



Gas yang Bisa Bekerja

MODUL TEMA 9

**FISIKA PAKET C
SETARA SMA/MA
KELAS XI**



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat
Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan
Tahun 2018

Fisika Paket C Tingkatan V Modul Tema 9
Modul Tema 9 : Gas yang Bisa Bekerja

- Penulis: Marga Surya Mudhari, Drs, MT
 - Diterbitkan oleh: Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan-
Ditjen Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat-Kementerian Pendidikan dan
Kebudayaan, 2018
- vi+ 70 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

Modul Dinamis: Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip *flexible learning* sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, Desember 2018

Direktur Jenderal

Harris Iskandar

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Petunjuk Penggunaan Modul	v
Tujuan yang Diharapkan Setelah Mempelajari Modul	1
UNIT 1 KALOR SEBAGAI ENERGI PANAS	2
A. Kalor, Suhu dan Wujud Benda	2
B. Azas Black	3
C. Perubahan Wujud.....	7
D. Pemuaian	9
Latihan	14
Uji Kompetensi	16
UNIT 2 GAS DALAM PENGARUH TEKANAN DAN PANAS	19
A. Jenis Perpindahan Kalor	20
B. Faktor yang Berpengaruh terhadap Perpindahan Kalor	23
C. Peristiwa Perpindahan Kalor dalam Kehidupan Sehari-hari	26
D. Beberapa Cara Mengurangi/Mencegah Perpindahan Kalor	28
Latihan	29
Uji Kompetensi	31
UNIT 3 GERAK PARTIKEL GAS	34
A. Pergerakan Partikel Gas	34
B. Energi Kinetik Gas.....	35
C. Persamaan untuk Gas	38
D. Persamaan Umum Gas	40
E. Hubungan Kecepatan Partikel Gas dengan Suhu	44
Uji Kompetensi	45
UNIT 4 KALOR DAN KERJA	48
A. Termometer sebagai Alat Ukur Suhu	49
B. Beberapa Jenis Termometer	51
C. Pengaruh Suhu pada Wujud Benda	54
D. Termodinamika	55
E. Proses-proses Termodinamika	57
F. Mesin Carnot dan Mesin Kalor	60
Uji Kompetensi	63
Rangkuman	65
Penilaian dan Kunci Jawaban	67
Daftar Istilah	68
Saran Referensi	69
Daftar Pustaka	69
Profil	70

GAS YANG BISA BEKERJA

Petunjuk Penggunaan Modul



Modul tentang 'Gas yang Bisa Bekerja' terdiri dari energi panas yang digambarkan sebagai kalor, dengan kemampuan yang bisa berpindah dari satu media ke media lainnya. Di samping itu juga, kalor mempengaruhi wujud benda sehingga berubah dari padat menjadi cair dan akhirnya menjadi gas. Lebih lanjut kalor juga menyebabkan partikel-partikel gas bergerak makin bebas dan bertenaga sehingga menghasilkan tekanan yang luar biasa. Tekanan bertenaga ini yang bisa menggerakkan mesin torak dan turbin sehingga mampu menghasilkan energi gerak berupa kerja yang sangat membantu usaha manusia. Yang dimaksud kerja pada pembahasan ini berupa mesin-mesin yang menggerakkan mobil, kereta, kapal laut, hingga pesawat terbang. Tanpa mesin kerja ini maka transportasi akan lumpuh. Oleh karena itu pembahasan tentang gas yang bisa bekerja ini sangat penting karena berkaitan dengan kegiatan kita sehari-hari. Dapat dibayangkan betapa sulitnya kehidupan manusia tanpa mesin kerja ini.

Modul ini terdiri dari pengantar yang berfungsi sebagai dasar pemikiran untuk memotivasi para pembaca; uraian materi sebagai gejala dan atau konsep dasar yang perlu dicermati; kegiatan agar pembaca bisa mengalami sendiri suatu permasalahan; contoh soal memberi contoh kepada pembaca cara mengatasi suatu permasalahan; soal latihan dan tugas untuk melatih pembaca mengatasi permasalahan.



Tujuan yang Diharapkan Setelah Mempelajari Modul

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat

1. Menyimpulkan bahwa ada hubungan tak terpisahkan antara kalor dengan perubahan suhu

dan wujud benda.

2. Menjelaskan proses perubahan wujud pada beberapa benda
3. Menggunakan azas Black dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan keseimbangan suhu
4. Menjelaskan beberapa hal yang dapat mempengaruhi perubahan wujud
5. Menjelaskan perbedaan besar pemuaian pada berbagai wujud benda, meliputi panjang, luas dan volum.
6. Menjelaskan perbedaan antara peristiwa perpindahan kalor cara konduksi, konveksi, dan radiasi.
7. Menunjukkan faktor-faktor yang berpengaruh pada berbagai peristiwa perpindahan kalor.
8. Menunjukkan beberapa contoh peristiwa konduksi, konveksi, dan radiasi dalam kehidupan sehari-hari, serta beberapa contoh bentuk teknologi sederhana.
9. Menunjukkan cara mengurangi atau mencegah perpindahan kalor.
10. Menjelaskan sifat-sifat gas akibat pengaruh perubahan suhu, tekanan, dan volume.
11. Membuat grafik tekanan P terhadap volum V dari keadaan gas.
12. Menjelaskan hukum I Termodinamika dan penerapannya dalam beberapa contoh kehidupan sehari-hari.
13. Menjelaskan hukum II Termodinamika dan penerapannya dalam beberapa contoh kehidupan sehari-hari.
14. Menghitung siklus mesin Carnot.
15. Menjelaskan proses reversibel dan tak reversibel dan menunjukkan beberapa contoh terkait dalam kehidupan sehari-hari

UNIT 1

KALOR SEBAGAI ENERGI PANAS



sumber: kalimantanberita.com

Gambar 1. Semua kendaraan bermotor menggunakan ledakan gas agar bisa berjalan

Kalor atau dengan istilah yang lebih memasyarakat yaitu panas, sangat dibutuhkan bagi makhluk hidup. Lingkungan sekitar mengandung kalor yang menyebabkan memiliki suhu atau temperatur. Tanpa kalor tidak ada kehidupan di muka bumi ini. Kalor bukan hanya bisa menghangatkan badan, namun juga membantu reaksi kimia, termasuk pembuatan makanan pada tumbuhan. Tanpa reaksi kimia yang menguraikan makanan, otot-otot pada tubuh kita tidak bisa berfungsi, begitu juga organ-organ tubuh yang lain. Tanpa kalor juga kendaraan bermotor tidak bisa jalan. Lebih jauh lagi, tanpa kalor maka tidak ada desiran angin, air mengalir, dan gerakan uap yang sanggup menggerakkan mesin turbin penghasil energi listrik. Betapa pentingnya energi kalor bagi kegiatan makhluk hidup sehari-hari, maka perlu lebih banyak diketahui mengenai kalor dan bagaimana memanfaatkannya secara optimal dan aman bagi manusia.



A. Kalor, Suhu, dan Wujud Benda

Penugasan 1 : Hubungan Panas/ Kalor dan Suhu

Langkah Kegiatan

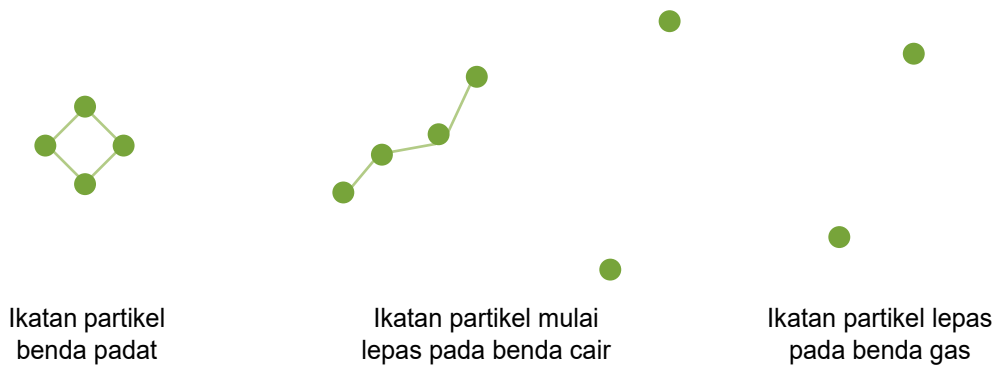
- Kegiatan belajar bisa menggunakan beberapa alat bantu yang ada di lingkungan seperti termometer sebagai alat ukur suhu/temperatur. Juga menggunakan benda yang mudah meleleh atau membeku jika dipanaskan/didinginkan, seperti es batu, dan lilin/plastisin. Alat lainnya seperti pemantik api, kompor, dan termometer.
- Selanjutnya panaskan benda-benda yang mudah meleleh tersebut (es batu dan/ atau lilin/ plastisin).
- Ukur suhunya setiap waktu
- Amati perubahan yang terjadi.

Tugas 1:

- (a) Buatlah tahapan-tahapan penelitian untuk menunjukkan hubungan antara kalor dengan perubahan suhu/temperatur, dan perubahan wujud benda.
- (b) Buatlah kesimpulan dari hasil penelitian tersebut tentang hubungan antara kalor dengan suhu dan perubahan wujud benda.

Keterangan:

Ada hubungan yang tak terpisahkan antara kalor (atau panas) dengan suhu (temperatur), dan perubahan wujud benda. Kalor menyebabkan partikel-partikel pada suatu benda selalu bergerak. Makin banyak kalor, makin cepat gerakan partikel-partikel tersebut, menyebabkan benda mengembang. Pada saat yang bersamaan, bertambahnya kalor juga dapat meningkatkan suhu/temperatur benda, karena pada dasarnya kalor adalah panas. Benda yang mengembang akibat kalor pada saatnya akan terbentur batas maksimum benda boleh mengembang, karena adanya ikatan antarpartikel yang membatasi gerakan partikel. Selanjutnya ikatan antarpartikel tersebut akan lepas dan benda mengalami proses perubahan wujud (dari padat ke cair, cair ke gas). Begitu juga terjadi pada proses sebaliknya, dimana berkurangnya kalor menyebabkan turunnya suhu dan juga perubahan wujud benda (dari cair ke padat, gas ke cair).



Gambar 2. Ikatan molekul makin bebas saat benda berubah wujud menjadi cair dan gas

B. Azas Black

Kalor, begitu juga suhu mempunyai sifat yang selalu mengalir dari tempat yang suhunya tinggi (potensi kalor tinggi) ke tempat yang suhunya rendah (potensi kalor rendah). Proses mengalirnya kalor ini berlangsung sampai terjadi keseimbangan, dimana nilai suhu merata di berbagai tempat. Hal inilah yang disebut sebagai Azas Black.

Penugasan 2 : Azas Black

Langkah Kegiatan

- Kegiatan belajar untuk memahami Azas Black bisa menggunakan es batu yang dicelupkan di dalam air panas.
- Kemudian amati saat yang tepat terjadinya keseimbangan suhu di dalam air tersebut
- Menghitung perubahan suhu yang terjadi di dalam air tersebut.

Tugas 2

- Ukurlah berat dan suhu seongkah es batu dan segelas air panas. Kemudian celupkan es batu tersebut ke dalam air panas tersebut. Tentukan saat yang tepat terjadinya keseimbangan kalor (suhu tidak lagi mengalami perubahan) dan berapa nilai suhu tersebut?
- Sebutkan beberapa contoh penerapan Azas Black dalam kehidupan sehari-hari!

