhadap pemecahan masalah yang dipresentasikan setiap kelompok.

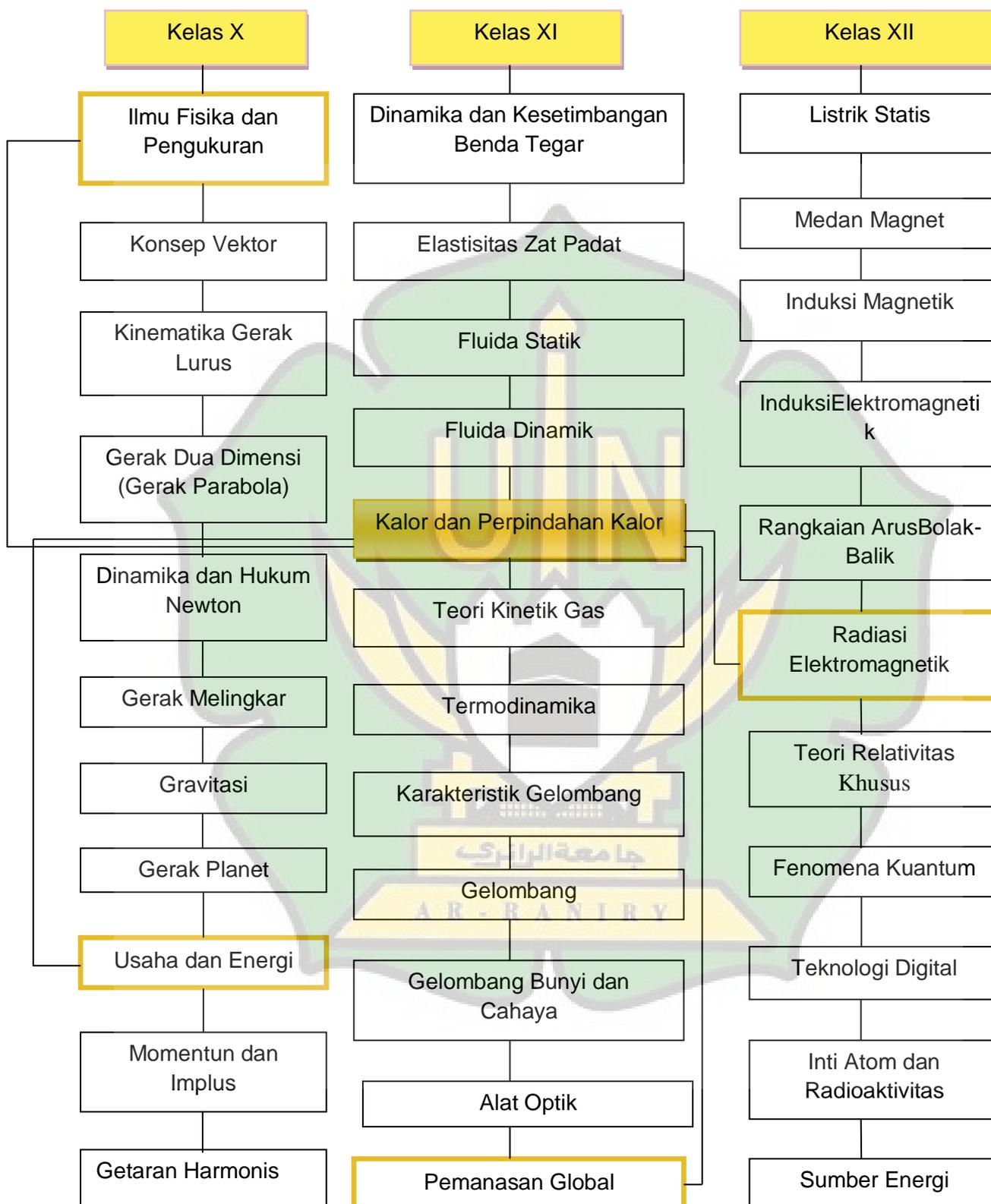


PETA KONSEP



❖ **KATA KUNCI**
 Suhu, Kalor, Termometer, Pemuaian, Asas Black, Perpindahan Kalor, Konduksi, Konveksi, Radiasi, Kalor Jenis, Kalorimeter.

KEDUDUKAN MATERI FISIKA SMA DALAM KURIKULUM K 13



Kedudukan materi ini menggambarkan kedudukan terhadap pembelajaran lainnya dan kaitan antara satu konsep dengan konsep fisika yang lainnya.

KALOR DAN PERPINDAHAN KALOR



Gambar 1 : Kalor dan Perpindahan Kalor
Sumber : Koleksi Pribadi

Bahan ajar berbasis Problem Based Learning (PBL) pada materi Kalor dan Perpindahan Kalor akan memberi kesempatan kepada peserta didik untuk lebih mudah memahami kalor dan perpindahan kalor sebagai salah satu cara untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik

AR-RANIRY



Kalian tentu sudah mempelajari tentang suhu, pemuaian dan kalor. Aplikasi kalor dalam bidang teknologi mungkin terdapat dirumah anda, yaitu seperti lemari es, suatu mesin yang fungsinya antara lain mengubah air menjadi es. Aplikasi perpindahan kalor di alam dapat anda jumpai pada sirkulasi udara di pantai. Pada siang hari angin bertiup dari laut menuju ke darat yang disebut angin laut, sebaliknya pada malam hari angin bertiup dari darat menuju ke laut yang disebut dengan angin darat. Bagaimana air dapat menjadi menjadi es dalam lemari es? Mengapa angin laut bertiup siang hari dan angin darat bertiup pada malam hari? Untuk menjawab kedua pertanyaan tersebut kita akan belajar dengan bahan ajar ini.

Suhu merupakan derajat panas atau dinginnya suatu benda. Suhu termasuk besaran skalar dengan satuan pokoknya kelvin (K). Alat mengukur suhu adalah Termometer. Termometer memanfaatkan sifat termometrik zat untuk mengukur suhu. Sifat termometrik zat merupakan sifat zat yang berubah jika dipanaskan, misalnya volume zat cair, panjang logam dan lain sebagainya.



Setelah mengikuti pembelajaran ini peserta didik dapat:

1. Menganalisis pengaruh kalor terhadap perubahan suhu benda, pengaruh perubahan benda terhadap ukuran benda, dan perpindahan kalor.
2. Mendeskripsikan Azas Black.
3. Menghitung kalor jenis logam melalui sebuah percobaan.



Sebelum mengikuti pembelajaran ini peserta didik dapat:

1. Menjelaskan pengertian suhu
2. Menjelaskan pengertian kalor
3. Menjelaskan perbedaan antara suhu dan kalor
4. Menjelaskan bunyi Asas Black
5. Menjelaskan perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, radiasi dalam kehidupan sehari-hari
6. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi peristiwa perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi
7. Menyebutkan contoh secara konduksi, konveksi, dan radiasi
8. Menganalisis perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi.
9. Melakukan percobaan perpindahan kalor dan perubahan wujud zat



1. Materi Presentasi : Bahan Ajar Berbasis Problem Based Learning pada materi Kalor dan Perpindahan Kalor
2. Lembar kerja peserta didik : Perubahan Wujud Zat
3. Sumber : Marthen Kanginan. 2017. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta : Erlangga.
4. Sumber Gambar : Koleksi Pribadi



Waktu yang disediakan untuk kegiatan ini adalah 45 menit untuk satu kali pertemuan. Rincian alokasi waktu dapat dilihat pada perincian langkah-langkah kegiatan pada halaman berikutnya.





Garis besar kegiatan ini mengikuti model Problem Based Learning (PBL) berikut :

Orientasi peserta didik pada masalah 5 menit	Mengorganisasi kan peserta didik untuk belajar 5 menit	Membimbing penyelidikan individual atau kelompok 15 menit	Mengembangkan dan menyajikan hasil karya 15 menit	Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah 5 menit
Guru menjelaskan tujuan pembelajaran, menjelaskan logistik yang dibutuhkan, mengajukan fenomena atau cerita yang memunculkan masalah, motivasi peserta didik untuk terlibat dalam pemecahan masalah yang dipilih.	Guru membantu peserta didik untuk mendefinisikan dan mengorganisasi kan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut.	Guru mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen, untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah.	Guru membantu peserta didik dalam merencanakan dalam menyiapkan karya-karya yang sesuai seperti laporan, video dan model serta membantu mereka untuk berbagi tugas dengan temannya.	Guru membantu peserta didik untuk melakukan refleksi atau evaluasi terhadap penyelidikan mereka dan proses-proses yang mereka gunakan.

KONSEP KALOR DAN PERPINDAHAN KALOR

Langkah 1 : Mengorientasikan peserta didik terhadap masalah

Untuk membangkitkan minat, motivasi dan menambah wawasan anda bacalah fitur

"Mari Membaca" di bawah ini :



Gambar 2 : Segelas air es dan Teh Panas
Sumber : Koleksi Pribadi

Pada gambar di atas kalian bisa melihat segelas air es dan segelas teh panas, apa kalian pikirkan disaat kalian melihat gambar diatas ? Kalian pasti membayangkan kalau air es itu dingin dan teh itu panas bukan? Menurut kalian Apa itu panas dingin suatu benda?

Hipotesis

Rumuskan suatu hipotesis untuk menjawab permasalahan di atas.

Untuk menjawabnya, pelajari materi berikut dengan penuh semangat.

Langkah 2 : Mengorganisasi peserta didik untuk belajar

Agar mudah mempelajari tentang gerak lurus, maka sebaiknya anda duduk dalam kelompok yang telah disepakati bersama.

A. Suhu Dan Pemuaian

1. Termometer

Menurut Kanginan (2017 : 194), Di SMP Anda sudah mengetahui tentang, Suhu merupakan derajat panas atau dinginnya suatu benda. Menurut Young & Freedman (2002 : 457), Konsep suhu berakar dari 'panas dan 'dingin' yang berdasarkan pada indera sentuhan tubuh kita. Suatu benda yang terasa panas umumnya memiliki suhu yang lebih tinggi dari pada benda serupa yang dingin. Hal ini tidak jelas, dan indera dapat terkelabui. Suhu termasuk besaran skalar dengan satuan pokoknya adalah kelvin (K). Menurut Tipler (1998:560), Suhu merupakan ukuran energi molekuler internal rata-rata sebuah benda. Definisi dan penentuan temperatur merupakan suatu hal yang sulit. Sebagai contoh, cukup sulit untuk mendefinisikan suhu agar termometer berbeda akan saling sesuai dengan pengukuran suhu suatu zat. Namun, sifat-sifat gas pada kerapatan rendah memungkinkan kita mendefinisikan skala temperatur dan membentuk termometer gas yang cocok. Alat untuk mengukur suhu disebut termometer. Termometer memanfaatkan sifat termometrik zat untuk mengukur suhu. Sifat termometrik zat adalah sifat fisis zat yang berubah jika dipanaskan, misalnya volume zat cair, panjang logam, hambatan listrik seutas kawat platina, tekanan gas pada volume tetap, dan warna fajar kawat (filamen) lampu.

a. Termometer dan Skala Suhu

Kita terlahir termometer sudah ada dalam tubuh kita. Indera peraba kita biasanya dapat memberi tahu apakah sebuah benda itu panas atau dingin?. Bila sebuah benda dipanaskan atau didinginkan, sebagian dari sifat fisisnya berubah.

Contoh, kebanyakan padatan dan cairan memuai bila dipanaskan. Gas juga akan memuai bila dipanaskan, jika volumenya dijaga konstan, tekanannya akan naik. Jika sebuah konduktor listrik dipanaskan resistansi listriknya berubah. Sifat fisis yang berubah dengan suhu dinamakan sifat termometrik. Tiap sifat termometrik dapat digunakan untuk menetapkan suatu skala temperature dan membentuk sebuah thermometer. Skala temperature Celcius (sebelumnya dinamakan skala centigrade) dibuat dengan mendefinisikan temperature titik es sebagai nol derajat Celcius (0°C) dan temperatur titik uap sebagai 100°C . Menurut Halliday (2010 : 517), Suhu Celcius diukur dalam derajat dan derajat Celcius memiliki ukuran yang sama dengan Kelvin.

b. Ada berapa jenis termometer

Menurut Kanginan (2017:194), Termometer yang umum digunakan untuk mengukur suhu dalam keseharian adalah termometer yang terbuat dari kaca dan diisi dengan zat cair. Yang tergolong kedalam termometer zat cair adalah termometer klinis, termometer dinding, dan termometer maksimum/ minimum.

Selain termometer zat cair, jenis termometer lainnya dalah termometer bimetal, termometer hambatan, termokopel, termometer gas, dan pirometer.

NOTE :

Zat cair yang digunakan dalam termometer itu bukan air. Tetapi air raksa dan alkohol. Kenapa bukan air? Hal ini dikarenakan air memiliki sifat anomali air, berdasarkan sifat anomali air sebagian zat akan memuai jika dipanaskan, sebaliknya saat suhu $0^{\circ} - 4^{\circ}$ air justru mengalami penyusutan.

c. Kalibrasi Termometer

Menurut Kanginan (2017:195-196), Kalibrasi termometer merupakan kegiatan penetapan skala sebuah termometer yang belum memiliki skala. Suhu merupakan besaran pokok dalam fisika. Oleh karena itu, seperti besaran-besaran pokok yang lain,

suhu mempunyai standar. Standar untuk suhu disebut titik tetap. Ada dua titik tetap, yaitu titik tetap bawah dan titik tetap atas.

Suhu yang diketahui tetap adalah suhu pada waktu benda mengalami perubahan wujud. Untuk pengukuran suhu yang tidak begitu tinggi digunakan titik lebur es sebagai titik tetap bawah dan titik didih air sebagai titik tetap atas.

Termometer yang banyak digunakan saat ini, titik tetap bawah adalah titik lebur es murni dan ditandai dengan angka 0. Alasan menyebut es murni adalah karena ketidakmurnian es (misalnya bercampur dengan garam) akan menyebabkan titik lebur es lebih rendah (di bawah nol). Titik tetap atas adalah suhu uap di atas air yang sedang mendidih pada tekanan 1 atm dan ditandai dengan angka 100. Alasan menyebut tekanan 1 atm adalah karena titik didih air sangat dipengaruhi oleh tekanan udara di atas permukaan air. Suhu air mendidih tidak digunakan sebagai titik tetap atas karena ketidakmurnian akan menyebabkan titik didih air lebih tinggi (di atas 100), sedangkan suhu uap tidak terpengaruh.

Skala suhu yang ditetapkan berdasarkan titik lebur es dan titik didih air disebut skala celcius, sesuai dengan nama orang yang pertama kali menganjurkan cara ini, yaitu seorang astronom Swedia bernama Anders Celcius (1701-1744).

Dalam situasi yang kita rasakan saat ini banyak pihak yang membutuhkan alat deteksi virus corona. Alat deteksi tubuh dibutuhkan untuk pemeriksaan suhu tubuh. Bahkan sekarang banyak fasilitas umum membutuhkan alat deteksi ini, seperti rumah sakit, bandara, perkantoran, mall, bahkan diperbatasan daerah melakukan protokol kesehatan untuk pencegahan terkait penyebaran virus corona.

Virus corona mulai terdeteksi pertama kali di Negara China kota Wuhan, Tiongkok pada awal Desember 2019. Kala itu sejumlah pasien berdatangan ke rumah sakit di Wuhan dengan gejala penyakit yang tidak dikenal. Kemudian Dr. Li Wenliang menyebarkan berita mengenai virus misterius tersebut ke media sosial. Diketahui

sejumlah pasien pertama memiliki akses ke pasar ikan Huanan yang juga menjual binatang liar.

Kemudian, sebuah penelitian yang diterbitkan bulan februari menyebutkan bahwa virus corona berasal dari kelelawar. Virus tersebut berhasil bermutasi dari tubuh sang inang. Penelitian tersebut menemukan coronavirus pada kelelawar memiliki 96% genetik yang mirip dengan virus corona yang saat ini menginfeksi orang di seluruh dunia. Namun, virus corona ini bukan langsung dari kelelawar, melainkan dari spesies lain yang terinfeksi dari kelelawar dan akhirnya menyerang tubuh manusia.

Salah satu cara untuk mengetahui dan mencegah penyebaran virus corona ini dengan melakukan pemeriksaan suhu tubuh yang dilengkapi dengan termometer inframerah genggam atau lebih dikenal dengan termometer tembak. Termometer inframerah genggam ini digunakan oleh petugas untuk memeriksa orang – orang tanpa harus melakukan kontak langsung. Termometer inframerah genggam ini telah muncul sebagai perangkat populer untuk menyaring orang-orang yang demam selama wabah virus corona.

Meskipun termometer ini dapat digunakan dengan mudah untuk mengukur suhu tubuh tanpa menyentuh kulit manusia, para ahli mengatakan dengan menggunakan perangkat non-kontak untuk menghindari penyebaran Covid-19 kurang akurat. Secara umum Profesor Kedokteran di Universitas Nebraska, James Lawler mengatakan bahwa termometer inframerah jarak jauh telah terbukti kurang dapat diandalkan. Karena ada faktor bisa memengaruhi pembacaan suhu seperti berkeringat. Termometer tembak dan kamera skrining termal yang mengukur suhu tubuh seseorang, tidak akan mendeteksi semua orang yang terinfeksi Covid-19. Sebab ada beberapa orang yang telah terinfeksi virus ini tidak menunjukkan gejala apapun.

d. Hubungan Panjang Kolom Raksa dan Bacaan Suhu

Menurut Kanginan (2017:196), Panjang kolom raksa dalam pipa kaca menentukan bacaan suhu yang ditunjukkan oleh termometer. Hubungan suhu dan panjang kolom raksa.

$$\frac{\theta}{100} = \frac{X_{\theta} - X_0}{X_{100} - X_0} \dots\dots\dots (1.1)$$

e. Skala Kelvin

Menurut Kanginan (2017:199), Suhu merupakan ukuran energi kinetik rata-rata partikel dalam suatu benda. Kelajuan gerak partikel secara bertahap berkurang dengan turunnya suhu. Saat suhu mencapai kira-kira $-273,16^{\circ}\text{C}$, gerak partikel berhenti sehingga tidak ada lagi panas yang dapat diukur. Jadi, pada suhu ini energi kinetik partikel sama dengan nol. Suhu inilah yang merupakan suhu paling rendah yang mungkin dapat dimiliki oleh suatu benda. Suhu ini disebut nol mutlak.

Ilmuan pertama yang mengusulkan pengukuran suhu berdasarkan suhu nol mutlak adalah seorang ahli fisika Inggris, Lord Kelvin (1824-1907). Skala suhu yang ditetapkannya disebut skala Kelvin. Suhu-suhu pada skala kelvin diukur dalam derajat yang disebut kelvin, diberi lambang K (bukan $^{\circ}\text{K}$). Suhu terendah pada skala ini diberi tanda 0 K yang sama dengan $-273,16^{\circ}\text{C}$. Satu kelvin (1 K) pada skala kelvin sama dengan 1°C pada skala Celcius.

NOTE :

Kenapa skala kelvin diberi lambang K bukan derajat Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)? Penulisan suhu kelvin tidak memakai derajat karena kelvin bukan skala tetapi ukuran, kelvin merupakan Satuan Internasional (SI) jadi harus dibedakan dengan yang lainnya, selain itu juga karena kelvin sering dipakai maka untuk lebih efisien pemakaian derajat dihilangkan. Pada satuan Kelvin tidak mengenal angka-angka negatif seperti satuan lainnya.

Bagaimanakah cara mengubah skala celcius ke skala kelvin?



Hubungan antara skala celcius dan kelvin dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$T = t + 273 \dots \dots \dots (1.2)$$

dengan T adalah angka pada skala Kelvin dan t adalah angka pada skala Celcius. Misalnya, $t = 27^{\circ}\text{C}$, maka $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$. Kalangan ilmuwan lebih menyukai skala kelvin karena skala ini tidak dikalibrasi berdasarkan titik lebur dan titik didih air, tetapi dikalibrasi berdasarkan energi yang dimiliki oleh benda itu sendiri. Ilmuan menetapkan satuan SI untuk suhu adalah Kelvin. Skala kelvin disebut juga skala termodinamik atau skala mutlak.

2. Pemuaian



Gambar 3 : Menuangkan air panas kedalam gelas kaca
Sumber : Koleksi Pribadi

Apakah kalian pernah berpikir kenapa disaat kalian menuangkan air panas kedalam gelas kaca, kenapa terkadang gelas tersebut bisa pecah? Untuk lebih memahami mari kita pelajari berikut..!

Jika sebuah benda dipanaskan, partikel-partikel didalamnya bergetar lebih kuat hingga saling menjauh. Kita katakan bahwa benda memuai. Jika benda didinginkan, getaran-getaran partikel lebih lemah, dan partikel-partikel saling mendekat. Akibatnya benda akan menyusut. Menurut Nurachmadani (2009:153), Pemuaian merupakan gerakan atom penyusun benda yang mengalami pemanasan. Contoh yang dapat kita liat seperti, gelas yang di isi air panas mendadak bisa pecah, air yang mendidih terkadang akan tumpah dari wadahnya jika terus dipanasi. Pemuaian terjadi baik pada

zat padat, cair ataupun gas. Kita akan mempelajari tentang pemuaian zat padat, cair dan gas secara kuantitatif.

a. Pemuaian zat padat

Menurut Deddy, dkk. (2008:21), umumnya suatu zat akan memuai jika dipanaskan dan akan menyusut jika didinginkan. Zat padat akan mengalami tiga jenis pemuaian jika zat tersebut dipanaskan, yaitu muai panjang, muai luas dan muai volume.

1) Pemuaian Panjang

Muai panjang suatu zat dipengaruhi oleh koefisien muai panjang (α). Besarnya koefisien muai panjang merupakan perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) terhadap panjang mula-mula (L_0) per satuan kenaikan suhu (ΔT). Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \dots\dots\dots(1.4)$$

$$\Delta L = L_1 - L_0 \dots\dots\dots(1.5)$$

Sedangkan panjang akhir suatu zat yang dipanaskan sampai pada suhu tertentu dapat dirumuskan :

$$L_1 = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T) \dots\dots\dots(1.6)$$

dengan :

α = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}$)

L_0 = panjang mula-mula benda (m)

ΔL = pertambahan panjang (m)

L_t = panjang akhir benda (m)

T = suhu akhir benda ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

T_0 = suhu awal benda ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

Koefisien muai panjang sering juga disebut koefisien muai linear.

Tabel 1.1 Koefisien muai berbagai zat pada suhu kamar.