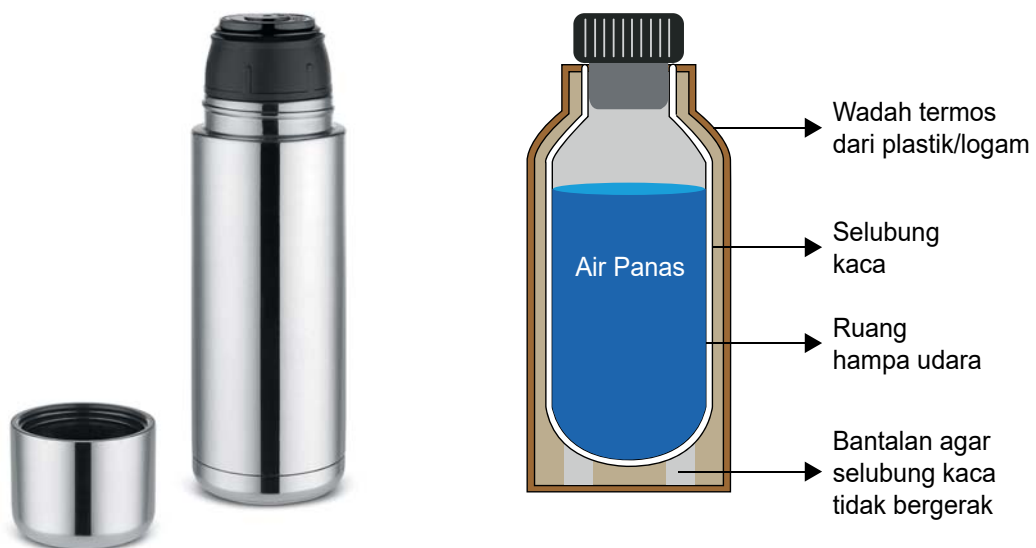
Keterangan:

Azas Black menyatakan adanya keseimbangan kalor dalam suatu sistem. Di dalam suatu sistem sering terjadi terdapat beberapa benda dengan suhu yang berbeda. Misalnya di dalam gelas

berisi air hangat, terdapat beberapa butir es batu. Padahal kalor selalu mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya rendah. Aliran kalor terhenti setelah terjadi keseimbangan kalor, dimana tidak ada lagi perubahan suhu dari tempat satu ke tempat lain.

Pada permukaan bumi terdapat berbagai tempat dengan perubahan suhu yang ekstrim. Contohnya di daerah tropis, suhunya bisa mencapai di atas 30°C, sementara di daerah kutub suhunya di bawah 0°C. akibatnya aliran panas/ kalor selalu terjadi di permukaan bumi.

Beberapa cara dilakukan untuk mengurangi aliran kalor, misalnya penggunaan termos agar makanan tetap hangat. Termos menggunakan isolator atau bahan penghantar panas yang buruk, seperti kardus, plastik, dan lainnya. Bahan isolator ini menutupi (mengisolasi) sistem di dalam termos sehingga tidak terpengaruh dengan aliran kalor di lingkungan luar. Akibatnya suhu di dalam sistem cenderung tidak berubah. Makanan menjadi tetap hangat di dalamnya. Hal ini juga berlaku untuk minuman dingin akan cenderung tetap dingin tanpa pengaruh panas dari lingkungan luar.



sumber: connox.com

Gambar 3. Termos

Terjadinya perubahan suhu pada suatu benda akibat adanya aliran kalor, bergantung pada beberapa faktor. Salah satunya adalah jenis benda tersebut. Misalnya tembaga lebih cepat terjadi perubahan suhu akibat kalor, dibandingkan aluminium. Setiap jenis benda mempunyai nilai tertentu mengenai kecepatan perubahan suhu jika dialiri kalor. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu jenis benda persatuan massa (atau berat) sebesar 1 derajat disebut sebagai **kalor jenis** benda tersebut.

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T}$$

dimana c = kalor jenis bahan,
 m = massa (atau berat),
 ΔQ = perubahan kalor yang terjadi,
 ΔT = perubahan suhu.

(tanda Δ merupakan gambaran adanya perubahan dari kondisi pertama ke kondisi ke-2, misalnya ΔQ artinya kalor pada saat kondisi pertama sebelum terjadi pemanasan berubah menjadi kalor kondisi ke-2 setelah pemanasan $Q_2 - Q_1$).

Misalnya kalor jenis tembaga diketahui $c = 0,093 \text{ kal/g. } ^\circ\text{C}$, sementara aluminium $c = 0,21 \text{ kal/g. } ^\circ\text{C}$. Berdasarkan nilai kalor jenisnya bisa ditebak bahwa tembaga lebih mudah berubah suhunya dibanding aluminium dalam kondisi berat dan aliran kalor yang sama.

Berikut ini tabel nilai kalor jenis beberapa benda:

Tabel 1 Jenis Kalor Beberapa Benda

No	Jenis Benda	c (kal/gram. $^\circ\text{C}$)
1	Air	1
2	Aluminium	0,21
3	Tembaga	0,093
4	Minyak	0,37
5	Kaca	0,2
6	Platina	0,032
7	Asbes	0,2

Di samping itu ada istilah kapasitas kalor (bisa juga disebut kapasitas panas) suatu benda. Kapasitas panas suatu benda merupakan banyaknya kalor yang diperlukan agar suhu benda naik 1 derajat (dihitung sebagai keseluruhan berat benda secara utuh). Dapat ditulis sebagai

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

Dimana mc = kapasitas panas benda yang berkalor jenis c dan seberat m , ΔQ = perubahan kalor, ΔT = perubahan suhu.

Contoh soal 1:

Berapa kapasitas kalor suatu kaleng makanan yang terbuat dari bahan aluminium, jika diketahui berat kaleng makanan tersebut $m = 20 \text{ g}$? (c aluminium = $0,21 \text{ kal/g. } ^\circ\text{C}$)

Jawab: Kapasitas kalor = $m.c = 20 \text{ g} \times 0,21 \text{ kal/g. } ^\circ\text{C} = 4,2 \text{ kal/}^\circ\text{C}$

Jadi butuh kalor sebesar 4,2 kalori untuk menaikkan suhu kaleng makanan tersebut sebesar 1 derajat skala celcius.

Benda sejenis air, disamping mempunyai nilai kalor jenis, juga mempunyai nilai kalor lebur dan kalor uap. Sebagai informasi tambahan, bahwa semua benda pada saat berubah wujud suhunya tetap, namun terjadi perubahan kalor yang menyebabkan benda berubah wujud. Misalnya es melebur menjadi air pada saat suhunya 0°C dengan jumlah kalori sebesar 80 kal/g. Sementara itu kalor uap adalah jumlah kalor yang dibutuhkan agar suatu benda berubah wujud dari cair menjadi uap. Kalor uap air pada suhu 100°C sebesar 540 kal/g. Selanjutnya mari kita hitung nilai keseimbangan suhu dari dua benda dengan suhu yang berbeda.

Contoh soal 2:

Suatu es batu seberat $m_{\text{es}} = 80\text{g}$ dicelupkan ke dalam air seberat $m_{\text{air}} = 300\text{g}$ dalam suhu 30°C . Berapa suhu pada saat terjadi keseimbangan?

Diketahui : suhu es $t_{\text{es}} = 0^{\circ}\text{C}$,
 suhu air $t_{\text{air}} = 30^{\circ}\text{C}$,
 massa/ berat es $m_{\text{es}} = 80\text{g}$,
 massa/ berat air $m_{\text{air}} = 300\text{g}$,
 kalor jenis $c_{\text{air}} = 1 \text{ kal/g. }^{\circ}\text{C}$,
 kalor lebur $H_L = 80 \text{ kal/g}$

Ditanya : Berapa suhu keseimbangan t_k jika diasumsikan pengaruh di luar sistem diabaikan?

Jawab :

Kalor yang mengalir dari air ke es = kalor yang diterima es dari air

$$\Leftrightarrow m_{\text{air}} c \Delta T = m_{\text{es}} H_L + m_{\text{es}} c \Delta T$$

$$\Leftrightarrow m_{\text{air}} c (t_{\text{air}} - t_k) = m_{\text{es}} H_L + m_{\text{es}} c (t_k - t_{\text{es}})$$

$$\Leftrightarrow 300 \times 1 \times (30 - t_k) = (80 \times 80) + (80 \times 1 \times (t_k - 0))$$

$$\Leftrightarrow 9000 - 300t_k = 6400 + 80t_k$$

$$\Leftrightarrow 380t_k = 2600$$

$$\Leftrightarrow t_k = 6,8^{\circ}\text{C}$$

Perhatikan!

Nilai suhu keseimbangan t_k tidak mungkin di bawah suhu es 0°C . Karena suhu es dan air setelah dicampur harus di atas 0°C . Oleh karena itu membutuhkan air dalam jumlah memadai untuk mencairkan es. Diketahui bahwa es seberat 1 g membutuhkan kalor sebanyak 80 kalori agar bisa mencair seluruhnya, sementara suhunya tetap tidak bertambah yaitu 0°C .

Apa yang terjadi jika jumlah air tidak mencukupi untuk mencairkan es seluruhnya?

Suhu keseimbangan di dalam sistem adalah 0°C menyesuaikan dengan suhu es.

Agar es batu tersebut bisa mencair sepenuhnya, maka air perlu ditambah dan atau suhu air harus dinaikkan.

Contoh soal 3:

Berapa suhu keseimbangan dalam suatu sistem yang terdiri dari es bermassa 100g dicampur dengan air bermassa 400g dan bersuhu 28°C?

Diketahui : suhu es $t_{es} = 0^{\circ}\text{C}$,
suhu air $t_{air} = 28^{\circ}\text{C}$,
massa/ berat es $m_{es} = 100\text{g}$
massa/berat air $m_{air} = 400\text{g}$
kalor jenis $c_{air} = 1 \text{ kal/g. }^{\circ}\text{C}$,
kalor lebur $HL = 80 \text{ kal/g}$

Ditanya : Berapa suhu keseimbangan t_k jika diasumsikan pengaruh di luar sistem diabaikan?

Jawab :

Kalor yang mengalir dari air ke es = kalor yang diterima es dari air

$$\Leftrightarrow m_{air} c \Delta T = m_{es} HL + m_{es} c \Delta T$$

$$\Leftrightarrow m_{air} c (t_{air} - t_k) = m_{es} HL + m_{es} c (t_k - t_{es})$$

$$\Leftrightarrow 400 \times 1 \times (28 - t_k) = (100 \times 80) + (100 \times 1 \times (t_k - 0))$$

$$\Leftrightarrow 11200 - 200t_k = 8000 + 100t_k$$

$$\Leftrightarrow 300t_k = 3200$$

$$\Leftrightarrow t_k = 10,7^{\circ}\text{C}$$

jadi suhu keseimbangan hasil campuran air dengan es tersebut adalah $10,7^{\circ}\text{C}$.

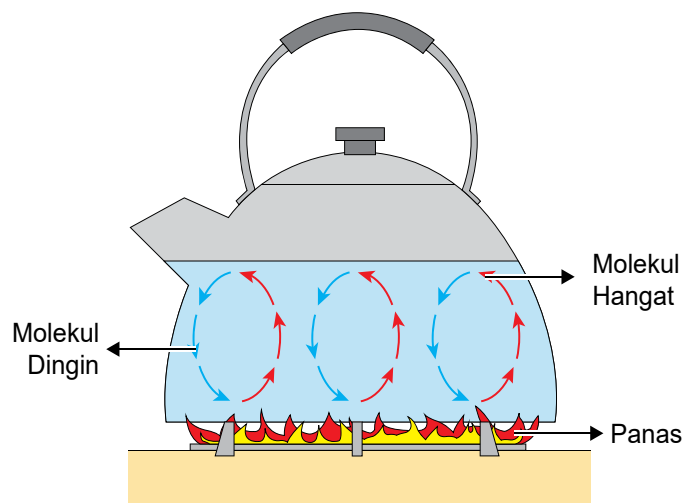


C. Perubahan Wujud

Setiap zat dapat berubah menjadi 3 wujud, yaitu wujud padat, cair, dan gas. Pada keadaan padat, partikel zat tersebut sangat rapat terikat kuat satu dengan lainnya hingga partikel tersebut sulit bergerak. Akibatnya pada keadaan padat, benda bersifat kaku dan tidak mudah berubah bentuk.

Dalam keadaan cair, partikel zat tersebut agak bebas bergerak, hingga zat cair mudah berubah bentuk. Walaupun begitu masih ada ikatan di antara partikel yang menyebabkan zat cair masih cenderung menyatu.

Dalam keadaan gas, partikel zat sangat bebas bergerak di dalam ruang. Partikel gas tidak terikat satu dengan lainnya dan sangat bebas. Akibatnya partikel gas sering tidak menyatu dan hanya berupa partikel yang sulit dilihat oleh mata manusia.



sumber: encyclopediabritannica,inc

Gambar 4. Air di dalam panci dipanaskan dengan tutup panci di atasnya

Penugasan 3 :

Menyelidiki Perubahan Wujud Zat

Langkah Kegiatan

- Amati dua jenis benda yaitu air dan es batu.
- Taruh kedua jenis benda tersebut di terik matahari (atau di dalam panci yang dihangatkan).
- Amati perubahan yang terjadi pada benda tersebut setelah beberapa saat dan catat yang terjadi.
- Buatlah hasil kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan.

Penugasan 4 : Menyelidiki Perubahan Wujud Zat (lanjutan)

Langkah Kegiatan

- Selanjutnya panaskan air di dalam panci tersebut.
- Taruhlah tutup panci dalam jarak aman di atas panci (sekitar 50 cm dari bibir panci). Amati pada tutup panci adanya butir-butir air seolah-olah air berpindah tempat dari dalam panci ke tutup panci.
- Buatlah kesimpulan mengapa butir air bisa berpindah tempat dari panci ke tutup panci yang mempunyai jarak dari panci?

Tugas 3 :

- (a) Apa yang menyebabkan es batu tersebut mencair?
- (b) Apa yang menyebabkan butir-butir air berpindah dari panci ke tutup panci?
- (c) Buatlah kesimpulan yang menyebabkan perubahan wujud dari es → menjadi air → menjadi uap air berdasarkan hasil pengamatan terhadap wujud benda.



D. Pemuaian

Di samping terjadinya perubahan wujud, kalor juga berpengaruh terhadap terjadinya pemuaian pada berbagai benda. Besarnya pemuaian benda akibat pengaruh kalor, pada umumnya, tidak sama antarjenis benda yang satu dengan lainnya. Setiap jenis benda mempunyai koefisien muai yang nilainya berbeda-beda. Bahkan pada benda cair, pada umumnya, nilai koefisien muai lebih besar daripada benda padat, karena benda cair lebih cepat memuai daripada benda padat. Begitu juga benda gas lebih cepat memuai daripada benda cairnya.

Kecepatan muai benda padat, cair, dan gas, berkaitan erat dengan karakteristik susunan partikel benda padat, cair, dan gas, dimana partikel-partikel gas lebih bebas daripada partikel benda cair. Begitu juga partikel-partikel benda cair lebih bebas daripada partikel-partikel benda padat. Akibatnya partikel-partikel yang lebih bebas, lebih mudah dipengaruhi perubahan kalor.

Kegiatan belajar bisa dilakukan dengan mengamati berbagai jenis benda-benda di sekitar, seperti kayu, plastik, aluminium, baja, kaca, dan lainnya, serta meramalkan mana yang paling cepat memuai dan yang paling lambat.

Tugas 4:

- Kumpulkan berbagai jenis benda di sekitar dan tentukan jenis benda yang paling cepat memuai dan yang paling lambat.
- Buktikan kebenaran pilihan anda mengenai jenis benda yang cepat memuai dan yang lambat memuai, melalui percobaan (atau melalui informasi dari literatur atau sumber lain yang dapat dipercaya).
- Bagaimana cara melepaskan 2 gelas yang berimpitan?

Keterangan:

Berbagai benda selalu memuai jika dialiri kalor atau panas. Adanya aliran kalor/panas menyebabkan suhu benda meningkat. Kecepatan muai suatu jenis benda ditentukan oleh nilai koefisien muai. Pada benda padat dimana bentuk dan volumenya selalu tetap (tidak berubah), maka pengukuran koefisien muai bisa dilakukan hanya berdasarkan perubahan panjang benda tersebut. Nilai koefisien yang dihasilkan dinyatakan sebagai koefisien muai panjang. [^]

Pada benda cair dimana bentuknya selalu berubah bergantung pada wadah/ tempat zat cair tersebut, sulit mengukur hanya pada perubahan panjang akibat pemuaian. Oleh karena itu pengukuran koefisien muai berdasarkan perubahan volum yang terjadi. Nilai koefisien yang dinyatakan sebagai koefisien muai volum. Bagaimana dengan gas?

Gas mempunyai sifat bentuk dan volumenya selalu berubah bergantung pada ruang yang ditempatinya. Oleh karena itu tidak mungkin mengukur muai gas hanya berdasarkan perubahan panjang ataupun volum. Biasanya pengukuran muai didasarkan perubahan suhu terhadap perubahan tekanan P dengan asumsi volumenya tetap berdasarkan ruang yang ditempatinya. Dengan anggapan kondisi gas ideal di mana tekanan P berbanding terbalik dengan volum V (atau $P \times V = \text{konstan}$), maka volumenya bisa dihitung untuk mengetahui pemuaian yang terjadi jika tekanan P konstan (tidak berubah).

Walaupun cukup sulit mengukur (dan menghitung) pemuaian yang terjadi pada benda gas, di antara berbagai jenis gas mudah bercampur menjadi satu kesatuan yang sulit dibedakan, seperti udara. Udara terdiri dari berbagai jenis gas, seperti oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan berbagai jenis lainnya. Karena sifat gas yang mudah bercampur dan sulit dibedakan satu dengan lainnya, maka nilai koefisien muai gas diwakili 1 jenis gas saja, yaitu udara. Pemuaian yang terjadi berbanding lurus dengan kenaikan suhu mutlak (suhu mutlak dalam satuan Kelvin dimana $0^\circ\text{C} = 273 \text{ Kelvin}$) dimana setiap kenaikan suhu sebesar 1 derajat skala Celcius sebanding dengan bertambahnya volum udara sebesar $1/273$ pada tekanan yang dianggap konstan (tidak berubah).

Tetapan koefisien muai panjang dinyatakan dengan simbol Yunani α (dibaca alpha) merupakan perbandingan selisih panjang benda sesudah dan sebelum pemuaian, dengan panjang mula-mula (sebelum pemuaian), persatuan derajat suhu, dirumuskan sebagai

$$\alpha = \frac{L_t - L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$

dimana α = koefisien muai panjang, ΔL = perubahan panjang (selisih panjang setelah dan sebelum pemuaian), L_t = panjang setelah pemuaian, L_0 = panjang mula-mula (sebelum pemuaian), ΔT = perubahan suhu.

Contoh soal 4:

Sepotong tembaga yang panjang mula-mula $L_0 = 1 \text{ m}$ dipanaskan hingga terjadi kenaikan suhu 3 derajat skala celcius. Setelah diukur dengan cermat panjang batang berubah menjadi $L_t = 1,00005 \text{ m}$. Berapa nilai koefisien muai panjang untuk tembaga?

Jawab:

$$\alpha = \frac{L_t - L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{1,00005 - 1}{1 \times 3^\circ\text{C}} = \frac{0,00005}{3} = 0,000017/^\circ\text{C} \text{ atau } 1,7 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

Kenyataannya sekarang kita sudah mengetahui beberapa nilai koefisien muai panjang dari beberapa jenis benda (padat) hasil pengukuran sebelumnya yang sudah dilakukan, sebagai berikut. Bisa dilihat dari tabel tersebut bahwa jenis benda aluminium lebih cepat memuai dibanding jenis benda lainnya, seperti kuningan, tembaga, baja, besi, dan kaca. Sementara kaca kelihatannya paling lambat memuai dibanding lainnya.

Tabel 2 Nilai Koefisien Muai Panjang Beberapa Jenis Benda

No	Jenis Benda	α (°C ⁻¹)
1	Tembaga	0,000017
2	Kuningan	0,000019
3	Baja	0,000011
4	Besi	0,000010
5	Aluminium	0,000022
6	Emas	0,0000143
7	Kaca	0,000009

Tetapan muai volum dinyatakan dengan simbol β (dibaca beta) merupakan perbandingan perubahan panjang yang terjadi akibat pemanasan (pemuai) persatuan derajat suhu, dirumuskan sebagai

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 \cdot \Delta T} = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$$

Contoh soal 5:

Air raksa adalah zat cair yang mudah memuai, dipanaskan hingga suhunya naik 40 skala derajat celcius. Setelah diukur dengan cermat, volumenya bertambah menjadi 1,00072 cm³ dari volum awal $V_0 = 1$ cm³. Berapa nilai koefisien muai volum air raksa tersebut?

Jawab:

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 \cdot \Delta T} = \frac{1,00072 - 1}{1 \times 4^\circ\text{C}} = \frac{0,00072}{4} = 0,00018/^\circ\text{C}$$

Nilai koefisien muai volum dan muai panjang begitu kecil hingga kita butuh ketelitian tinggi untuk mengukurnya. Namun kita beruntung karena nilai-nilai tersebut sudah ada yang mengukurnya dan kita tinggal menggunakan data-data tersebut. Berikut nilai koefisien muai volum untuk beberapa jenis benda (cair).

Tabel 3 Nilai Koefisien Muai Volum Beberapa Jenis Zat Cair

No	Jenis Benda	β (°C ⁻¹)
1	Air	0,00021
2	Air raksa	0,00018
3	Terpentin	0,00097
4	Alkohol	0,00110
5	Benzene	0,00095
6	Gliserin	0,00050

Tampak bahwa nilai koefisien muai volum secara umum relatif lebih tinggi dibanding nilai koefisien muai panjang. Hal ini menunjukkan bahwa benda cair lebih cepat memuai daripada benda padat.

Pada beberapa kasus khususnya untuk benda padat, nilai koefisien muai panjang bisa dikonversikan menjadi nilai koefisien muai luas dan muai volum. Caranya dengan menghitung

pemuaian dari berbagai sisi (panjang, lebar, dan tinggi/ tebal). Untuk muai luas, maka dihitung berdasarkan panjang x lebar. Jika diketahui

$$L_t = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T) \text{ , maka panjang x lebar } \approx L_t^2 = L_0^2 (1 + \alpha \cdot \Delta T)^2$$

$$\Leftrightarrow L_t^2 = L_0^2 (1 + 2 \alpha \cdot \Delta T + \alpha^2 \cdot \Delta T^2)$$

karena diketahui nilai α sangat kecil, maka $\alpha^2 \rightarrow 0$

selanjutnya

$$L_t^2 = L_0^2 (1 + 2 \alpha \cdot \Delta T)$$

Jadi koefisien muai luas $\approx 2 \alpha$

Dengan cara yang sama bisa dicari atau dibuktikan hubungan antara koefisien muai volum β dengan koefisien panjang α sebagai $\beta \approx 3 \alpha$.

Pemuaian pada gas berlangsung lebih cepat daripada zat cair dan juga zat padat. Hal ini akibat partikel gas lebih bebas bergerak dan juga bebas dari berbagai ikatan antarpartikel seperti zat cair, apalagi zat padat.

Di samping itu koefisien muai gas bisa diwakili dari sifat udara secara umum. Hal ini karena udara terdiri dari berbagai jenis gas, seperti oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan lainnya. Pengaruh yang paling nyata akibat perubahan suhu terhadap gas adalah perubahan tekanan dan perubahan volum, dan bisa dirumuskan sebagai

$$\gamma = \frac{V_t - V_0}{V_0 \cdot \Delta T} = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T} \dots (1) \text{ atau } \gamma = \frac{P_t - P_0}{P_0 \cdot \Delta T} = \frac{\Delta P}{P_0 \cdot \Delta T} \dots (2)$$

Dimana nilai γ setara dengan $1/273$ dan ΔT merupakan perubahan suhu dengan menggunakan skala Celcius atau Kelvin.

Perhatikan bahwa dalam menggunakan rumusan tersebut, hanya berlaku jika tekanan konstan, atau volum konstan. Jika tekanan P konstan, maka gunakan rumus pertama. Begitu juga jika volum konstan gunakan rumus kedua.

Contoh soal 6:

Dalam suatu panci presto, suhu awal 30°C dipanaskan hingga mencapai suhu 100°C . Seandainya panci presto itu bisa mengembang dan tekanan di dalamnya dianggap konstan, berapa kali pembesaran volum yang terjadi pada panci tersebut?

Jawab:

$$\text{Perbesaran Volum} = \frac{V_t}{V_0} = \frac{V_0 \left(1 + \frac{100 - 30}{273}\right)}{V_0} \approx 1\frac{1}{4} \text{ kali}$$

Pada kenyataannya panci presto biasanya sudah dirancang untuk tidak mudah memuai. Yang memuai hanya bahan logam pada panci tersebut dan pemuaian pada zat padat sangat kecil. Oleh karena itu volum gas/ udara di dalam panci cenderung konstan (tetap), dan tidak terjadi pemuaian. Yang bertambah adalah tekanan P .