NO	Zat	Koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	NO	Zat	Koefisien muai volume ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
1	Aluminium	24×10^{-6}	1	Air	$2,1 \times 10^{-4}$
2	Kuningan dan perunggu	19×10^{-6}	2	Alkohol	$1,12 \times 10^{-3}$
3	Tembaga	17×10^{-6}	3	Benzena	$1,24 \times 10^{-3}$
4	Kaca (biasa)	9×10^{-6}	4	Aseton	$1,5 \times 10^{-3}$
5	Kaca (pyrex)	$3,2 \times 10^{-6}$	5	Gliserin	$4,85 \times 10^{-3}$
6	Timah hitam	29×10^{-6}	6	Raksa	$1,82 \times 10^{-3}$
7	Baja	11×10^{-6}	7	Terpentin	$9,0 \times 10^{-3}$
8	Invar	$0,9 \times 10^{-6}$	8	Bensin	$9,6 \times 10^{-3}$
9	Besi	12×10^{-6}	9	Udara	$3,67 \times 10^{-3}$
			10	Helium	$3,665 \times 10^{-3}$

(Sumber : Kanginan. 2017 : 202)

Contoh Soal :

Sebuah benda yang terbuat dari baja memiliki panjang 1000 cm. Berapakah pertambahan panjang baja itu, jika terjadi perubahan suhu sebesar 50°C ?

Diketahui:

$$l_1 = 1000 \text{ cm}$$

$$\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Ditanya : $\Delta l = ..?$

$$\Delta l = l_1 \alpha \times \Delta T$$

2) Pemuaian Luas

Menurut Saripudin (2009:111), Sebuah benda padat berbentuk persegi panjang jika dipanaskan, akan terjadi pemuaian dalam arah memanjang dan arah melebar. Dengan kata lain, benda padat mengalami pemuaian luas. Pemuaian luas berbagai zat bergantung pada koefisien muai luas. Koefisien muai luas (β) suatu bahan adalah perbandingan antara pertambahan luas benda (ΔA) terhadap luas awal benda (A_0) persatuan kenaikan suhu (ΔT).

Pemuaian luas

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T \dots \dots \dots (1.7)$$

dengan

ΔA = $A - A_0$ = pertambahan luas (m^2), dan

A = luas akhir benda (m^2).

Hubungan koefisien muai luas dengan koefisien muai panjang.

Suatu persegi dengan sisi 1 m dipanaskan sampai suhunya naik 1 K. Akibat pemanasan ini, sisi persegi bertambah panjang menjadi $(1 + \alpha)$ m dengan α adalah koefisien muai panjang.

Luas awal persegi :

$$A_0 = 1 \text{ m}^2$$

Luas akhir :

$$A = (1 + \alpha)^2 = 1 + 2 \alpha + \alpha^2$$

Pertambahan luas :

$$\begin{aligned} \Delta A &= A - A_0 \\ &= (1 + 2 \alpha + \alpha^2) - 1 \\ &= 2 \alpha + \alpha^2 \end{aligned}$$

Koefisien muai luas :

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T} \\ &= \frac{2\alpha + \alpha^2}{1} \\ &= 2\alpha + \alpha^2\end{aligned}$$

Oleh karena koefisien muai panjang (α) sangat kecil, ordenya 10^{-6} , maka α^2 dapat diabaikan terhadap 2α sehingga kita peroleh hubungan antara koefisien muai luas (β) dan koefisien muai panjang (α) sebagai berikut.

$$\beta = 2\alpha \dots \dots \dots (1.8)$$

Contoh Soal :

Sebuah batang aluminium memiliki luas 100 cm^2 , jika batang aluminium tersebut dipanaskan muai dari 0°C sampai 30°C , Berapakah perubahan luasnya setelah terjadi pemuaiian? Diketahui $\alpha = 24 \times 10^{-6} / \text{K}$.

Penyelesaian :

Diketahui :

$$A_0 = 100 \text{ cm}^2 = 1 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 30^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\beta = 2\alpha = 48 \times 10^{-6} / \text{K}$$

Ditanya : ΔA ...?

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

$$\Delta A = 48 \times 10^{-6} 1 \text{ m}^2 \times 303,15 \text{ K}$$

$$\Delta A = 0,0145 \text{ m}^2$$

Jadi perubahan luas bidang aluminium setelah pemuaiian adalah $0,0145 \text{ m}^2$

3) Pemuaian volume

Menurut Kanginan (2017;205), Sebuah benda padat berbentuk balok jika dipanaskan, maka akan terjadi pemuaian dalam arah memanjang, melebar, dan meninggi. Karena muai volume yaitu penurunan dari muai panjang, maka, muai ruang juga tergantung dari jenis zat. Dengan kata lain benda padat mengalami pemuaian volume. Pemuaian volume berbagai zat bergantung pada koefisien muai volume. Koefisien muai volume (γ) suatu bahan adalah perbandingan antara pertambahan volume (ΔV) terhadap volume awal benda (V_0) per satuan kenaikan suhu (ΔT).

Pemuaian volume

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T \dots \dots \dots (1.9)$$

dengan

$$\Delta V = V - V_0$$

V = volume akhir benda

Jika volume benda mula-mula V_1 , suhu mula-mula T_1 , koefisien muai ruang γ , maka setelah dipanaskan volumenya menjadi V_2 , dan suhunya menjadi T_2 , sehingga berlaku persamaan sebagai berikut :

$$V_2 = V_1 (1 + \gamma \times \Delta T)$$

Karena $\gamma = 3\alpha$, maka persamaannya menjadi seperti berikut:

$$V_2 = V_1 (1 + 3\alpha \times \Delta T)$$

Keterangan :

V_1 = Volume benda mula-mula (m^3)

V_2 = Volume benda setelah dipanaskan (m^3)

γ = Koefisien muai ruang ($^{\circ}C$)

ΔT = Selisih suhu ($^{\circ}C$)

b. Pemuai volume zat cair

Menurut Deddy, dkk. (2008:22), suatu zat cair jika dipanaskan akan mengalami pemuai, pada zat cair hanya mengalami pemuai volume.

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T \dots \dots \dots (1.10)$$

Apabila zat cair setelah dipanaskan menjadi V_t maka : $V_t = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T$

Sedangkan untuk massa jenis zat cair, besar perubahannya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\rho = \frac{\rho_0}{(1 + \gamma \Delta T)} \dots \dots \dots (1.11)$$

Dimana :

ρ_0 = massa jenis mula-mula (kg/m^3)

ρ = massa jenis akhir (kg/m^3)

Apabila suatu zat cair ditempatkan pada sebuah bejana kemudian dipanaskan sehingga kedua zat mengalami pemuai. Maka besarnya zat cair yang tumpah dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Volume zat cair yang tumpah} = V_0 \cdot \Delta T (\gamma_{\text{zat cair}} - \gamma_{\text{bejana}})$$

c. Pemuai gas

Ketika anda memasukkan bagian bawah botol ke dalam ember air panas, udara dalam botol akan memuai. Ini menyebabkan balon mengembang. Ketika bagian bawah botol anda siram dengan air ledeng, suhu udara berkurang. Udara menyusut dan menyebabkan balon mengempis. Jelas demonstrasi ini menunjukkan bahwa udara (termasuk gas) memuai jika dipanaskan. Proses tekanan konstan atau isobarik :

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \dots \dots \dots (1.12)$$

Proses volume konstan atau isokhorik :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \dots\dots\dots(1.13)$$

Untuk jumlah gas yang tetap (wadah gas tertutup tidak bocor), keadaan suatu gas dinyatakan dengan tiga variabel, yaitu tekanan P, volume V, suhu mutlak T. Persamaan keadaan gas ini bisa diperoleh dengan menggabung persamaan pada proses tekanan konstan dan proses volume konstan.

Persamaan keadaan gas :

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \dots\dots\dots(1.14)$$

Contoh Soal:

Sebanyak 14 L udara pada suhu 7 °C dipanaskan pada tekanan tetap sampai suhunya 27 °C. Berapakah volume saat suhunya 27 °C?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$T_1 = 7 + 273 = 280 \text{ K}$$

$$T_2 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$V_1 = 14 \text{ L}$$

Ditanya V_2 ?

Proses tekanan tetap

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} \times V_1$$

$$= \frac{300}{280} \times 14 \text{ L}$$

$$= 15 \text{ L}$$

Jadi volume udara pada suhu 27 °C adalah **15 L**

Langkah 3 : Membimbing penyelidikan individual maupun kelompok

Setelah memahami konsep tentang suhu dan pemuaian, maka lakukan kegiatan pada fitur “Ayo Kita Coba” berikut ini dan lengkapilah jawaban pertanyaan yang ada.

MARI MENCoba

Tujuan

- Membedakan suhu benda
- Menentukan konversi skala termometer

Alat dan bahan

- Baskom /gelas : 3 buah
- Air Panas secukupnya
- Air Hangat secukupnya
- Air dingin / es secukupnya
- Termometer

Cara kerja

1. Tuangkan ketiga air tersebut kedalam wadah yang berbeda-beda
2. Ukurlah suhu ketiga air tersebut menggunakan termometer
3. Masukkan hasilnya ke dalam tabel dibawah ini

Pertanyaan

1. Mengapa ketiga air tersebut memiliki skala yang berbeda-beda?
2. Konvermasikan skala tersebut ke dalam skala kelvin.
3. Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Langkah 4 : mengembangkan dan menyajikan hasil

Setelah melakukan rangkaian kegiatan belajar, sajikan rangkuman hasil belajar kalian dalam bentuk laporan serta presentasikan laporan hasil karya anda dengan menarik.

Berdasarkan hasil pengamatan praktikum, buatlah laporan tertulis praktikum sederhana tersebut. Format penulisan laporan meliputi:

- a. Judul praktikum
- b. Tujuan praktikum
- c. Dasar teori
- d. Alat dan bahan yang digunakan
- e. Cara kerja
- f. Data pengamatan praktikum
- g. Analisa data pengamatan
- h. Kesimpulan

Pada kegiatan ini, presentasikan hasil kerja kelompok dari praktikum yang dilakukan. Melalui kegiatan ini, kalian akan melatih rasa percaya diri dan kemampuan dalam berkomunikasi. Sampaikan pendapat kelompok di depan kelas dengan bahasa yang sopan dan santun, sehingga kelompok yang lain dapat memberikan masukan dan pendapat. Buatlah desain presentasi kalian semenarik mungkin.

Langkah 5 : Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Untuk melihat hasil yang diperoleh itu benar. Lakukan evaluasi dan refleksi dari pembelajaran pada kegiatan sebelumnya. Lakukan evaluasi untuk mengukur pemahaman anda.

Setelah melakukan praktikum dan mengetahui tentang suhu, sekarang kita akan membahas bagaimana hal tersebut dapat terjadi. Untuk lebih jelas, simak teori yang disajikan berikut ini.

Dari praktikum diatas, kalian dapat mengetahui suhu pada air es = 13 °C, air hangat = 50 °C, dan air panas = 80 °C, kenapa berbeda-beda? Karena rasa dingin dan

panas yang kita rasakan sifatnya relatif. Jika suhunya lebih tinggi maka akan terasa panas dan jika suhunya lebih rendah maka akan terasa lebih rendah dengan intensitas yang sesuai dengan perbedaan suhunya. Jika dirubah dari celcius ke kelvin dapat kita lihat air dingin $13\text{ }^{\circ}\text{C} + 273 = 286\text{ K}$, air hangat $50\text{ }^{\circ}\text{C} + 273 = 323$ dan air panas $80\text{ }^{\circ}\text{C} + 273 = 353$.