Tampak bahwa pemuaian gas sangat bergantung pada lingkungan atau ruang tempat gas tersebut. Jika ruangan di sekitarnya bersifat statis atau tidak bisa berubah, maka pemanasan tidak menyebabkan terjadinya pemuaian pada gas (volumnya tetap), tetapi tekanan P pada ruang tersebut yang bertambah. Bagaimana jika dinding ruang tempat gas tersebut dari bahan elastis, seperti balon atau ban?

Pada ruangan dengan dinding elastis, pemanasan terhadap gas di dalamnya bisa menyebabkan volum V dan tekanan P bertambah. Akibatnya rumus ke-1 dan ke-2 di atas tidak bisa digunakan untuk menghitung perbedaan volum V dan tekanan P . Menurut Hukum Boyle $P.V = \text{konstanta } C$, untuk suhu T tidak berubah. Jika suhu T ditingkatkan (akibat adanya pemanasan), maka nilai konstanta C juga meningkat.



sumber: dropjual.co

Gambar 5. Panci presto

LATIHAN

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Hubungan antara kalor dengan suhu, adalah ...
 - A. Jika kalor berkurang suhu meningkat
 - B. Jika kalor bertambah suhu meningkat
 - C. Jika kalor bertambah suhu menjadi turun
 - D. Kalor bertambah atau berkurang, suhu tetap
2. Hubungan antara kalor dengan wujud benda, adalah ...
 - A. Kalor berkurang, wujud benda cair menjadi padat
 - B. Kalor berkurang, wujud benda padat menjadi cair
 - C. Kalor bertambah, wujud benda padat tetap
 - D. Kalor bertambah, wujud benda cair tetap
3. Prinsip Azas Black menyatakan bahwa ...
 - A. Kalor selalu mengalir ke segala arah
 - B. Benda panas mengalir ke benda dingin
 - C. Kalor yang dilepas benda panas = kalor yang diterima benda dingin
 - D. Benda panas mempunyai kalor yang sama besar dengan benda dingin
4. Air dingin yang suhunya 4°C dicampur dengan air hangat bersuhu 64°C dan bermassa 2 kali massa air dingin. Suhu air setelah keadaan seimbang adalah ...
 - A. 74°C
 - B. 64°C
 - C. 54°C
 - D. 44°C
5. Sebungkah es seberat 100g hendak dicairkan hingga suhunya mencapai 20°C , dengan cara dicampurkan air bersuhu kamar (30°C). Banyaknya air yang diperlukan ...
 - A. 10 g
 - B. 100 g
 - C. 1000 g
 - D. 10 000 g

6. Perubahan wujud terjadi akibat dari partikel-partikel benda tersebut berubah dalam hal ...
- A. Bentuknya
 - B. Gerakannya
 - C. Beratnya
 - D. Volumnya
7. Jika suatu benda dipanaskan, maka partikel-partikel benda tersebut akan ...
- A. Bergerak lebih bebas
 - B. Beratnya bertambah
 - C. Bentuknya berubah
 - D. Volumnya bertambah
8. Selain daripada suhu dan adanya kalor, perubahan wujud juga terjadi akibat adanya perubahan ...
- A. Tekanan
 - B. Massa
 - C. Berat
 - D. Bentuk
9. Yang paling cepat memuai diantara ketiga wujud benda di bawah ini adalah ...
- A. Padat
 - B. Cair
 - C. Gas
 - D. Tidak bisa dibedakan
10. Kabel listrik bahan tembaga sepanjang 100m diharapkan tidak terpengaruh oleh perbedaan suhu hingga $\Delta T = 10$ derajat skala Celcius. Berapa perbedaan panjang kabel tersebut seandainya terjadi perubahan suhu sebesar itu? ($\alpha = 0,000017$)
- A. 1,7 cm
 - B. 1,7 m
 - C. 17 cm
 - D. 17 m

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Perubahan kalor menyebabkan terjadinya perubahan ... dan ...
2. Prinsip azas Black bahwa kalor yang dikeluarkan sama dengan ...

3. Beberapa contoh perubahan wujud di sekitar, misalnya ...
4. Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan wujud, misalnya ...
5. Suatu termometer terdapat pipa kapiler dengan luas penampang $A = 1\text{mm}^2$ dihubungkan dengan tabung dengan ukuran volum 1cm^3 yang berisi air raksa ($\beta = 0,00018$). Jika pemuaian pada pipa dan tabung diabaikan, maka kenaikan tinggi air raksa pada pipa kapiler untuk setiap kenaikan suhu 1 derajat skala Celcius adalah ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa pengaruh perubahan kalopr terhadap suatu benda?
2. Apa yang dimaksud Azas Black?
3. Bagaimana terjadinya proses perubahan wujud pada benda?
4. Mengapa suhu dan tekanan dapat mempengaruhi peristiwa perubahan wujud?
5. Mengapa benda gas cenderung memuai lebih cepat daripada wujud benda lainnya?

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Kalor mempunyai pengaruh terhadap berbagai benda di sekitar, yaitu dapat menyebabkan terjadinya perubahan ...
 - A. Gaya dan tekanan
 - B. Massa dan berat benda
 - C. Suhu dan wujud benda
 - D. Volum dan bentuk benda
2. Hubungan antara kalor dengan perubahan wujud benda, yaitu ...
 - A. Jika jumlah kalor tetap, wujud benda bisa berubah
 - B. Jika jumlah kalor berubah, wujud benda selalu tetap
 - C. Jika jumlah kalor berubah, wujud benda bisa berubah
 - D. Jika jumlah kalor tetap, wujud benda bergantung pada bentuk

3. Pada dasarnya, Azas Black menyatakan tentang ...
- A. Kekekalan massa
 - B. Kekekalan energi
 - C. Keseimbangan gaya
 - D. Keseimbangan momen
4. Pada dasarnya, semua benda, pada saat mengalami perubahan wujud ...
- A. Massa dan suhunya tetap
 - B. Massa dan suhunya berubah
 - C. Massanya tetap, suhunya berubah
 - D. Massanya berubah, suhunya tetap
5. Sebungkah es seberat 10 g hendak dicairkan hingga suhunya mencapai 10°C . Jumlah air bersuhu 30°C yang dibutuhkan untuk mencairkan es tersebut adalah ...
- A. 45 g
 - B. 450 g
 - C. 4500 g
 - D. 45000 g
6. Air dingin bersuhu 5°C hendak dicampur dengan air panas bersuhu 65°C . Agar suhu campuran air tersebut mengalami keseimbangan pada suhu 35°C , maka perbandingan berat air dingin dengan air panas adalah ...
- A. 1 : 2
 - B. 1 : 1
 - C. 2 : 1
 - D. 3 : 1
7. Ikatan antarmolekul atau antaratom pada suatu benda akan cenderung putus jika ...
- A. Cukup banyak kalor yang mengalir pada benda
 - B. Terjadi pendinginan pada benda
 - C. Dichelupkan ke dalam air dingin
 - D. Benda mengalami penuaan
8. Perubahan wujud pada benda akan lebih mudah terjadi jika ...
- A. Permukaan benda diperhalus
 - B. Tekanan pada benda dikurangi
 - C. Benda berada di dalam air
 - D. Gaya gravitasi diperbesar

9. Benda berwujud gas lebih cepat memuai daripada benda cair dan juga benda padat jika dipanaskan, karena ...
- A. Gas tidak berasa dan berbau
 - B. Partikel gas lebih bebas bergerak
 - C. Berat gas jauh lebih ringan
 - D. Gas tidak tampak oleh mata kita
10. Pada logam bimetal terdapat 2 jenis batang logam, yaitu tembaga dengan nilai koefisien muai panjang $\alpha = 0,000017$ dan aluminium dengan nilai $\alpha = 0,000022$ yang masing-masing menempel membentuk 2 lapisan logam. Jika kedua logam dipanaskan, maka logam bimetal tersebut akan ...
- A. Memuai lurus sejajar
 - B. Membengkok secara sejajar
 - C. Membengkok dengan lapisan logam tembaga berada di bagian luar
 - D. Membengkok dengan lapisan logam aluminium berada di bagian luar

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Kalor selalu mempunyai hubungan dengan suhu dan perubahan wujud benda, karena ...
2. Pada prinsipnya, Azas Black menyatakan bahwa setiap suatu interaksi antara benda yang berbeda suhunya, maka akan terjadi ...
3. Proses perubahan wujud terjadi akibat adanya perubahan pada struktur ikatan molekul atau atom dimana makin besar pengaruh kalor, makin ...
4. Perubahan wujud pada benda juga bergantung pada tekanan, dimana makin tinggi tekanan, perubahan wujud semakin ...
5. Benda berwujud cair tidak bisa diukur saat proses pemuain dengan menggunakan koefisien muai panjang α , karena ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Bagaimana kalor berpengaruh terhadap perubahan wujud benda?
2. Bagaimana sifat-sifat kalor menjadi dasar bagi perumusan Azas Black?
3. Apa hubungan antara perubahan ikatan molekul/ atom dengan perubahan wujud?
4. Apa saja faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perubahan wujud?
5. Mengapa logam pada umumnya lebih cepat memuai jika dibandingkan dengan benda non logam, seperti kayu, plastik, dan lainnya?

UNIT 2

GAS DALAM PENGARUH TEKANAN DAN PANAS



sumber: newatlas.com

Gambar 6. Permukaan bumi sebagian besar terdiri dari partikel gas yang selalu bergerak dalam pengaruh tekanan atmosfer dan panas dari sinar matahari

Benda berwujud gas sangat terpengaruh oleh adanya perubahan panas/ kalor. Sementara itu, perubahan panas/kalor sangat dipengaruhi oleh adanya perpindahan panas/kalor. Tanpa adanya perpindahan panas/kalor, maka tidak mungkin terjadi perubahan suhu, kecuali pada sumber panas. Tidak ada perubahan suhu, tidak akan ada perubahan wujud benda. Terjadi kondisi alam yang statis (tidak berubah). Ini berarti tidak ada perubahan cuaca, tidak ada hujan, dan salju. Bahkan bumi akan sangat dingin karena matahari tidak mampu menyalurkan panas ke permukaan bumi. Kita patut bersyukur kepada Sang Pencipta Tuhan karena berkat adanya perpindahan panas/kalor, maka permukaan bumi menjadi jauh lebih hangat.

Apa yang dimaksud dengan perpindahan panas/kalor?

Perpindahan kalor berhubungan dengan bagaimana cara kalor mengalir, termasuk juga sifat benda/ bahan di sekitar dalam menerima kalor. Perpindahan kalor terbagi menjadi 3 jenis, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Konduksi merupakan perpindahan kalor yang mengalir melalui benda/ bahan yang diam (tidak ikut berpindah tempat). Contohnya pada benda konduktor yang sering berhubungan dengan panas, seperti sendok, garpu, panci, ketel, serok dan contoh lainnya.

Konveksi merupakan perpindahan kalor pada benda/bahan yang ikut berpindah, seperti angin dan air. Radiasi merupakan peristiwa perpindahan kalor melalui gelombang elektromagnetik, seperti cahaya matahari, lampu ataupun cahaya dari api.

Pada peristiwa perpindahan kalor yang terjadi secara konduksi dan konveksi, kalor mengalir dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Pada peristiwa radiasi, energi kalor terpancar ke segala arah tanpa media penghantar..

Peristiwa perpindahan kalor sangat nyata dalam kehidupan sehari-hari, terutama pada kondisi dimana melibatkan kalor atau panas, seperti memasak, sistem kerja mesin, saluran udara/ air di perumahan/ gedung, termasuk sistem pada tubuh kita yang mampu menyalurkan energi kalor ke seluruh tubuh.



A. Jenis Perpindahan Kalor

Kita bisa mempersiapkan beberapa bahan konduktor seperti sendok – garpu dan panci untuk percobaan konduksi. Juga air berisi serpihan kertas berwarna untuk melihat (mengamati) aliran air ketika dipanaskan. Bisa juga dengan mengamati suatu asap pembakaran (kemana arah asap mengalir). Untuk percobaan radiasi, bisa menggunakan lampu bohlam atau api (dari cahaya lilin).