Berdasarkan penjelasan di atas jawablah soal berikut:

LATIHAN SOAL:



1. Jelaskan apa pengertian suhu?
2. Alat apakah yang bisa untuk mengukur suhu?
3. Sebutkan jenis-jenis termometer yang anda ketahui!
4. Apa perbedaan pemuaian panjang dengan pemuaian volume?
5. Sebutkan contoh pemuaian gas dalam kehidupan sehari-hari!

Langkah 1 : Mengorientasikan peserta didik terhadap masalah

Untuk membangkitkan minat, motivasi dan menambah wawasan anda bacalah fitur "Mari Membaca" di bawah ini.



Gambar 4 : Teh panas
Sumber : Koleksi Pribadi

Coba kalian perhatikan gambar di atas! Pernahkah kalian menyentuh sendok yang dibiarkan dalam gelas yang berisi teh panas? Apakah yang sebenarnya yang berpindah dari teh ke sendok?

Hipotesis

Rumuskan suatu hipotesis untuk menjawab permasalahan di atas.

Untuk menjawabnya, pelajari materi berikut dengan penuh semangat.

Langkah 2 : Mengorganisasi peserta didik untuk belajar

Agar mudah mempelajari tentang kalor, maka sebaiknya anda duduk dalam kelompok yang telah disepakati bersama.

B. Kalor dan Perubahan Wujud

1. Pengertian Kalor

Menurut Giancoli (2001 : 490), Kalor merupakan energi yang ditransfer dari satu benda ke benda yang lain karena adanya perbedaan temperatur. Satuan SI, satuan untuk kalor sebagaimana bentuk energi lain, adalah joule. Menurut Kanginan (2017:213), Perpindahan energi secara alami selalu terjadi dari zat atau benda bersuhu tinggi ke zat atau benda bersuhu rendah. Energi yang berpindah disebut kalor. Dengan demikian, dapat kita definisikan kalor sebagai energi yang berpindah dari benda yang suhunya lebih tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah ketika kedua benda bersentuhan.

Kalor berbeda dengan suhu, walaupun keduanya memiliki hubungan erat. Suhu adalah derajat panas atau dinginnya suatu benda, sedangkan kalor adalah energi yang dipindahkan dari suatu benda ke benda yang lain. Suhu dan kalor dapat dibedakan dengan jelas pada perubahan wujud zat. Untuk mengubah es menjadi air dibutuhkan kalor. Pada perubahan wujud ini es bersuhu 0°C berubah menjadi air bersuhu 0°C . Jadi tidak ada perubahan suhu pada saat es mencair, tetapi dibutuhkan kalor untuk mengubah wujud es tersebut.

a. Perbedaan antara suhu, kalor, dan energi dalam

Menurut Kanginan (2017:213), perbedaan antara suhu, kalor, dan energi dalam. Suhu mempresentasikan energi kinetik satu molekul zat. Energi dalam adalah ukuran energi seluruh molekul dalam zat. Adapun, kalor adalah perpindahan sebagian energi dalam dari suatu zat ke zat lain karena adanya perbedaan suhu.

b. Teori kalorik dan teori kinetik

Menurut Kanginan (2017:213), kalor merupakan bentuk energi, para ilmuwan menganggap bahwa kalor adalah sejenis zat alir (disebut kalori) yang terkandung dalam setiap benda dan tidak dapat dilihat oleh mata manusia. Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), ahli kimia berkebangsaan Prancis. Berdasarkan teori ini, satuan kalor mula-mula diberi nama kalori (disingkat kal). Kandungan energi dalam makanan sering dinyatakan dalam kalori (ditulis dengan huruf besar) yang berarti kilokalori (disingkat kkal). Misalnya, kacang tanah mengandung 10 kalori (10 kkal).

Teori kalorik menyatakan bahwa benda yang suhunya tinggi mengandung lebih banyak kalorik dari pada benda yang suhunya rendah. Contoh proses perubahan energi dan usaha (energi mekanik) menjadi kalor. Kemungkinan, orang pertama yang menyadari ini adalah Carnot, seorang insinyur Prancis. Akhirnya disadari bahwa semua bentuk energi adalah ekuivalen (setara), dan ketika sejumlah energi hilang, proses ini selalu disertai dengan munculnya sejumlah energi yang sama dalam bentuk lainnya. Ini mengarah pada kesimpulan bahwa total jumlah energi dijaga tetap, yang disebut prinsip kekekalan energi.

Setelah orang mengetahui bahwa kalor adalah salah satu bentuk energi, dipertengahan abad 19, ilmuwan mengembangkan suatu teori baru untuk mengganti teori kalorik. Teori ini berdasarkan pada anggapan bahwa zat disusun oleh partikel-partikel sangat kecil yang selalu bergerak. Dalam benda yang panas, partikel-partikel

bergerak lebih cepat, dan karena itu memiliki energi yang lebih besar dari pada partikel-partikel dalam benda yang lebih dingin. Teori ini disebut teori kinetik.

2. Persamaan Kalor



MARI BERDISKUSI



Gambar 5 : Memasak air
Sumber : Koleksi Pribadi

Perhatikan gambar di atas...!!!

Suatu hari kalian hendak memanaskan air dalam panci dengan kompor gas, semakin besar api itu menyala maka makin besar pula kalor yang diberikan api pada air dalam panci tersebut. Faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi kenaikan suhu pada suatu zat?

a. Kalor jenis

Sewaktu anda memasak air, anda membutuhkan kalor untuk menaikkan Suhu air sehingga air tersebut mendidih. Berapa banyak kalor yang diperlukan air untuk menaikkan suhu hingga mencapai suhu yang diinginkan? Secara induktif, makin besar

kenaikan suhu suatu benda, makin besar pula kalor yang diserapnya. Selain itu kalor yang diserap benda juga bergantung masa benda dan bahan penyusun benda.

Menurut Kanginan (2017:216), Kalor jenis merupakan kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K atau °C. Kalor jenis merupakan sifat khas suatu zat yang menunjukkan kemampuannya untuk menyerap kalor.

Kalor karena perubahan suhu

$$Q = mc\Delta T \dots\dots\dots(1.15)$$

Jika diambil $m = 1 \text{ kg}$ dan $\Delta T = 1 \text{ K}$, persamaan(1 .15) memberikan

$$Q = (1 \text{ kg}) (c) (1 \text{ K}) = c \text{ kg K}$$

Dengan demikian, kalor jenis dapat didefinisikan sebagai kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K atau 1°C.

Tabel 1.2 Kalor jenis berbagai zat (pada 20°C dan tekanan tetap 1 atm)

Zat	Kalor jenis (J/kg K)	Zat	Kalor jenis (J/kg K)
Aluminium	900	Alkohol (etil)	2400
Tembaga	390	Raksa	140
Kaca	840	Air	
Besi atau baja	450	Es (-5°C)	2100
Timah hitam	130	Cair (15°C)	4180
Marmer	860	Uap (110°C)	2010
Perak	230	Badan manusia	3470
Kayu	1700	Udara	1000

(Sumber: Serway, R.A. dan Faughn, J.S. College Physics)

Kalor jenis merupakan sifat khusus zat yang menunjukkan kemampuannya untuk menyerap kalor. Zat yang kalor jenisnya tinggi mampu menyerap lebih banyak kalor untuk kenaikan suhu yang rendah. Zat-zat seperti ini dimanfaatkan untuk kenaikan suhu termal.

Contoh Soal:

Berapa jenis kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu sebatang besi yang massanya 10 kg dari 20°C menjadi 100°C, jika kalor jenis besi 450 J/kg?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$m = 10 \text{ kg}$$

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

$$C = 450 \text{ J/kg}$$

Ditanya : Q ...?

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

$$Q = 10 \times 450 \times 80$$

$$Q = 360 \text{ kJ}$$

Jadi jenis kalor yang diperlukan adalah 360 KJ

b. Kapasitas kalor

Kalor yang dibutuhkan 1 wadah air agar suhunya naik 1° C disebut kapasitas kalor. Menurut Kanginan (2013:214), Kapasitas kalor merupakan banyaknya energi yang diberikan untuk menaikkan suhu benda sebesar satu derajat. Pada sistem SI, satuan kapasitas kalor adalah JK-1. Namun, di Indonesiasuhu biasa dinyatakan dalam Celsius, maka satuan kapasitas kaloryang dipakai dalam bahan ajar ini adalah J/°C.

Dari persamaan (1.15), mc dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut.

$$mc = \frac{Q}{\Delta T} \dots\dots\dots(1.16)$$

Jika kapasitas kalor diberi lambang C (huruf besar), persamaannya menjadi seperti berikut.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ atau } Q = C\Delta T \dots\dots\dots(1.17)$$

dengan

$$C = mc$$

3. Asas Black



Menurut Deddy, dkk. (2008:31), dua buah benda yang suhunya berbeda jika bersentuhan benda yang bersuhu lebih tinggi akan melepas kalor dan benda suhu lebih rendah akan menyerap kalor, dimana jumlah kalor yang dilepas sama dengan jumlah kalor yang diserap. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}} \dots \dots \dots (1.18)$$

Nama hukum ini diambil dari nama seorang ilmuwan Inggris sebagai penghargaan atas jasa-jasanya, yakni Joseph Black (1728-1799). Dalam kehidupan sehari-hari penerapan Asas Black dapat kita lihat pada saat kita membuat segelas teh yang tidak terlalu panas, kita akan mencampurkan air yang sudah kita panaskan dengan air putih yang dingin, air yang panas akan melepaskan kalor kepada air yang dingin, sedangkan air yang dingin akan menerima kalor, maka akan terjadi suhu akhir yang ada pada segelas teh tersebut tidak terlalu panas atau seimbang.

Contoh Soal :

Logam tembaga bersuhu 100°C dimasukkan ke dalam air yang bermassa 128 gram dan bersuhu 30°C . Kalor jenis air $1 \text{ kal.g}^{-10}\text{C}^{-1}$ dan kalor jenis tembaga $0,1 \text{ kal.g}^{-10}\text{C}^{-1}$. Jika kesetimbangan termal terjadi pada suhu 36°C , maka massa tembaga tersebut adalah...

Penyelesaian:

Diketahui :

$$T_1 = 100^{\circ}\text{C}$$

$$c_1 = 0,1 \text{ kal.g}^{-10}\text{C}^{-1}$$

$$m_2 = 128 \text{ gram}$$

$$T_2 = 30^{\circ}\text{C}$$

$$c_2 = 1 \text{ kal.g}^{-10}\text{C}^{-1}$$

$$T = 36^{\circ}\text{C}$$

Ditanya :

Massa tembaga (m_1)

Jawab:

$$Q_{\text{tembaga}} = Q_{\text{air}}$$

$$m_1 c_1 \Delta T = m_2 c_2 \Delta T$$

$$(m_1)(0,1)(100 - 36) = (128)(1)(36 - 30)$$

$$(m_1)(0,1)(64) = (128)(1)(6)$$

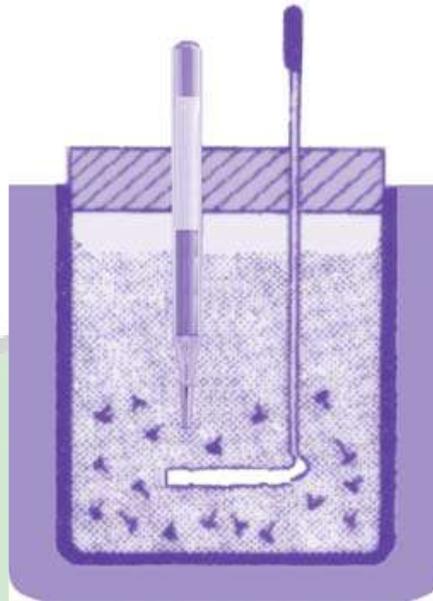
$$(m_1)(6,4) = 768$$

$$m_1 = \frac{768}{6,4}$$

$$m_1 = 120$$

Jadi massa tembaga adalah **120 gram**

4. Kalorimeter



Gambar 6 : Kalorimeter sebagai alat ukur

Sumber : Saripudin. *Praktis Belajar Fisika untuk SMA/MA*.

Menurut Kanginan (2013:212-250), Kalorimeter ialah alat yang digunakan untuk mengukur kalor. Kalorimeter digunakan untuk menentukan kalor jenis suatu zat. Kalorimeter menggunakan teknik percampuran dua zat di dalam suatu wadah. Jika kalor jenis suatu zat diketahui, kalor jenis zat lain yang dicampur dengan zat tersebut dapat dihitung.

Pada dasarnya kalorimeter didesain agar pertukaran kalor hanya terjadi di dalam bejana kalorimeter saja untuk menghindari pertukaran kalor ke lingkungan sekitar. Metode yang lebih teliti untuk menentukan kalor jenis bahan dengan menggunakan pemanas listrik yang akan memberi energi listrik ke bahan, kemudian lama energi listrik diberikan dan suhu bahan diamati selama bahan dipanaskan.

5. Perubahan wujud zat



MARI BERDISKUSI

Diskusi permasalahan-permasalahan berikut bersama teman kelompok kalian. Kemukakan gagasan sesuai dengan keyakinan diri kalian dan hargailah seluruh gagasan teman kalian!



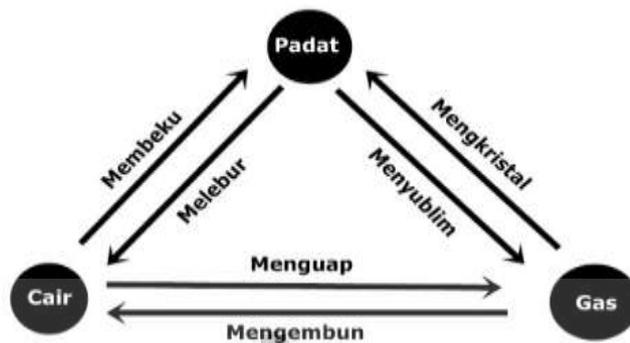
Gambar 7 : Membuat Secangkir Teh Panas

Sumber : Koleksi Pribadi

Perhatikan gambar diatas!!

Ketika kalian hendak membuat secangkir teh panas, kalian menuangkan air panas ke dalam cangkir yang berisi gula. Sesaat setelah air panas dituangkan kalian memegang cangkir tersebut, apa yang tangan kalian rasakan? Apakah terdapat perbedaan pada cangkir sebelum dan sesudah air panas dituangkan? Tahukah kalian mengapa hal tersebut dapat terjadi?

Jika es dipanasi atau diberi kalor, beberapa waktu kemudian es berubah wujud menjadi air, dan selanjutnya air berubah wujud menjadi uap. Demikian pula jika uap air didinginkan. Beberapa waktu kemudian uap air berubah wujud menjadi air, dan selanjutnya air akan berubah wujud menjadi es.

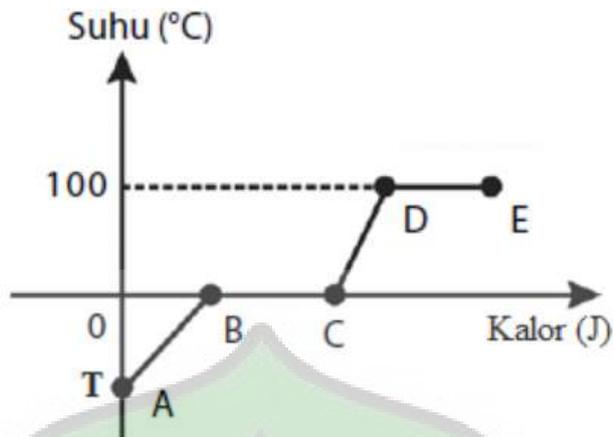


Gambar 8 : Perubahan wujud zat

Sumber : Karyono, *Fisika Untuk SMA dan MA Kelas X*

Menurut Karyono (2009:107), Perubahan suhu yang terjadi pada suatu zat dapat mengakibatkan terjadinya perubahan wujud zat. Jenis perubahan wujud zat dapat kita lihat pada gambar diatas. Melebur adalah perubahan wujud dari padat menjadi cair, membeku adalah perubahan wujud zat dari cair menjadi padat, menguap adalah perubahan wujud zat dari cair menjadi gas, mengembun adalah perubahan wujud zat dari gas menjadi cair, menyublim adalah perubahan wujud zat dari padat langsung menjadi gas (tanpa melalui wujud cair), deposisi adalah kebalikan dari menyublim yaitu perubahan langsung dari wujud gas ke wujud padat.

Dalam kehidupan sehari-hari dapat kita lihat perubahan wujud benda dari padat menjadi cair, es batu yang dibiarkan diruang terbuka dia mencair, gula pasir yang kita aduk dalam air panas mencair, logam yang kita panaskan dengan suhu yang tinggi meleleh, serbuk agar-agar yang dicampurkan dengan air panas lama kelamaan dia membeku, contoh peristiwa penguapan dari cair menjadi gas seperti bau minyak wangi pada tubuh akan menghilang karena menguap. Contoh peristiwa mengembun kita lihat tetes air pada tutup gelas yang digunakan untuk menutupi gelas yang berisi air panas. Contoh proses menyublim dari padat menjadi gas dapat dilihat pada perubahan kapur barus yang semakin lama semakin berkurang volumenya hingga akhirnya habis.



Gambar 9 : Grafik Perubahan Wujud Es Dan Suhu Es Hingga Menjadi Uap Air

Sumber : Pujiyanto. *Fisika Untuk SMA/MA kelas XI edisi revisi*

Menurut Pujiyanto (2016:132-135), Grafik diatas merupakan grafik perubahan wujud es menjadi uap pada tekanan 1 atmosfer. Jika sejumlah es yang memiliki suhu di bawah 0°C dipanaskan atau diberi kalor hingga suhunya mencapai diatas 100°C. Adapun keterangan grafik diatas yakni sebagai berikut.

Garis A – B menunjuk es mengalami kenaikan suhu dari - T°C hingga menjadi 0°C akibat diberikannya sejumlah kalor. Dalam hal ini zat masih dalam wujud padat (es). Pada proses kenaikan temperatur ini, grafik yang terjadi adalah linier. Pada grafik AB, kalor yang digunakan untuk menaikkan temperatur.

$$Q_{AB} = m_{es} C_{es} \Delta T \dots\dots\dots(1.19)$$

$$Q_{AB} = m_{es} C_{es} (0^{\circ}\text{C} - (-T_1)) \dots\dots\dots(1.20)$$

$$Q_{AB} = m_{es} C_{es} T_1 \dots\dots\dots(1.21)$$

Garis B – C menunjukkan walaupun sejumlah kalor diberikan pada zat, suhunya tetap 0°C tetapi es mengalami perubahan wujud dari padat menjadi cair. Pada grafik BC kalor tidak digunakan untuk menaikkan atau menurunkan temperatur benda, tetapi hanya digunakan untuk mengubah wujud zat benda tersebut, yakni dari wujud es menjadi air.

$$Q_{BC} = m_{es} C_{es} L \dots\dots\dots(1.22)$$

Garis C – D menunjukkan air mengalami kenaikan suhu dari 0°C hingga mendidih pada suhu 100°C akibat diberikannya sejumlah kalor. Zat dalam wujud cairan (air). Pada proses ini yang dinaikkan suhunya air dari 0°C sampai 100°C.

$$Q_{CD} = m_{air} c_{air} \Delta T$$

$$Q_{CD} = m_{es} c_{es} (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$Q_{CD} = m_{air} c_{air} 100^\circ\text{C}$$

Garis D – E menunjukkan walaupun sejumlah kalor diberikan pada zat, suhunya tetap 100°C tetapi air mulai mengalami perubahan wujud dari cair menjadi gas (uap).

$$Q_{air} = m_{air} L \dots\dots\dots(1.24)$$

Contoh Soal :

Hitunglah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur besi bermassa 3 kg dari suhu 10 °C sampai 80 °C. Diketahui $c_{besi} = 450 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

Penyelesaian:

Diketahui :

$$m = 3 \text{ kg}$$

$$\Delta T = 80^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 70^\circ\text{C}$$

$$c_{besi} = 450 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

Ditanya : Q

Jawab:

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = 3 \times 450 \times 70$$

$$Q = 9,45 \times 10^4 \text{ J}$$

$$Q = 94,5 \text{ kJ}$$

Jadi kalor yang dibutuhkan adalah 94,5 KJ

Langkah 3 : Membimbing penyelidikan individual maupun kelompok

Setelah memahami konsep tentang kalor dan perubahan wujud “Ayo Kita Coba” berikut ini dan lengkapilah jawaban pertanyaan yang ada.

MARI MENCoba

Tujuan

- Mengidentifikasi hubungan kalor dengan massa dan kalor jenis benda.

Alat dan bahan

- Gelas beker (gelas kimia)
- Termometer
- Bunsen
- Kaki tiga
- Statif
- Stopwatch
- Minyak goreng

Cara kerja

1. Isilah gelas beker dengan air sebanyak 100 ml, kemudian letakkan gelas kimia diatas kaki tiga.
2. Panaskan air selama beberapa menit, catat kenaikan suhu air dengan termometer.
3. Catat kenaikan suhu.
4. Gantilah air dengan minyak goreng sebanyak 100 ml, kemudian lakukan seperti langkah nomor 2.

Pertanyaan

1. Bagaimanakah hubungan antara massa zat dengan jumlah kalor?

Langkah 4 : mengembangkan dan menyajikan hasil karya

Setelah melakukan rangkaian kegiatan belajar, sajikan rangkuman hasil belajar kalian dalam bentuk laporan serta presentasikan laporan hasil karya anda dengan menarik

Berdasarkan hasil pengamatan praktikum, buatlah laporan tertulis praktikum sederhana tersebut. Format penulisan laporan meliputi:

- a. Judul praktikum
- b. Tujuan praktikum
- c. Dasar teori
- d. Alat dan bahan yang digunakan
- e. Cara kerja
- f. Data pengamatan praktikum
- g. Analisa data pengamatan
- h. Kesimpulan

Pada kegiatan ini, presentasikan hasil kerja kelompok dari praktikum yang dilakukan. Melalui kegiatan ini, kalian akan melatih rasa percaya diri dan kemampuan dalam berkomunikasi. Sampaikan pendapat kelompok di depan kelas dengan bahasa yang sopan dan santun, sehingga kelompok yang lain dapat memberikan masukan dan pendapat. Buatlah desain presentasi kalian semenarik mungkin.

Langkah 5 : Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Untuk melihat hasil yang diperoleh itu benar. Lakukan evaluasi dan refleksi dari pembelajaran pada kegiatan sebelumnya. Lakukan evaluasi untuk mengukur pemahaman anda.