Penugasan 5 : Percobaan Konduksi, Konveksi dan Radiasi

Langkah Kegiatan 1

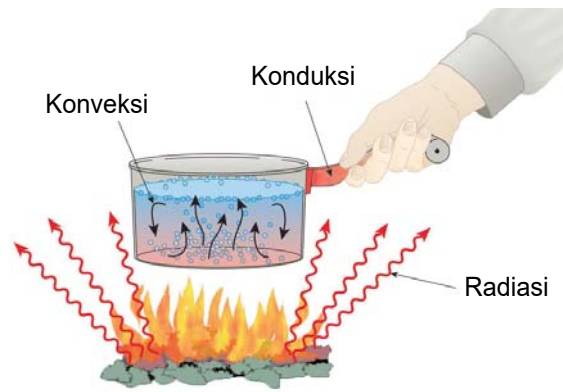
- Percobaan konduksi bisa dilakukan dengan memanaskan air di dalam panci
- Kemudian bandingkan suhu pada panci sebelum dan sesudah air dipanaskan.
- Selanjutnya peganglah ujung sendok logam, sementara ujung lainnya berada dalam air yang sedang dipanaskan di dalam panci
- Rasakan perbedaan suhu yang terjadi pada ujung yang dipegang.

Langkah Kegiatan 2

- Percobaan konveksi dengan cara mengamati pergerakan serpihan kertas di dalam air ketika air dipanaskan.
- Serpihan kertas yang bergerak menunjukkan adanya aliran kalor.
- Kita juga bisa melihat aliran kalor dari adanya gelembung-gelembung pada saat air dipanaskan.
- Pada peristiwa konveksi, aliran kalor bisa kelihatan karena benda yang dialiri kalor ikut bergerak ke mana arah kalor itu menuju, sementara pada peristiwa konduksi benda yang dialiri kalor tidak ikut bergerak.



Gambar 7. Suryakanta dapat membakar suatu benda



sumber: pinterest.com

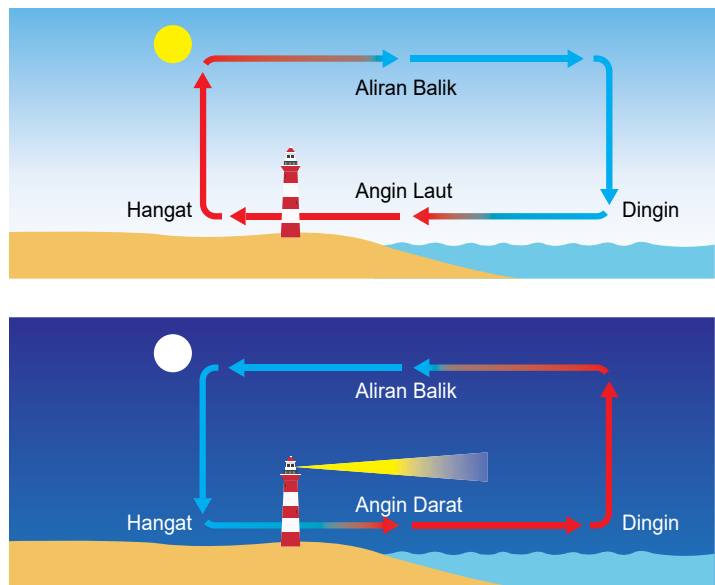
Gambar 8. Panci memanaskan masakan melalui proses konduksi, konveksi dan radiasi

- Peristiwa konveksi juga bisa diamati pada asap sisa pembakaran yang cenderung bergerak ke arah tertentu.

Langkah Kegiatan 3

- Pada peristiwa radiasi, bisa diamati cahaya matahari yang terasa hangat ketika mengenai kulit kita.
- Dengan cahaya pembesar (surya kanta), cahaya matahari ini bisa membakar suatu benda.

Peristiwa radiasi dengan intensitas yang jauh lebih rendah, kita bisa amati cahaya lampu bohlam atau dari api (contoh lilin, api unggun, dan lainnya). Pada proses perpindahan kalor dengan menggunakan api, tidak sepenuhnya terjadi radiasi, karena api membutuhkan oksigen dari udara agar bisa menyala. Akibatnya terjadi aliran udara yang menyalakan api dan timbul peristiwa konveksi melalui aliran udara.



sumber: buzzar-brandi.blogspot.com

Gambar 9. Aliran angin laut dan angin darat merupakan proses konveksi yang timbul akibat perubahan suhu



sumber: www.evergreenti.com

Gambar 10. Cahaya matahari menghasilkan panas melalui proses radiasi

Tugas 5:

- Berdasarkan pengalaman, tentukan bahan yang mudah menghantarkan kalor (konduktor panas) dan yang sulit menghantarkan kalor (isolator)
- Sebutkan contoh-contoh di sekitar yang menunjukkan peristiwa konveksi dan radiasi

Keterangan:

Peristiwa konduksi merupakan peristiwa mengalirnya kalor pada suatu benda penghantar, sementara benda penghantar dalam kondisi diam. Setiap jenis benda berbeda dalam sifat kehantaran panasnya. Ada yang baik sebagai penghantar panas (disebut konduktor) dan ada yang buruk (disebut isolator). Beberapa bahan yang baik sebagai konduktor biasanya digunakan sebagai alat memasak, seperti panci, wajan, dan lainnya. Sementara bahan lainnya yang bersifat sebagai isolator digunakan untuk menahan atau meredam panas, seperti kayu, plastik, dan lainnya (biasanya digunakan pada pegangan panci, wajan, serok, dan alat masak lainnya). Pada dasarnya, baik benda konduktor maupun isolator mempunyai kegunaan tertentu dalam hubungannya dengan perpindahan kalor. Bagaimana dengan bahan semi konduktor?

Bahan semi konduktor tidak bersifat sebagai konduktor, tapi juga bukan isolator. Bahan semi-konduktor, seperti silikon dan germanium, sangat berguna dalam dunia elektronika, karena merupakan bahan dasar pembuatan transistor dan IC (*integrated circuit*) sebagai komponen utama alat-alat elektronika, seperti radio, TV, dan lainnya.

Peristiwa konveksi merupakan peristiwa mengalirnya kalor pada benda yang ikut bergerak bersama dengan kalor, misalnya air dan udara. Air dan udara selalu mengalir sambil membawa kalor yang kebetulan 'numpang'. Kita mengenalnya sebagai arus air dan angin. Air juga mengalir akibat adanya perbedaan ketinggian, misalnya dari gunung ke pantai. Begitu juga udara juga bisa mengalir akibat adanya perbedaan tekanan, misalnya balon berisi udara yang kemudian udara di dalamnya dilepaskan. Namun secara umum timbulnya arus air dan angin akibat adanya perbedaan suhu antara tempat yang satu dengan lainnya yang menimbulkan kalor ikut mengalir. Peristiwa radiasi merupakan peristiwa perambatan kalor melalui gelombang elektromagnetik, misalnya cahaya. Oleh karena itu, pada peristiwa radiasi panas/ kalor, kalor merambat tanpa membutuhkan media berupa benda, seperti pada peristiwa konduksi dan konveksi. Juga tidak terpengaruh oleh adanya perubahan suhu, seperti peristiwa konduksi dan konveksi yang selalu mengalir dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Walaupun begitu radiasi panas yang merupakan gelombang cahaya, sangat dipengaruhi oleh warna, dimana diketahui warna hitam paling banyak menyerap radiasi panas, sementara warna putih memantulkan radiasi panas. Oleh karena itu disarankan pada waktu musim panas menggunakan pakaian berwarna cerah agar radiasi panas dari cahaya matahari dapat dipantulkan.



B. Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Perpindahan Kalor

Kegiatan pembelajaran melanjutkan dari kegiatan sebelumnya mengenai proses konduksi, konveksi, dan radiasi. Selanjutnya menentukan hubungan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap proses perpindahan kalor tersebut. Misalnya pada proses konduksi bisa dilihat atau diamati jenis bahan benda berpenghantar panas tersebut apakah berpengaruh terhadap kecepatan rambat kalor dengan cara membandingkan benda yang bersifat konduktor dengan yang bersifat sebagai isolator. Demikian juga panjang benda berpenghantar tersebut (bisa juga dilihat ketebalan panci waktu dipanaskan atau panjang sendok dari ujung ke ujung).

Pada proses konveksi juga bisa dilihat/ diamati jenis benda fluida tersebut (air, udara, dan contoh lainnya) mudah mengalir atau tidak. Pada benda fluida yang kental seperti oil, minyak goreng, proses konveksi cenderung berlangsung lebih lambat daripada fluida encer, seperti air terutama udara. Jadi kekentalan suatu bahan menentukan dalam proses konveksi.

Pada proses radiasi kelihatannya lebih ditentukan pada jenis gelombang cahaya yang dipancarkan. Di samping itu warna menentukan apakah radiasi panas bisa diserap atau dipantulkan.

Tugas 6:

- (a) Tentukan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap proses konduksi, konveksi, dan radiasi.
- (b) Tentukan satu faktor yang berpengaruh terhadap perpindahan kalor cara konduksi dan konveksi, tapi tidak berpengaruh pada proses radiasi

Keterangan:

Pada peristiwa konduksi, faktor-faktor yang berpengaruh adalah perubahan suhu (dari ujung ke ujung benda penghantar tersebut), tebal atau panjang lintasan kalor dari benda penghantar, luas penampang dimana kalor akan merambat, dan jenis bahan/benda menentukan kecepatan rambat kalor (disebut sebagai konduktivitas termal benda tersebut), atau dirumuskan sebagai

$$\Delta Q = k \cdot \Delta t \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Dimana ΔQ = perubahan kalor,

k = konduktivitas termal/panas benda tersebut,

$T_1 - T_2$ = perbedaan suhu dari ujung satu ke ujung lainnya,

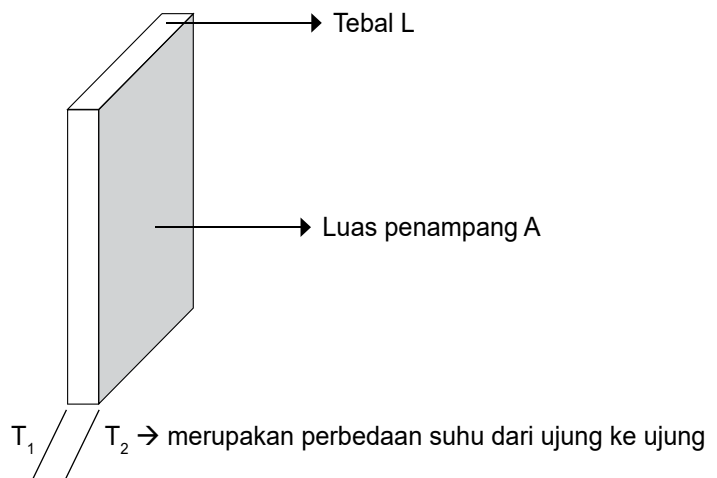
L = tebal/panjang lintasan perambatan kalor, dan

Δt = perubahan waktu. Sementara itu

$$\frac{T_1 - T_2}{L}, \text{ disebut juga sebagai gradien suhu}$$

Contoh soal 7:

Sekeping pelat besi setebal 6 cm dengan luas penampang $1,5 \text{ m}^2$. Sisi yang satu suhunya 250°C sedang sisi lainnya 30°C dan dijaga dalam keadaan konstan perbedaan suhu tersebut. Konduktivitas termal dari besi $k = 0,115 \text{ kal/det.cm.}^\circ\text{C}$. Berapa kalor yang berpindah melalui keping setiap detiknya?



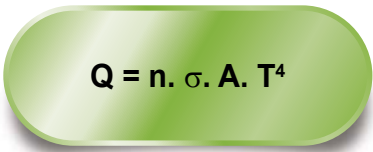
Gambar 11. Faktor-faktor perpindahan kalor cara konduksi

Jawab:

$$Q = k. A \frac{T_1 - T_2}{L} = 0,115 \times 15000 \times \frac{250 - 30}{6} = 63250 \text{ kalori per detik}$$

Pada peristiwa konveksi, faktor-faktor faktor-faktor yang mempengaruhi adalah perubahan suhu dari tempat yang satu ke tempat yang lain, jenis konduktivitas termal bahan, dan kekentalannya. Makin kental bahan fluida tersebut (seperti air dan udara), makin sulit terjadi proses konveksi dan hanya terjadi proses konduksi, jika bahan tersebut dipanaskan. Contoh proses konveksi terlihat pada sistem sirkulasi udara di rumah (atau di gedung). Bisa juga dilihat sistem pendingin pada mesin mobil, dan contoh lainnya.