Dari praktikum di atas kalian dapat mengetahui bahwa data massa zat yang telah di ukur dan lama pemanasannya yang mewakili jumlah kalor dibutkan tabel untuk mencarai bagaimana hubungannya dengan grafiknya. Dimana lama pemanasan sebanding dengan jumlah kalor, karena semakin lama pemanasannya maka semakin besar pula kalor yang dibutuhkan atau dikeluarkan. Dapat kita ambil kesimpulan dari percobaan di atas yaitu, zat air yang lebih kecil kenaikannya karena air termasuk zat

yang lambat untuk naik menaikkan suhu. Zat minyak, karena zat minyak lebih cepat menaikkan suhunya biarpun menggunakan pemanas yang kecil.

Berdasarkan penjelasan di atas jawablah pertanyaan berikut:

LATIHAN SOAL :



1. Apa itu kalor?
2. Apa perbedaan antara suhu, kalor dan energi dalam?
3. Sebutkan bunyi hukum Asas Black.!
4. Sebutkan sifat perubahan wujud zat benda.!

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Langkah 1 : Mengorientasikan peserta didik terhadap masalah

Untuk membangkitkan minat, motivasi dan menambah wawasan anda bacalah fitur "Mari Membaca" di bawah ini.

Mari Membaca



Gambar 10 : Memasak Air

Sumber : Koleksi Pribadi

Disaat Anda sedang memasak, ketika api dinyalakan air yang semula dingin kemudian akan menjadi panas, karena suhunya naik. Panci yang digunakan untuk menampung air dan badan Anda yang berada dekat dengan nyalanya api juga ikut merasakan panas. Mengapa hal tersebut bisa terjadi?

Hipotesis

Rumuskan suatu hipotesis untuk menjawab permasalahan di atas.

Untuk menjawabnya, pelajari materi berikut dengan penuh semangat.

Langkah 2 : Mengorganisasi peserta didik untuk belajar

Agar mudah mempelajari tentang perpindahan kalor, maka sebaiknya anda duduk dalam kelompok yang telah disepakati bersama.

C. Perpindahan Kalor

Menurut Kanginan (2017:237), sebuah benda panas disentuh ke benda yang dingin, kemudian suhu benda yang panas akan turun dan suhu benda yang dingin akan naik. Hal ini terjadi karena benda panas melepaskan kalor kepada benda dingin. Jadi kalor berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhu ya rendah.

Ada tiga cara perpindahan kalor yaitu:

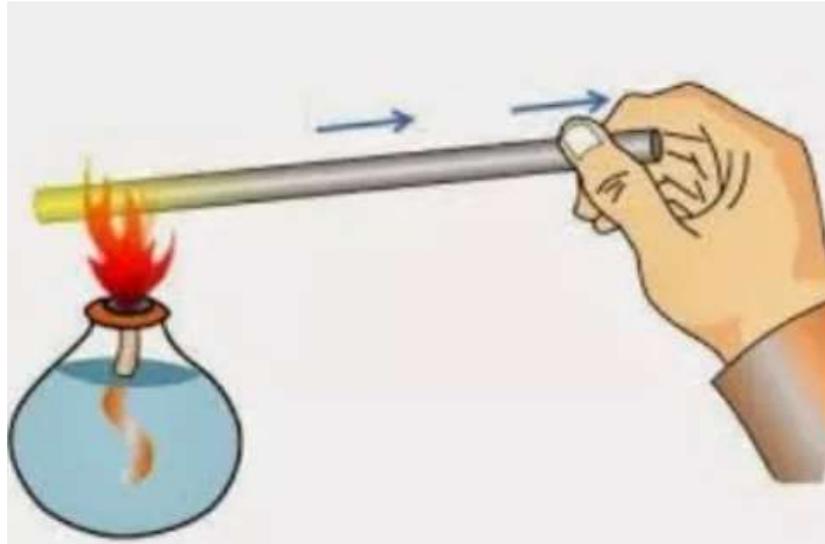
1. Perpindahan Kalor secara Konduksi

Menurut Pujianto (2016:132-135), Konduksi ialah proses perpindahan kalor tanpa disertai perpindahan partikel. Menurut Jati & Priyambodo (2009:211), apabila kita memegang ujung sebatang tembaga dan menyentuhkan ujung lainnya ke api,

ujung yang kita pegang akan terasa semakin panas, walaupun tidak ada kontak langsung dengan api. Panas mencapai ujung yang lebih dengan konduksi melalui bahan. Dalam kehidupan sehari-hari dapat kita lihat saat kita memasak air dengan menggunakan panci logam, panas berpindah dari kompor menuju panci yang kemudian akan mengalir menuju tangan kita apabila kita menyentuhnya. Memegang gelas yang berisi minuman panas, telapak tangan kita akan menerima panas dari gelas tersebut. Saat kita mencoba untuk menyeberang jalan tanpa menggunakan alas kaki (sendal atau sepatu) saat cuaca sangat panas dapat menyebabkan energi berpindah dari aspal menuju kaki, sehingga kita dapat merasakan panas di telapak kaki. Saat kita memegang permen coklat di tangan kita, pada akhirnya akan meleleh saat energi panas dari tangan kita berpindah ke coklat.



Gambar 11 : Pergerakan Partikel Pada Perpindahan Kalor Secara Konduksi
Sumber : Kanginan.2017.



Gambar 12 : Proses Perpindahan Panas Secara Konduksi Pada Batang Besi Yang Dipanaskan

Sumber :Kanginan. 2017. hal 238

Perpindahan kalor secara konduksi dapat terjadi dalam dua proses berikut.

- 1) Pemanasan pada satu ujung zat menyebabkan partikel-partikel pada ujung itu bergetar lebih cepat dan suhunya naik atau energi kinetiknya bertambah. partikel-partikel yang energi kinetiknya lebih besar ini memberikan sebagian energi kinetiknya kepada partikel-partikel tetangganya melalui tumbukan, sehingga partikel-partikel ini memiliki energi kinetik yang lebih besar.
- 2) Dalam logam, kalor dipindahkan melalui elektron-elektron bebas yang terdapat dalam struktur atom logam. Elektron bebas ialah elektron yang dengan mudah dapat berpindah dari satu atom ke atom yang lain.

Berdasarkan kemampuan menghantarkan kalor, zat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu konduktor dan isolator. Konduktor ialah zat yang mudah menghantarkan kalor. Isolator ialah zat yang sukar menghantarkan kalor. Setiap zat dapat menghantar kalor secara konduksi.

Laju perpindahan kalor bergantung pada luas penampang, konduktivitas termal atau jenis bahan dan beda suhu, oleh karena itu banyak kalor yang dapat berpisah selama waktu tertentu dapat ditulis dengan persamaan berikut:

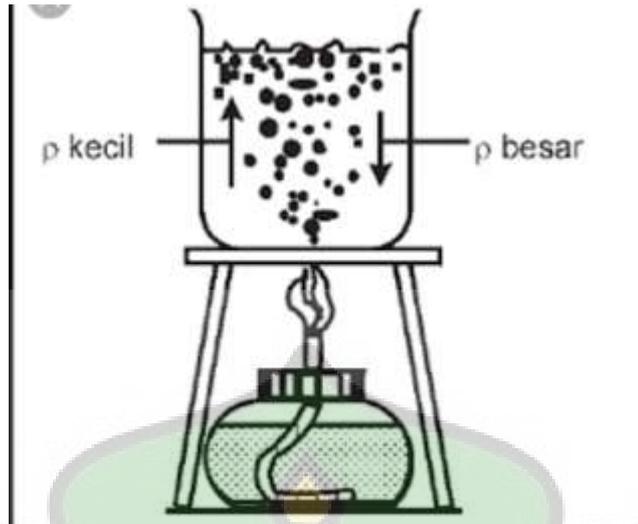
$$\frac{Q}{t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L} \dots\dots\dots(1.25)$$

Dengan k adalah Konduktivitas bahan, (W/m K), A adalah luas penampang (m^2), ΔT adalah perbedaan suhu kedua ujung batang ($^{\circ}C/K$), L adalah panjang batang (m), Q adalah kalor yang merambat (J), dan t adalah waktu (s).

2. Perpindahan Kalor secara Konveksi

Konveksi ialah perpindahan kalor yang disertai perpindahan partikel-partikel zat karna perbedaan masa jenis. Perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat alir secara bebas disebut konveksi bebas. Hal ini karena adanya perbedaan massa jenis zat alir, contohnya saat kita merebus air. Sementara itu perpindahan kalor yang disertai dengan partikel karena perpindahan tekanan yang dibuat dengan pompa disebut dengan konveksi paksaan. Contohnya ventilasi kamar, cerobong asap, kipas angin.

Dalam kehidupan sehari-hari bisa kita lihat pada secangkir kopi panas adanya uap menunjukkan panas yang sedang ditransfer ke udara. Saat es melebur terjadi perubahan wujud dari padat menjadi cair karena panas berpindah dari udara menuju es. Secangkir susu panas memiliki suhu yang lebih tinggi pada ruangan bersuhu normal. Lama – kelamaan suhu pada secangkir susu tersebut akan turun karena panas akan menguap ke udara di dalam ruangan, adanya uap dari susu panas menunjukkan bahwa sedang terjadi berpindahan panas dari secangkir susu ke udara. Disaat kita membeli es krim tersebut akan mencair disitu terjadi perubahan wujud dari padat menjadi cair. Kondisi ini terjadi karena panas dari ruangan dalam udara berpindah menuju es krim tersebut. Es krim tersebut menerima panas sehingga membuatnya mencair, suhu ruangan bergerak menu es krim melalui udara secara konveksi dan terjadilah perpindahan panas.



Gambar 13 : Proses Terjadinya Konveksi Alamiah Pada Zat Cair
Sumber : Kanginan. 2017

Proses perpindahan kalor dari satu bagian fluida ke bagian lain fluida oleh pergerakan fluida itu sendiri dinamakan konveksi. Ada dua jenis konveksi alamiah dan konveksi paksa. Contoh diatas adalah konveksi alamiah. Pada konveksi alamiah, pergerakan fluida terjadi akibat perbedaan massa jenis. Besarnya laju kalor yang mengalir pada penghantar dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(1.26)$$

Dengan h adalah tetapan konveksi (W/m^2K), ΔT adalah perbedaan suhu kedua tempat yang berbeda ($^{\circ}C/ K$), H adalah laju kalor (J/s), Q adalah kalor yang merambat (J), t adalah waktu (sekon).

3. Perpindahan Kalor secara Radiasi

Pernahkah anda berpikir, bagaimana panas matahari sampai kebumi?

Anda ketahui bahwa di antara matahari dan bumi terdapat lapisan atmosfer yang sulit menghantarkan panas secara konduksi maupun konveksi. Selain itu, di antara matahari dan bumi juga terdapat ruang hampa yang tidak memungkinkan terjadinya perpindahan kalor. Dengan demikian, perpindahan kalor dari matahari sampai ke bumi tidak memerlukan perantara. Perpindahan kalor yang tidak

memerlukan zat perantara (medium) disebut Radiasi. Setiap benda mengeluarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Laju radiasi dari permukaan suatu benda berbanding lurus dengan luas penampang, berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya, dan tergantung sifat permukaan benda tersebut.

Radiasi merupakan peristiwa memancarnya panas dari suatu benda dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang merambat tanpa memerlukan medium atau zat perantara, seperti gelombang cahaya dan gelombang radio. Dalam kehidupan sehari-hari dapat kita lihat disaat sinar matahari menyinari bumi secara langsung. Saat kita duduk didekat api, panasnya langsung mengenai tubuh kita.

Permukaan benda yang berwarna hitam dapat menyerap dan memancarkan energi kalor radiasi dengan baik, sedangkan permukaan benda berwarna putih menyerap dan memancarkan radiasi sinar matahari. Energi kalor radiasi dimanfaatkan untuk memanaskan air. Permukaan benda hitam lebih banyak menyerap dan memancarkan energi kalor, sebaliknya permukaan benda berwarna putih lebih sedikit menyerap dan memancarkan kalor radiasi.



Gambar 14: Perpindahan Kalor Secara Radiasi
Sumber : Koleksi Pribadi

Persamaan yang didapat dari hubungan ini disebut Hukum **Stefan-Boltzmann**, yang berbunyi: energi yang dipancarkan oleh suatu permukaan hitam dalam bentuk radiasi kalor tiap satuan waktu ($\frac{Q}{t}$) sebanding dengan luas permukaan (A) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan itu (T^4).

$$\frac{Q}{t} = \sigma AT^4 \dots\dots\dots(1.27)$$

Tetapan σ (dibaca sigma) dikenal sebagai tetapan Stefan-Boltzmann dan dalam satuan SI nilainya $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2\text{K}^4$. Tidak semua benda dapat dianggap sebagai benda hitam sempurna. Oleh karena itu diperlukan sedikit modifikasi pada persamaan di atas agar dapat digunakan pada setiap benda. Persamaan Stefan-Boltzmann untuk setiap benda dapat ditulis sebagai berikut.

Daya radiasi

$$\frac{Q}{t} = e\sigma AT^4 \dots\dots\dots(1.28)$$

dengan e adalah koefisien yang disebut emisivitas. Emisivitas adalah suatu ukuran seberapa besar pemancaran radiasi kalor suatu benda dibandingkan benda hitam sempurna. Emisivitas tidak memiliki satuan, nilainya antara 0 dan 1 ($0 \leq e \leq 1$) dan bergantung pada jenis zat dan keadaan permukaan. Permukaan mengkilap memiliki nilai e yang lebih kecil dari pada permukaan kasar. Pemantul sempurna (penyerap paling buruk) memiliki $e = 0$, sedangkan penyerap sempurna sekaligus pemancar sempurna, yaitu benda hitam sempurna memiliki pemancar $e = 1$. Emisivitas tubuh manusia bergantung pada warna kulit, tetapi nilai hampirannya adalah $e = 0,98$.

Perambatan kalor dengan pancaran berupa gelombang-gelombang elektromagnetik. Pancaran kalor secara radiasi mengikuti **Hukum Stefan Boltzman** :

$$W = e . \sigma . T^4 \dots\dots\dots(1.29)$$

W = intensitas / energi radiasi yang dipancarkan per satuan waktu

e = emisivitas ($(\sigma \leq e \leq 1)$)

σ = konstanta Boltzman = $5,672 \times 10^{-8}$ watt/m².°K⁴

T = suhu mutlak (°K)

Contoh Soal

Sebuah benda memancarkan radiasi sebesar 600 Joule setiap menitnya. Jika diketahui luas permukaan benda tersebut adalah 10 cm² dan memiliki suhu sebesar 527 °C. Tentukan emisivitas benda tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$P = 600 \text{ J/ menit}$$

$$A = 10 \text{ cm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$T = 527 \text{ }^\circ\text{C} = 527 + 273 \text{ K} = 800 \text{ K}$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Ditanya : Tentukan besar emisivitas benda tersebut (e) ?

Jawab:

Energi radiasi yang dipancarkan tiap menitnya adalah 600 Joule. Karena 1 menit = 60 detik maka energi radiasi yang dipancarkan benda tiap menitnya adalah

$$P = \frac{Q}{t} = 600 \frac{\text{J}}{\text{menit}} = 600 \frac{\text{J}}{60 \text{ detik}} = 10 \text{ J/s}$$

Gunakan rumus radiasi benda yang memiliki suhu T

$$P = e\sigma AT^4$$

$$e = \frac{P}{\sigma AT^4} = \frac{10}{(5,67 \cdot 10^{-8})(10^{-3})(800)^4} = 0,43$$

Jadi besar emisivitas benda tersebut adalah 0,43.

Langkah 3 : Membimbing penyelidikan individual maupun kelompok

Setelah memahami konsep tentang perpindahan kalor, maka lakukan kegiatan pada fitur “Ayo Kita Coba” berikut ini dan lengkapilah jawaban pertanyaan yang ada.

MARI MENCoba

Tujuan:

- Membuktikan perpindahan kalor secara konduksi
- Membuktikan perpindahan kalor secara konveksi
- Membuktikan perpindahan kalor secara radiasi

Alat dan Bahan :

a. Konduksi

- Penyangga 1 buah
- Kompr spiritus 1 buah
- Batang besi 1 buah
- Lilin 1 buah

b. Konveksi

- Bejana kaca / gelas ukur 1 buah
- Kompur spiritus 1 buah
- Batang besi 1 buah
- Termometer 1 buah

Langkah kegiatan:

a. Konduksi

- 1) Siapkan alat dan bahan.
- 2) Masukkan batang besi ke dalam lubang penyangga bagian bawah
- 3) Dibagian belakang besi letakkan lilin
- 4) Hidupkan kompor spiritus dan tunggu beberapa menit.
- 5) Amati apa yang terjadi pada lilin dan batang besi, buatlah kesimpulan.

b. Konveksi

- 1) Siapkan alat dan bahan
- 2) Masukkan air pada bejana kaca/ gelas ukur 100 ml. Masukkan potongan kertas pada air tersebut.
- 3) Nyalakan kompor spiritus
- 4) Tunggulah beberapa menit hingga air mendidih
- 5) Lihat suhu pada termometer hingga menunjukkan angka 100°C
- 6) Amati apa yang terjadi pada air dan potongan kertas tersebut.

Langkah 4 : mengembangkan dan menyajikan hasil karya

Setelah melakukan rangkaian kegiatan belajar, sajikan rangkuman hasil belajar kalian dalam bentuk laporan serta presentasikan laporan hasil karya anda dengan menarik.

Berdasarkan hasil pengamatan praktikum, buatlah laporan tertulis praktikum sederhana tersebut. Format penulisan laporan meliputi:

- a. Judul praktikum
- b. Tujuan praktikum
- c. Dasar teori
- d. Alat dan bahan yang digunakan
- e. Cara kerja
- f. Data pengamatan praktikum
- g. Analisa data pengamatan
- h. Kesimpulan

Pada kegiatan ini, presentasikan hasil kerja kelompok dari praktikum yang dilakukan. Melalui kegiatan ini, kalian akan melatih rasa percaya diri dan kemampuan dalam berkomunikasi. Sampaikan pendapat kelompok di depan kelas dengan bahasa yang sopan dan santun, sehingga kelompok yang lain dapat memberikan masukan dan pendapat. Buatlah desain presentasi kalian semenarik mungkin.

Langkah 5 : Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Untuk melihat hasil yang diperoleh itu benar. Lakukan evaluasi dan refleksi dari pembelajaran pada kegiatan sebelumnya. Lakukan evaluasi untuk mengukur pemahaman anda.

Dari praktikum diatas dapat kita ketahui bahwa :

1. Konduksi

Sebelum batang besi dipanaskan dengan kompor spiritus, lilin yang ditempelkan pada permukaan batang besi masih berbentuk padat, sedangkan setelah ujung batang besi dipanaskan dengan kompor spiritus, lilin yang ada pada pangkal batang besi meleleh. Hal ini dikarenakan ada perpindahan kalor dari api kompor ke batang besi dan lilin yang menempel di permukaan besi.

2. Konveksi

Sebelum tabung kaca atau gelas ukur dipanaskan, potongan kertas berada di dasar tabung dan ada juga yang melayang di atas permukaan air dalam tabung, sedangkan sesudah tabung kaca/gelas ukur dipanaskan, pada suhu 60°C , potongan kertas mulai bergerak berputar-putar, yang di bawah mulai naik ke atas, pada suhu 100°C pergerakan potongan kertas semakin cepat. Hal ini disebabkan karena adanya perpindahan kalor pada air dari tabung.

Berdasarkan Penjelasan diatas jawablah pertanyaan berikut :

LATIHAN SOAL :

1. Apa yang dimaksud dengan konduksi?
2. Mengapa lilin yang berada di pangkal besi bisa meleleh ketika ujung besi dipanaskan?
3. Apa yang dimaksud dengan konveksi?
4. Mengapa potongan kertas pada air mendidih dalam tabung kaca bergerak?
5. Apa yang dimaksud dengan radia?



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

AKTIVITAS HANDS – ON

Perubahan Wujud Zat

Indikator :

- 4.5 Merancang dan melakukan percobaan tentang karakteristik termal suatu bahan, terutama terkait dengan kapasitas dan konduktivitas kalor, beserta presentasi hasil percobaan dan pemanfaatannya.
- 4.5.1 Membuat percobaan kalor dan perubahan wujud zat
- 4.5.2 Menyajikan hasil percobaan kalor dan perubahan wujud zat
- 4.5.3 Mempresentasikan percobaan kalor dan perubahan wujud zat

Tujuan

Setelah mengikuti pembelajaran diharapkan peserta didik dapat :

1. Peserta didik dapat menyebutkan contoh perubahan wujud zat
2. Peserta didik dapat menyimpulkan tentang kalor dan perubahan wujud zat

Petunjuk :

1. Mulailah dengan membaca Basmalah
2. Tulislah nama kelompok serta nama anggota pada tempat yang telah disediakan.
3. Diskusikan bersama kelompok
4. Tanyakan kepada guru apabila ada yang tidak dimengerti

KELOMPOK :

KETUA :

ANGGOTA :

- 1.
- 2.
- 3.

TAHAP I : Orientasi Peserta Didik Pada Masalah

Guru menjelaskan tujuan pembelajaran, menjelaskan logistik yang dibutuhkan, mengajukan fenomena atau cerita yang memunculkan masalah, motivasi peserta didik untuk terlibat dalam pemecahan masalah yang dipilih.

TAHAP II : Mengorganisasikan Peserta Didik untuk Belajar

Guru membentuk peserta didik untuk mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut.

TAHAP III : Membimbing Penyelidikan Individual atau Kelompok

Guru mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen, untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah. Peserta didik dapat menggunakan alat dan bahan yang diperlukan dalam eksperimen ini.



MARI KITA LIHAT!!

Alat dan Bahan	Gambar
Lilin	
Korek Api	
Kerak Lilin	

Kaleng Bekas



TAHAP IV : Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

Guru membantu peserta didik dalam merencanakan, menyiapkan karya-karya yang sesuai seperti laporan, video, dan model, serta membantu mereka untuk berbagi tugas dengan temannya. Pada tahap ini dapat dilakukan sebuah percobaan dengan langkah-langkah sebagai berikut



Langkah – langkah percobaan :

1. Nyalakan lilin terlebih dahulu.
2. Kemudian masukkan kerak lilin secukupnya kedalam kaleng bekas.
3. Panaskan kaleng bekas yang berisi kerak lilin tersebut selama 10 menit, lalu amati apa yang akan terjadi pada kerak lilin tersebut.
4. Ulangi langkah 1 – 3 dengan waktu 10 menit.
5. Catat hasil dari pengamatan yang kalian dapat sebelum dan sesudah dipanaskan kerak lilin selama 10 menit.