Pada peristiwa radiasi, faktor-faktor yang mempengaruhi adalah suhu pada benda sumber radiasi, dan luas permukaannya. Warna juga berpengaruh terhadap pancaran dan serapan radiasi panas, dimana warna hitam mampu menyerap 100% pancaran radiasi panas. Begitu juga, warna hitam akan memancarkan kembali radiasi panas yang diserapnya. Oleh karena itu warna hitam mempunyai nilai koefisien $n = 1$. Sebaliknya warna putih tidak mampu menyerap radiasi dan nilai koefisiennya mendekati (hampir) nol. Bisa dirumuskan sebagai berikut:


$$Q = n . \sigma . A . T^4$$

Dimana Q = energi kalor yang dipancarkan per detik,

n = nilai koefisien yang bergantung pada warna (biasanya dianggap $n = 1$, karena yang memancarkan kalor dianggap benda berwarna hitam),

A = luas penampang benda yang memancarkan radiasi kalor,

σ = konstanta Stefan – Boltzmann (nilainya $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$), dan

T = suhu permukaan benda yang memancarkan radiasi kalor (dalam satuan Kelvin, dimana $t^\circ\text{C} = (t + 273) \text{ K}$).

Contoh soal 8:

Benda berbentuk bola dengan jari-jari $r = 10 \text{ cm}$ memiliki suhu 600 K dianggap sebagai benda hitam. Berapa energi radiasi yang dipancarkan per detik?

Jawab:

$$Q = n . \sigma . A . T^4 = 1 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times 4 \cdot \pi \cdot (0,1)^2 \times 600^4 = 0,5768 \text{ watt atau } 923,4 \text{ kal/det}$$

Dimana

1 kalori = 4,184 joule

1 watt = 1 joule/det

1 joule = 0,238 kalori



C. Peristiwa Perpindahan Kalor dalam Kehidupan Sehari-hari

Kegiatan pembelajaran dilakukan dengan mengamati lingkungan sekitar dan menentukan peristiwa terjadinya konduksi, konveksi, atau radiasi yang berhasil teramati. Selanjutnya menyusunnya dalam suatu tabel. Diskusikan hasil yang diperoleh dengan teman-teman sekitar dan dengan Tutor seandainya memungkinkan. Diskusikan juga alasan penggolongan suatu peristiwa perpindahan kalor sebagai cara konduksi, konveksi, atau radiasi.

Penugasan 6 : Menentukan Konduksi, Konveksi, dan Radiasi

Langkah Kegiatan

- Amati lingkungan sekitar yang berhubungan dengan energi
- Tentukan benda atau peristiwa yang berhubungan dengan energi
- Mendata benda/peristiwa yang berhubungan dengan energi
- Masukkan data tersebut ke dalam tabel di bawah ini
- Tentukan proses perpindahan energi yang terjadi sebagai konduksi, konveksi, dan atau radiasi
- Diskusikan hasilnya dengan teman-temanmu

Tabel 4 Klasifikasi Perpindahan Kalor

No	Peristiwa	Konduksi	Konveksi	Radiasi
1	Memanaskan air	v	v	
2	Pendingin ruangan		v	
3	Api kompor			
4	Api unggun			
5	Pemanas ruangan			
6				
7				
8				
9				

Tugas 7:

- (a) Buatlah tabel peristiwa perpindahan kalor di sekitar dan penggolongannya sebagai konduksi, konveksi dan radiasi.
- (b) Diskusikan dan tentukan kemungkinan suatu peristiwa perpindahan kalor bisa digolongkan sebagai lebih dari satu jenis perpindahan kalor (misalnya sebagai proses perpindahan cara konduksi sekaligus juga konveksi)
- (c) Rancanglah suatu ruangan dapur dimana proses konveksi aliran udara panas dari kompor dapat mengalir keluar dan diganti dengan udara baru yang lebih segar.

Keterangan:

Banyak sekali contoh peristiwa perpindahan kalor di lingkungan sekitar. Sumber kalor yang utama justru berasal dari radiasi cahaya matahari. Radiasi cahaya menyentuh permukaan bumi dan memanaskannya. Biasanya permukaan daratan lebih banyak menyerap radiasi panas daripada permukaan laut. Hal ini karena permukaan laut lebih berkilauan hingga cenderung lebih banyak memantulkan radiasi cahaya matahari tersebut daripada permukaan daratan yang cenderung kasar dan tidak rata. Sudut jatuh radiasi cahaya matahari juga menentukan banyaknya radiasi panas yang diserap dan ini menyebabkan daerah tropis lebih panas daripada daerah kutub. Perbedaan suhu di berbagai tempat di permukaan bumi tersebut menyebabkan terjadinya perpindahan kalor melalui proses konveksi, seperti aliran angin dan arus laut. Kombinasi antara radiasi panas dari cahaya matahari dan aliran konveksi udara dan air mempengaruhi iklim – cuaca di permukaan bumi.

Proses perpindahan kalor secara konduksi mudah sekali teramati pada peristiwa pemanasan dedngan menggunakan alat masak memasak dimana menggunakan bahan konduktor dan sekaligus isolator pada pegangan alat masak tersebut.



sumber: amazon.com

Gambar 12. Beberapa penerapan bahan konduktor dan isolator pada alat-alat rumah tangga, misalnya panci

Tugas 8:

Tentukan pada gambar panci di atas yang termasuk bahan konduktor dan isolator!



D. Beberapa Cara Mengurangi/Mencegah Perpindahan Kalor

Penugasan 7 : Menghambat Perpindahan Kalor

Langkah Kegiatan

- Kegiatan belajar dilakukan dengan mengamati beberapa alat di sekitarnya yang berfungsi menghambat aliran kalor, contohnya isolasi pada pegangan alat masak.
- Memperagakan cara menghambat aliran kalor, misalnya menggunakan sapu tangan ketika memegang alat pemanas agar terhindar dari aliran kalor dari alat tersebut.
- Memperagakan cara menghambat aliran konveksi, misalnya dengan menutup saluran udara/air.
- Mendiskusikan cara menghambat aliran konveksi pada kompor yang terbakar, misalnya ditutup dengan lap basah agar aliran udara tidak mengalir ke arah kompor.
- Memperagakan cara menghambat radiasi cahaya, misalnya menggunakan warna yang memantulkan cahaya.

Tugas 9:

- (a) Coba tunjukkan dan catat benda-benda di sekitar, beserta cara yang bisa menghambat aliran konduksi, konveksi dan radiasi.
- (b) Diskusikan kegunaan alat-alat dan/atau cara menghambat perpindahan kalor

Keterangan:

Perpindahan kalor yang terjadi di sekitar perlu dihambat atau dikontrol agar sesuai dengan kebutuhan manusia dan tentunya tidak membahayakan. Perpindahan kalor melalui konduksi perlu dihambat agar manusia cukup aman dalam melakukan kegiatan sehari-hari seperti memasak.

Cara mengontrol aliran panas melalui konduksi dengan menggunakan isolasi dari bahan/ benda yang konduktivitas termalnya sangat rendah, seperti kayu, plastik, dan mika.

Begitu juga aliran konveksi perlu dikontrol agar udara terbebas dari gas yang membahayakan, juga membuang udara yang tidak segar keluar dari rumah (gedung) agar diganti dengan udara yang lebih segar.

Mengontrol radiasi panas dari sinar matahari dengan menggunakan warna yang tidak menyerap radiasi panas, seperti pakaian berwarna putih (warna cerah) pada siang hari yang panas, warna cat rumah yang cerah, dan contoh lainnya.

LATIHAN

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Perpindahan kalor terjadi dengan berbagai cara di bawah ini, kecuali ...

- A. Konduksi
- B. Konveksi
- C. Radiasi
- D. Erosi

2. Perpindahan kalor dengan cara konduksi jika panas ...

- A. Merambat melalui benda diam
- B. Merambat seperti tumbuhan rambut
- C. Merambat melalui benda yang ikut bergerak
- D. Merambat tanpa melalui media (segala jenis benda)

3. Perpindahan kalor dengan cara konveksi jika panas ...

- A. Merambat melalui benda diam
- B. Merambat seperti tumbuhan rambut
- C. Merambat melalui benda yang ikut bergerak
- D. Merambat tanpa melalui media (segala jenis benda)

4. Perpindahan kalor dengan cara radiasi jika panas ...

- A. Merambat melalui benda diam
- B. Merambat seperti tumbuhan rambut
- C. Merambat melalui benda yang ikut bergerak
- D. Merambat tanpa melalui media (segala jenis benda)

5. Konduksi dan konveksi terjadi akibat adanya ...

- A. Perubahan massa
- B. Perubahan suhu
- C. Perubahan gaya
- D. Cahaya matahari

6. Radiasi terjadi akibat adanya ...
 - A. Perubahan massa
 - B. Perubahan suhu
 - C. Perubahan gaya
 - D. Cahaya matahari
7. Terjadinya proses konduksi bergantung pada ...
 - A. Jenis dan ketebalan bahan/benda
 - B. Kekentalan benda
 - C. Elastisitas bahan
 - D. Warna permukaan benda
8. Terjadinya proses konveksi bergantung pada ...
 - A. Jenis dan ketebalan bahan/benda
 - B. Kekentalan benda
 - C. Elastisitas bahan
 - D. Warna permukaan benda
9. Contoh terjadinya konveksi di lingkungan sekitar adalah ...
 - A. Angin (udara yang bergerak)
 - B. Air menjadi es
 - C. Lilin mencair
 - D. Tekanan udara
10. Salah satu cara menghambat aliran konduksi ialah ...
 - A. Menutup saluran udara
 - B. Menggunakan isolasi
 - C. Menggunakan pemanas
 - D. Menutup saluran

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Perpindahan kalor melalui beberapa cara, yaitu ...
2. Perbedaan antara proses konduksi-konveksi dengan radiasi adalah ...
3. Perbedaan antara proses konduksi dengan konveksi adalah ...
4. Beberapa contoh proses radiasi, yaitu ...
5. Beberapa contoh untuk mengurangi panas dari radiasi cahaya matahari, ialah ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa yang dimaksud dengan perpindahan kalor cara konduksi, konveksi, dan radiasi?
2. Apa perbedaan utama proses konduksi – konveksi dengan radiasi?
3. Mengapa perpindahan kalor dengan cara radiasi tidak bergantung pada perubahan suhu?
4. Apa faktor-faktor yang mempengaruhi perpindahan kalor cara konduksi, konveksi, dan radiasi?
5. Bagaimana hubungan antara perpindahan kalor cara konveksi dengan perubahan cuaca?