TAHAP V : Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Guru membantu peserta didik untuk melakukan refleksi atau evaluasi terhadap penyelidikan mereka dan proses-proses yang mereka gunakan.

Data Pengamatan

Perubahan Wujud	Perubahan Wujud
Kerak Lilin Sebelum Dipanaskan	Kerak Lilin Setelah Dipanaskan

Refleksi

1. Pada percobaan yang telah dilakukan bagaimanakah perubahan wujud lilin setelah dipanaskan dan sebelum dipanaskan?
2. Perubahan wujud zat dari bentuk padat ke cair disebut?



RANGKUMAN

Suhu merupakan derajat panas atau dinginnya suatu benda.

Alat untuk mengukur suhu adalah termometer.

Kalor merupakan energi yang berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah

Pemuaian luas : $\Delta A = \beta A_0 \Delta T$

Pemuaian Volume : $\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$

Apabila suatu zat cair dipanaskan akan mengalami pemuaian, namun pada zat cair hanya mengalami pemuaian volume : $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$

Proses volume konstan atau isokhorik : $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

Kalor jenis merupakan sifat khas suatu zat yang menunjukkan kemampuannya untuk menyerap kalor.

Kalor karena perubahan suhu : $Q = mc\Delta T$

Kapasitas kalor adalah banyak energi yang harus diberikan dalam bentuk kalor untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar satu derajat.

Asas Black : $Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kalor

Konduksi merupakan proses perpindahan kalor tanpa disertai perpindahan partikel.

Konveksi adalah perpindahan kalor yang disertai perpindahan partikel-partikel zat karena perbedaan masa jenis.

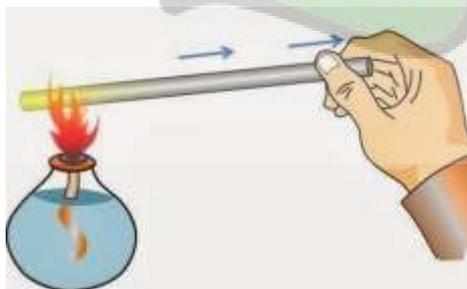
Radiasi merupakan peristiwa memancarnya panas dari suatu benda dalam bentuk gelombang elektromagnetik

SOAL EVALUASI

1. Berikut ini yang merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi laju kalor radiasi, kecuali...
 - a. Suhu
 - b. Luas penampang konduktor
 - c. Tetapan Stefan Boltzman
 - d. Konduktivitas termal zat
 - e. Emitivitas
2. Cangkir yang diisi air panas akan membuat gagangnya ikut panas. Hal tersebut memperlihatkan bahwa terjadi perpindahan panas kalor secara..
 - a. Konduksi
 - b. Radiasi
 - c. Konveksi
 - d. Konduktor
 - e. Isolator
3. 75 gram air yang bersuhu 0°C dicampur dengan 50 gram air bersuhu 100°C , maka suhu akhir campuran kedua air tersebut adalah...
 - a. 65°C
 - b. 55°C
 - c. 40°C
 - d. 45°C
 - e. 15°C
4. Jika dalam skala Kelvin menunjukkan 293 K, angka ini akan sesuai dengan skala Fahrenheit sebesar...
 - a. 30°F

- b. 36 °F
 - c. 54 °F
 - d. 68 °F
 - e. 74 °F
5. Pada sebuah termometer A, titik beku air adalah 40°A dan titik didih air adalah 240°A. Sebuah benda diukur dengan termometer Celcius, suhunya 40°C. Bila benda itu diukur dengan termometer A, maka suhunya adalah...
- a. 60 °A
 - b. 90 °A
 - c. 110 °A
 - d. 120 °A
 - e. 160 °A
6. Andi melakukan percobaan dengan menggunakan sebuah kaleng timah. Kaleng tersebut di cat sebagian dinding luarnya dengan cat hitam, sedangkan sebagian dinding yang lain dibiarkan tetap mengkilap. Kemudian ia dituangkan air mendidih ke dalam kaleng tersebut. Lalu ia letakkan kedua telapak tangannya pada kedua sisi kaleng, ternyata sisi kaleng yang berwarna hitam lebih panas dibandingkan kaleng yang dibiarkan mengkilap. Berdasarkan percobaan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa...
- a. Warna hitam sangat banyak menyerap kalor radiasi
 - b. Warna hitam sangat baik menyerap kalor radiasi
 - c. Permukaan kalor yang mengkilap tidak menyerap kalor radiasi
 - d. Warna hitam penyerap kalor radiasi yang buruk
 - e. Permukaan yang mengkilap tidak menyerap kalor radiasi
7. Suatu zat memiliki massa sebesar 5 kg dan mempunyai kalor jenis 2 kal/g °C, maka kapasitas kalor yang dibutuhkan zat tersebut adalah...
- a. 9.500 kal/g °C

- b. 10,5 kal/g °C
 - c. 10.000 kal/g °C
 - d. 11.000 kal/g °C
 - e. 12.000 kal/g °C
8. Seongkah es dimasukkan ke dalam wadah berisi air panas sehingga seluruh es mencair. Hal ini terjadi karena...
- a. Es menerima kalor dan air melepaskan kalor
 - b. Air menerima kalor dan es melepaskan kalor
 - c. Es melepaskan kalor dan air menerima kalor
 - d. Es dan air sama-sama melepaskan kalor
 - e. Es dan air sama-sama menerima kalor
9. Berikut ini yang merupakan penerapan Azas Black di dalam kehidupan sehari-hari adalah...
- a. Menuangkan air dingin ke dalam panci
 - b. Memanaskan air didalam sebuah teko
 - c. Menuangkan air dingin ke dalam air panas
 - d. Meletakkan sebuah sendok logam ke dalam mangkuk yang berisi sup panas
 - e. Es berubah wujud menjadi cair
10. Perhatikan gambar dibawah ini!



Gambar diatas merupakan contoh dari perpindahan kalor secara...

- a. Radiasi

- b. Konveksi
- c. Konduksi
- d. Isolator
- e. kondukor



KUNCI JAWABAN

- 1. D
- 2. A
- 3. C
- 4. D
- 5. D
- 6. B
- 7. C
- 8. A
- 9. E
- 10. B



GLOSARIUM

- Isolator** : Bahan yang tidak memiliki daya hantar panas
- Kalor** : Energi yang berpindah dari suhunya tinggi ke benda yang suhunya rendah
- Kalori** : Satuan energi dalam makanan
- Kalori meter** : Alat untuk mengukur kalor
- Konduktor** : Bahan yang memiliki daya hantar panas
- Konduksi** : Perpindahan kalor tanpa disertai perpindahan partikel
- Konveksi** : perpindahan kalor dengan diikuti perpindahan partikel
- Radiasi** : Perpindahan kalor tanpa memerlukan zat perantara
- Suhu** : Derajat panas atau dinginnya suatu benda
- Termometer** : Alat pengukur suhu

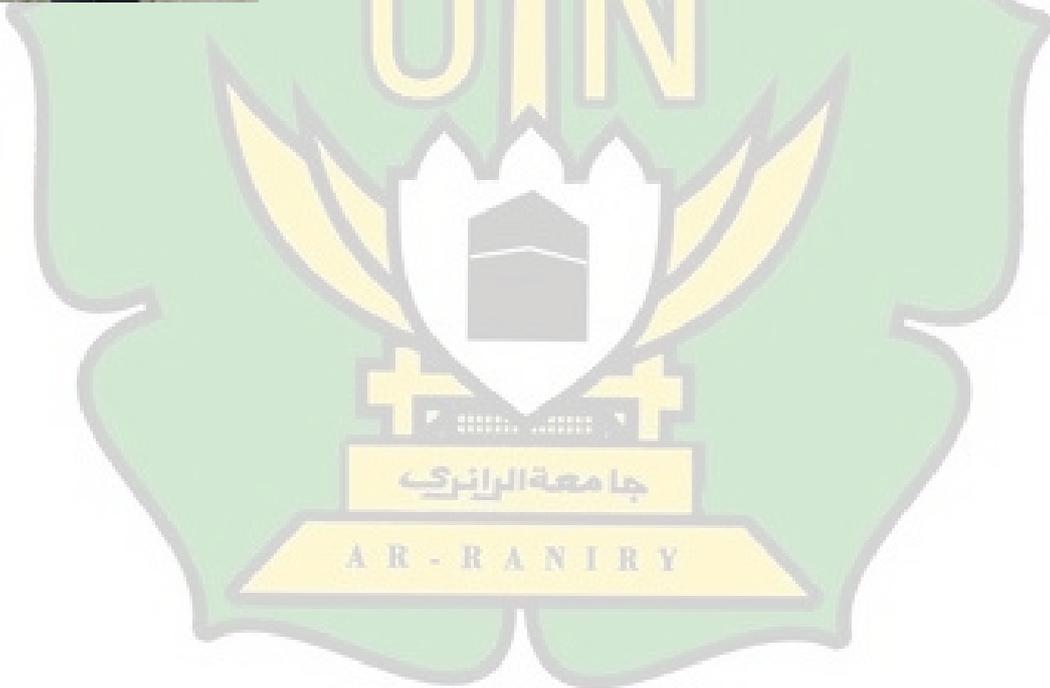
DAFTAR PUSTAKA

- Deddy., Gunawan, S. dan Nugroho, S. 2008. *LKS Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta : Pratama Mitra Aksara.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika*. Jakarta : Erlangga.
- Halliday, D. Resnick, R. dan Walker, J. 2010. *Fisika Dasar*. Jakarta : Erlangga.
- Indrajit, D. 2009. *Mudah dan Aktif Belajar Fisika untuk Kelas X SMA/MA*. Jakarta : Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.
- Jati, B, M, E. & Priyambodo, T. 2009. *Fisika Dasar Untuk Mahasiswa Komputer & Informatika*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Karyono. 2009. *Fisika untuk SMA dan MA Kelas X*. Jakarta : CV Sahabat.
- Kanginan, Marthen. 2017. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta : Erlangga.
- Nata, A. 2009. *Perspektif Islam Tentang Strategi Pembelajaran*. Jakarta : Kencana Prenada Media Grup.
- Nurachmadani, S. 2009. *Fisika 1 untuk SMA/MA untuk kelas X*. Jakarta : Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.
- Pujianto. 2016. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI edisi revisi*. Klaten : PT Intan Pariwara.
- Rusman. 2014. *Model-Model Pembelajaran*. Jakarta : Raja Wali Pers.
- Serwey, R. A. and Faught, J.S.1999. *Collage Physics*. USA : Harcour Brace Collage Publish.
- Saripudin, A. 2009. *Praktis Belajar Fisika untuk Kelas X SMA/MA*. Jakarta : Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.
- Suprijono, A. 2011. *Cooperative Learning Teori dan Aplikasi PAIKEM*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Tipler, P. A. 1998. *Fisika*. Jakarta : Erlangga.
- Young, H. D. & Freedman, R. A .2022. *Fisika Universitas*. Jakarta : Erlangga.

PROFIL PENULIS



Indah Sukma, dilahirkan di Kuta Jeumpa, Aceh Barat Daya pada Tanggal 21 Juli 1997. Anak ketiga dari Bapak Zulfikar dan Ibu Sariana. Setelah melewati jenjang pendidikan di SDN 1 AS.Pinang, SMPN 1 BlangPidie, dan MAN 1 BlangPidie, sekarang penulis sedang menempuh perkuliahan di UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Jurusan Pendidikan Fisika angkatan 2015.



**PRODI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN (FTK)
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2020**