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Perpindahan kalor melalui benda penghantar yang tidak bergerak disebut ...
 - A. Konduksi
 - B. Konveksi
 - C. Radiasi
 - D. Inagurasi
2. Perpindahan kalor melalui benda penghantar yang ikut bergerak sesuai dengan arah kalor disebut...
 - A. Konduksi
 - B. Konveksi
 - C. Radiasi
 - D. Inagurasi
3. Perpindahan kalor tanpa melalui benda penghantar sebagai media disebut ...
 - A. Konduksi
 - B. Konveksi
 - C. Radiasi
 - D. Inagurasi
4. Faktor utama yang menjadi penyebab terjadinya perpindahan kalor cara konduksi dan konveksi ialah ...
 - A. Pancaran energi ke segala arah

- B. Perubahan energi antara waktu tertentu
 - C. Perubahan suhu antara tempat satu dengan tempat lainnya
 - D. Perubahan massa akibat adanya energi yang terbuang akibat perubahan suhu
5. Faktor utama yang menjadi penyebab terjadinya perpindahan kalor cara radiasi ialah ...
- A. Pancaran energi ke segala arah
 - B. Perubahan energi antara waktu tertentu
 - C. Perubahan suhu antara tempat satu dengan tempat lainnya
 - D. Perubahan massa akibat adanya energi yang terbuang akibat perubahan suhu
6. Beberapa hal di bawah ini yang dapat mempengaruhi terjadinya proses konduksi, kecuali ..
- A. Jenis bahan
 - B. Ketebalan
 - C. Kekentalan
 - D. Luas penampang
7. Hal yang dapat berpengaruh terhadap proses konveksi ialah ...
- A. Panjang
 - B. Ketebalan
 - C. Kekentalan
 - D. Luas penampang
8. Hal yang dapat berpengaruh terhadap proses radiasi ialah ...
- A. Jenis dan ketebalan benda
 - B. Kekentalan bahan
 - C. Elastisitas bahan
 - D. Warna permukaan benda
9. Beberapa alat teknologi di bawah ini menerapkan konsep perpindahan kalor dengan cara mengalirkan aliran kalor secara konduksi, kecuali ..
- A. Sendok
 - B. Panci
 - C. Wajan
 - D. Kompor
10. Agar radiasi panas dari cahaya matahari tidak begitu banyak terserap oleh tubuh kita, disarankan menggunakan ...
- A. Jaket berwarna gelap
 - B. Pakaian berbahan tipis
 - C. Pakaian warna putih
 - D. Pakaian berbahan tebal

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Perpindahan kalor terjadi melalui 3 cara, yaitu ...
2. Perpindahan kalor cara konduksi terjadi apabila ...
3. Perpindahan kalor cara konveksi memiliki kesamaan dengan cara konduksi, yaitu ...
4. Beberapa hal yang berpengaruh terhadap perpindahan kalor cara konduksi, yaitu ...
5. Beberapa hal yang berpengaruh terhadap perpindahan kalor cara konduksi-konveksi, namun tidak terjadi pada perpindahan kalor cara radiasi, yaitu ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa yang membedakan antara perpindahan kalor cara konduksi dengan perpindahan kalor cara konveksi?
2. Apa yang sangat membedakan antara perpindahan kalor cara radiasi dengan perpindahan kalor cara konduksi dan konveksi?
3. Apa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perpindahan kalor cara konduksi?
4. Bagaimana jenis kekentalan bahan dapat berpengaruh terjadinya perpindahan kalor cara konveksi?
5. Mengapa ruangan dapur memerlukan sirkulasi udara yang lancar dan tidak boleh terhambat? Apa hubungannya dengan perpindahan kalor cara konveksi?

UNIT 3

GERAK PARTIKEL GAS



sumber: www.architecturaldigest.in

Gambar 13. Balon udara bisa mengangkasa karena adanya partikel gas yang bergerak cepat di dalam balon



A. Pergerakan Partikel Gas

Pada percobaan perubahan wujud dalam kegiatan sebelumnya, bisa diamati ternyata es batu tersebut mencair menjadi air jika ditaruh di panas terik matahari, atau dipanaskan. Lebih lanjut jika terus dipanaskan, maka air di panci seolah-olah bisa berpindah tempat ke tutup panci pada jarak yang cukup jauh dari bibir panci tanpa kelihatan oleh mata. Bisa dijelaskan di sini bahwa pada saat masih menjadi es batu, suhu sekitar sangat rendah (terasa dingin), partikel-partikel zat terikat erat satu dengan lainnya hingga berwujud padat dan bersifat kaku. Akibat adanya pemanasan, partikel-partikel zat menjadi bergerak lebih bebas, hingga es batu tersebut mencair menjadi air. Pada saat menjadi air, partikel zat yang tadinya terikat erat menjadi lebih longgar dan bebas bergerak (berwujud cair pada air). Demikian juga seterusnya jika air ini terus dipanaskan, maka partikel zat bergerak lebih bebas lagi dan melepaskan ikatan dengan partikel lainnya. Partikel yang bebas ini bergerak bebas mengikuti aliran udara karena sudah berwujud gas berupa uap air dan menyatu dengan udara.



Gambar 14. Perbandingan struktur molekul pada berbagai wujud benda

Penugasan 7 : Suhu, Kalor dan Perubahan Wujud

Kegiatan

- Ambillah seongkah es batu. Berdasarkan wujudnya, es batu termasuk jenis benda apa?
- Kemudian taruh es batu tersebut ke dalam panci pada suhu ruang. Apa yang terjadi pada es batu? Apakah ada perubahan wujud? Apa jenis benda yang sudah berubah wujud?
- Panaskan panci tersebut. Apa yang terjadi pada benda di dalam panci tersebut?

Tugas 10:

- (a) Apa yang menyebabkan benda berubah wujud berdasarkan hasil pengamatanmu?
- (b) Apakah hal ini berlaku juga untuk benda-benda lain selain air? Bagaimana menurut pendapatmu?
- (c) Carilah informasi mengenai perubahan wujud pada benda-benda lain selain air!

Keterangan:

Setiap benda mempunyai 3 wujud, yaitu padat, cair, dan gas. Kalor atau panas berpengaruh terhadap perubahan wujud. Suhu pada saat benda padat melebur menjadi cair disebut titik lebur benda tersebut. Begitu juga suhu pada saat zat cair mendidih berubah menjadi gas disebut titik didih. Benda seperti air mempunyai titik lebur/ titik beku sebesar 0°C dan titik didihnya sebesar 100°C . Nilai titik beku dan titik didih berbeda pada berbagai benda yang berbeda jenisnya.



B. Energi Kinetik Gas

Gas terdiri dari banyak partikel yang bergerak bebas. Partikel-partikel tersebut karena bergerak maka memiliki energi kinetik untuk setiap partikel. Begitu banyak partikel yang bergerak secara acak sehingga menghasilkan energi kinetik yang besar.

Sebelum lebih lanjut mengenai energi kinetik gas, perlu diketahui juga tentang sifat-sifat gas yang bisa mempengaruhi besar tekanan dan volume berdasarkan besarnya suhu/temperature. Oleh karena itu kita bahas terlebih tentang berbagai hukum yang berkaitan seperti Hukum Boyle, Hukum Charles, dan Hukum Gay-Lussac berikut ini.

Hukum Boyle, Charles dan Gay-Lussac

Dari kegiatan yang telah dilakukan di atas, kelihatannya ada 2 faktor yang mempengaruhi pemuaian atau bertambahnya volum gas, yaitu suhu dan tekanan. Berikut ini ada 3 hukum yang berkaitan dengan suhu, tekanan, dan volum pada gas yaitu: Hukum Boyle, Hukum Charles dan Hukum Gay-Lussac.

a. Hukum Boyle

Hukum Boyle menyatakan bahwa perubahan volum gas pada suhu konstan akan berpengaruh terhadap perubahan tekanan pada gas tersebut. Makin kecil volum gas, akan meningkatkan tekanan gas. Begitu juga sebaliknya, makin besar volum, makin kecil tekanan. Hubungan antara tekanan dan volum adalah berbanding terbalik dengan volumenya atau dapat ditulis:

$$PV = C$$

Keterangan : P = tekanan (N/m^2)
V = volume (m^3)
C = konstanta

Hukum Boyle menyatakan tentang hubungan antara volume dengan tekanan gas pada suhu konstan. Walaupun gas suhunya konstan, volumenya dapat berubah akibat perubahan tekanan. Pada suhu tetap atau konstan, volume awal adalah V_1 mempunyai tekanan P_1 . Setelah terjadi perubahan pada volume diikuti dengan perubahan tekanan dan sebaliknya, suhunya tetap, volumenya menjadi V_2 dan tekanannya menjadi P_2 . Selanjutnya dapat ditulis:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$



sumber: ifdesign.de

Gambar 15. Cara kerja alat pompa menerapkan Hukum Boyle



sumber : wimiu.com

Gambar 16. Alat pompa yang terdapat pada bengkel sepeda motor

Keterangan;

P_1 = tekanan awal (N/m^2)

P_2 = tekanan akhir (N/m^2)

V_1 = volume awal (m^3)

V_2 = volume akhir (m^3)

b. Hukum Gay-Lussac

Hukum Gay-Lussac menyatakan hubungan antara tekanan dan suhu gas pada volume tetap. Pada prinsipnya hukum ini menyatakan hubungan linier antara suhu dan tekanan pada volum tetap, yaitu makin tinggi suhu maka tekanan makin meningkat.

Gejala ini bisa kita amati pada saat kita memasak makanan atau air di dalam suatu panci yang tertutup. Pada kondisi tertentu akan tampak tutup panci terangkat mengeluarkan sebagian gas atau uap untuk mengurangi tekanan di dalam panci. Pada panci presto di mana tutup panci tertutup sangat erat, akan menimbulkan tekanan yang sangat besar di dalam panci jika dipanaskan, dan tekanan yang sangat besar tersebut akan menyebabkan makanan di dalamnya menjadi lebih empuk.

Hukum Gay-Lussac merupakan hubungan antara suhu dengan tekanan pada volum tetap, dimana makin tinggi suhu makin meningkat tekanan, atau dapat ditulis:



sumber: wikimurah.online

Gambar 17. Panci presto menerapkan Hukum Gay-Lussac menghasilkan tekanan yang besar sehingga hasil masakannya terasa empuk

$$\frac{P}{T} = C$$

Keterangan :

P = tekanan gas (N/m^2)

T = suhu gas (Kelvin)

C = konstanta

c. Hukum Charles

Hukum Charles berhubungan dengan pengaruh suhu terhadap perubahan volume, jika tekanan dianggap tetap. Pada prinsipnya hukum ini menyatakan bahwa makin tinggi suhu pada tekanan tetap, maka volumenya makin meningkat. Gejala ini tampak pada balon yang jika dipanaskan



sumber : gettyimages.com

Gambar 18. Balon diisi gas yang dipanaskan sehingga lebih ringan dari udara sekitarnya dan bisa melayang

volumnya akan meningkat. Dapatkah Anda menemukan contoh lainnya?
Hukum Charles ini dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{V}{T} = C$$

Keterangan :

V = volume gas (m³)

T = suhu pada gas (K)

C = konstanta



C. Persamaan untuk Gas

Dari ke 3 hukum di atas yang berhubungan dengan sifat gas, dapat digabung menjadi suatu persamaan yang disebut dengan persamaan gas. Biasanya disebut juga sebagai persamaan gas ideal, sebagai berikut.

$$\frac{PV}{T} = C$$

Keterangan :

P = tekanan gas (N/m²)

V = volum (m³)

T = suhu gas (Kelvin)

C = konstanta

Contoh soal 9

Volume udara di dalam sebuah silinder pompa sebesar 100 cm³ dengan tekanan 2 atm (1 atm ≈ 100000 Pa ≈ 100000 N/m²) dan suhu 30°C. Kemudian udara ditekan hingga volumenya menjadi 40 cm³ dan suhunya meningkat menjadi 35 °C. Berapa tekanan gas tersebut?

Diketahui :

V₁ = 100 cm³

P₁ = 2 atm

$$T_1 = 30^\circ \text{C} = 303 \text{ K}$$

$$V_2 = 40 \text{ cm}^3$$

$$T_2 = 35^\circ \text{C} = 308 \text{ K}$$

Ditanya : Berapa nilai P_2 ?

$$\begin{aligned} \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ P_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} \\ &= \frac{2 \text{ atm} \cdot 100 \text{ cm}^3 \cdot 308 \text{ K}}{303 \text{ K} \cdot 40 \text{ cm}^3} \\ &= 5,1 \text{ atm} \end{aligned}$$

Jika suhu T tetap, dihasilkan $PV = \text{tetap}$; jika tekanan P tetap, dihasilkan $V = \text{tetap}$.

Persamaan di atas berlaku untuk gas ideal dalam bejana tertutup sempurna (tidak ada kebocoran) sehingga massa gas tetap selama proses pemanasan berlangsung. Jika massa atau mol gas diubah, misal kita menggandakan mol gas n , dengan menjaga tekanan dan suhu tetap, ternyata hasil volum V juga menjadi ganda (lipat dua). Oleh karena itu, persamaan gas ideal di atas bisa disesuaikan dengan nR , dimana R merupakan nilai konstanta yang diperoleh dari percobaan, diperoleh persamaan umum gas ideal :

$$nRT = PV$$

Dengan

P : tekanan (Pa atau atm) dengan $1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$

T : suhu (K) R : konstanta umum gas : $8314 \text{ J kmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ V : volume (m^3)

Hukum-hukum tentang gas dari Boyle, Charles, GayLussac, dan Boyle-Gay Lussac diperoleh dengan menjaga satu atau lebih variabel dalam keadaan konstan untuk mengetahui akibat dari perubahan satu variabel. Berdasarkan Hukum Boyle–Gay Lussac diperoleh:

$$\frac{PV}{T} = \text{konstan}$$

Apabila jumlah partikel berubah, maka volume gas juga akan berubah. Hal ini berarti bahwa harga $PV/T = \text{tetap}$ bergantung pada banyaknya partikel (N) yang terkandung dalam gas. Persamaan di atas dapat dituliskan:

$$P.V = N.k.T \dots\dots\dots (i)$$

k = konstanta Boltzmann, ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

Karena $N = n.N_A$, maka:

$$P.V = n.N_A.k.T \dots\dots\dots (ii)$$



D. Persamaan Umum Gas Ideal

$N_A.k = R$, yang merupakan konstanta gas umum yang besarnya sama untuk semua gas, maka persamaan (ii) menjadi:

$$P.V = n.R.T$$

dengan:

P = tekanan gas (N/m^2)

V = volume gas (m^3)

n = jumlah mol

T = suhu mutlak (K)

R = konstanta gas umum (J/mol.K)

$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$

Contoh soal 10

Suatu gas ideal sebanyak 4 liter memiliki tekanan 1,5 atmosfer dan suhu 27°C . Tentukan tekanan gas tersebut jika suhunya 47°C dan volumenya 3 liter!

Penyelesaian: Diketahui: $V_1 = 4 \text{ liter}$

$V_2 = 3 \text{ liter}$

$P_1 = 1,5 \text{ atm}$

$T_1 = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

$T_2 = 47^\circ\text{C} = 47 + 273 = 320 \text{ K}$

Ditanya: $P_2 = \dots ?$

Jawab:

Jika $T_1 = T_2$, maka $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

$$\Leftrightarrow 1,5 \times 4 = P_2 \times 3$$

$$\Leftrightarrow P_2 = 2 \text{ atm}$$

Jika $T_1 = 300\text{K}$, $T_2 = 320\text{K}$, $P_1 = 1,5 \text{ atm}$ dan $V_1 = V_2$ maka $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$$\Leftrightarrow P_2 = \frac{T_2}{T_1} \times P_1 = 1,6 \text{ atm}$$

Jika $T_1 = 300\text{K}$, $T_2 = 320\text{K}$, $P_1 = 1,5 \text{ atm}$ dan $V_1 = 4 \text{ L}$, $V_2 = 3 \text{ L}$, maka $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$$\Leftrightarrow P_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1 V_2} \times P_1 = 2\frac{1}{5}$$

Penurunan Rumus Tekanan Gas dalam Ruang Tertutup berdasarkan Teori kinetik menggunakan asumsi bahwa gerak partikel-partikel gas adalah penyebab timbulnya tekanan. Beberapa asumsi dasar untuk gas ideal adalah sebagai berikut:

1. Gas terdiri dari partikel-partikel yang disebut atom.
2. Partikel-partikel gas bergerak dalam lintasan lurus dengan kelajuan tetap dengan gerakan yang acak.
3. Semua tumbukan partikel-partikel gas, baik antarpartikel ataupun dengan dinding pembatasnya bersifat lenting sempurna
4. Untuk semua partikel-partikel gas berlaku hukum Newton tentang gerak

Untuk mempelajari keadaan molekul atau (partikel) gas, digunakan prinsip mekanika Newton dimana suatu gas ideal terkurung di dalam sebuah ruang kubus dengan rusuk L .

Beberapa buah partikel gas terkurung dalam ruang yang berbentuk kubus dengan panjang rusuk L . Dengan meninjau sebuah molekul gas bermassa m yang bergerak menuju dinding dengan kecepatan v . Molekul ini mempunyai komponen momentum sebesar mv ke arah dinding. Karena tumbukan bersifat lenting sempurna, maka setelah terjadi tumbukan kecepatan molekul menjadi $-v$ dan momentumnya $-mv$. Sehingga perubahan momentum gas:

$$\begin{aligned}\Delta p &= \text{momentum akhir} - \text{momentum awal} \\ &= (m v) - (-m v) \\ &= 2 m v\end{aligned}$$

Selang waktu untuk perjalanan bolak balik sebuah molekul tanpa bertumbukan adalah:

$$\Delta t = \frac{2 L}{v}$$

Laju perubahan momentum molekul dituliskan sebagai:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2 mv}{2 L/v} = \frac{mv^2}{L}$$

Dalam hukum II Newton, laju perubahan momentum molekul ini sama dengan gaya yang dikerjakan molekul pada dinding sehingga

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv^2}{L}$$

Jika luas dinding batas A adalah L^2 maka tekanan gas P adalah gaya per satuan luas, sehingga:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mv^2/L}{L^2} = \frac{mv^2}{L^3}$$

Jika ada sejumlah N molekul gas dalam ruang tertutup meliputi $v_1, v_2, v_3, \dots, v_N$, maka tekanan total gas pada dinding tersebut menjadi

$$P = \frac{m}{L^3} (v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2)$$

Dimana kuadrat kecepatan rata-rata $\overline{v^2}$

$$\overline{v^2} = \frac{(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2)}{N}$$

maka tekanan P menjadi

$$P = \frac{m\overline{v^2}}{L^3} N$$

Sebagai partikel bebas, molekul-molekul gas bergerak ke segala arah dalam ruang tiga dimensi. Berdasarkan sifat gas ideal, setiap molekul gas bergerak acak dengan kecepatan yang tetap, maka nilai kuadrat rata-rata kecepatan pada arah X , Y , dan Z adalah sama besar, yaitu

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$$

sehingga kuadrat rata-rata kecepatan v^2 merupakan jumlah resultan dari kuadrat rata-rata v_x^2 , v_y^2 , dan v_z^2 yaitu

$$\begin{aligned}\overline{v^2} &= \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} \\ \Rightarrow v^2 &= 3v_x^2 \\ \Rightarrow v_x^2 &= \frac{1}{3}v^2\end{aligned}$$

Maka nilai tekanan P di atas menjadi

$$P = \frac{m}{L^3} N \frac{1}{3} v^2 = \frac{1}{3} \frac{m v^2 N}{L^3}$$

Jika L^3 adalah volume gas V sehingga persamaan di atas menjadi:

$$P = \frac{1}{3} m v^2 \frac{N}{V}$$

Keterangan:

P = tekanan gas (Pa)

N = banyak molekul (partikel)

m = masa sebuah molekul (kg)

V = Volume gas (m^3)

v^2 = rata-rata kuadrat kecepatan ($m/detik$)²

Selanjutnya Energi kinetik rata-rata E_k berhubungan dengan rata-rata kuadrat kecepatan gas di dalam ruang sebagai v^2 , dimana $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

Karena energi rata-rata pergerakan partikel gas adalah $\frac{1}{3} m v^2$

Maka energi kinetik E_k dalam pengaruh tekanan gas di dalam ruang, menjadi $E_k = \frac{3}{2} (\frac{1}{3} m v^2)$

Selanjutnya nilai tekanan P menjadi

$$\begin{aligned}P &= \frac{1}{3} m v^2 \frac{N}{V} \\ &= \frac{2}{3} E_k \frac{N}{V}\end{aligned}$$

Persamaan di atas merupakan hubungan antara suhu dan energi kinetik rata-rata molekul gas

Selanjutnya menghubungkan antara suhu mutlak T dan energi kinetik rata-rata partikel gas, E_k .

Berdasarkan persamaan sebelumnya

$$P V = N k T$$

$$P = \frac{N}{V} k T$$

$$P = \frac{2}{3} E_k = k T$$

$$\Leftrightarrow E_k = \frac{3}{2} k T$$

dengan $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ disebut tetapan Boltzman.

Berdasarkan persamaan di atas dapatlah disimpulkan bahwa

1. Energi kinetik gas tidak bergantung pada jumlah partikel dan volume gas.
2. Energi kinetik gas merupakan gambaran energi dari gerak partikel gas yang bergantung pada besarnya temperature/ suhu.



E. Hubungan Kecepatan Partikel Gas dengan Suhu

Berdasarkan persamaan energi kinetik yang berlaku umum $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

Maka hubungannya dengan persamaan energi kinetik gas menjadi

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} k T$$

$$\Leftrightarrow v^2 = \frac{3 k T}{m}$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{3 k T}{m}}$$

Contoh Soal 11

Berapa kecepatan rata-rata partikel hidrogen yang berada pada suhu kamar (300K)? (Diketahui partikel hidrogen mempunyai massa $m = 12 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

Diketahui : $T = 300\text{K}$

$$m = 12 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$v = \sqrt{\frac{3 k T}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}}{12 \cdot 10^{-27}}}$$

$$v = 58,73 \text{ m/det}$$

Maka kecepatan partikel hidrogen pada suhu kamar adalah $v = 58,73 \text{ m/detik}$

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Pemuaian kurang lebih artinya ...
 - A. Bertambah suhunya
 - B. Bertambah banyak
 - C. Bertambah besar
 - D. Bertambah berat
2. Pada umumnya pemuaian terjadi karena ...
 - A. Mengalami pemanasan
 - B. Mengalami pendinginan
 - C. Mengalami dorongan
 - D. Mengalami tekanan
3. Apa yang dimaksud dengan muai panjang?
 - A. Perubahan volum benda
 - B. Kecepatan muai benda
 - C. Perubahan panjang benda
 - D. Panas benda yang memuai
4. Koefisien muai panjang sesuai digunakan untuk mengukur benda berwujud ...
 - A. Padat
 - B. Cair
 - C. Gas
 - D. Plasma
5. Nilai muai volum sesuai digunakan untuk mengukur benda berwujud ...
 - A. Padat
 - B. Cair
 - C. Gas
 - D. Plasma

6. Manakah dari berbagai wujud benda di bawah ini yang pada umumnya paling cepat memuai?
- A. Padat
 - B. Cair
 - C. Gas
 - D. Tidak dapat dibedakan
7. Suatu kabel tembaga mengalami pemuaian akibat cuaca panas suhunya berubah dari semula 27°C menjadi 37°C . Jika koefisien muai tembaga $0,000017/^{\circ}\text{C}$ dan panjang batang sebelum dipanaskan 1 m, maka panjang setelah dipanaskan ... (m)
- A. 0,17
 - B. 0,0017
 - C. 1,00017
 - D. 10,0017
8. Sepotong kaca yang sisi-sisinya 1 m harus dipasangkan pada bingkainya. Jika biasanya suhu lingkungan antara 20°C – 30°C dan koefisien muai kaca $0,000009/^{\circ}\text{C}$, berapa minimal lebar celah kaca dengan bingkai agar kaca tidak pecah saat memuai? (meter)
- A. 0,00009 m
 - B. 0,0009 m
 - C. 1,00009 m
 - D. 1,0009 m
9. Panci dari aluminium dipanaskan hingga suhunya bertambah sebesar 70° skala Celcius. Jika diketahui koefisien muai aluminium sebesar $0,000022/^{\circ}\text{C}$. Berapa perubahan diameter panci setelah dipanaskan, jika diameter semula adalah 30 cm?
- A. 0,00462 cm
 - B. 0,0462 cm
 - C. 30,0462 cm
 - D. 30,0462 cm
10. Pemuaian yang terjadi pada gas, tidak hanya berpengaruh pada perubahan volum, tetapi juga pada tekanan. Sementara diketahui hubungan antara tekanan P dengan volum V adalah **PV = konstan**, yaitu jika tekanan meningkat, maka volum menurun. Sebaliknya jika volum meningkat, tekanan menurun. Dalam suatu kasus terjadi suatu pemanasan di suatu ruangan yang menyebabkan tekanan meningkat 2 kali lebih besar, sementara volum tetap. Seandainya tekanannya berubah menjadi seperti sedia kala, maka volum menjadi ...
- A. 2 kali lebih besar
 - B. 2 kali lebih kecil
 - C. $\frac{1}{2}$ kali ukuran semula
 - D. Tetap

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

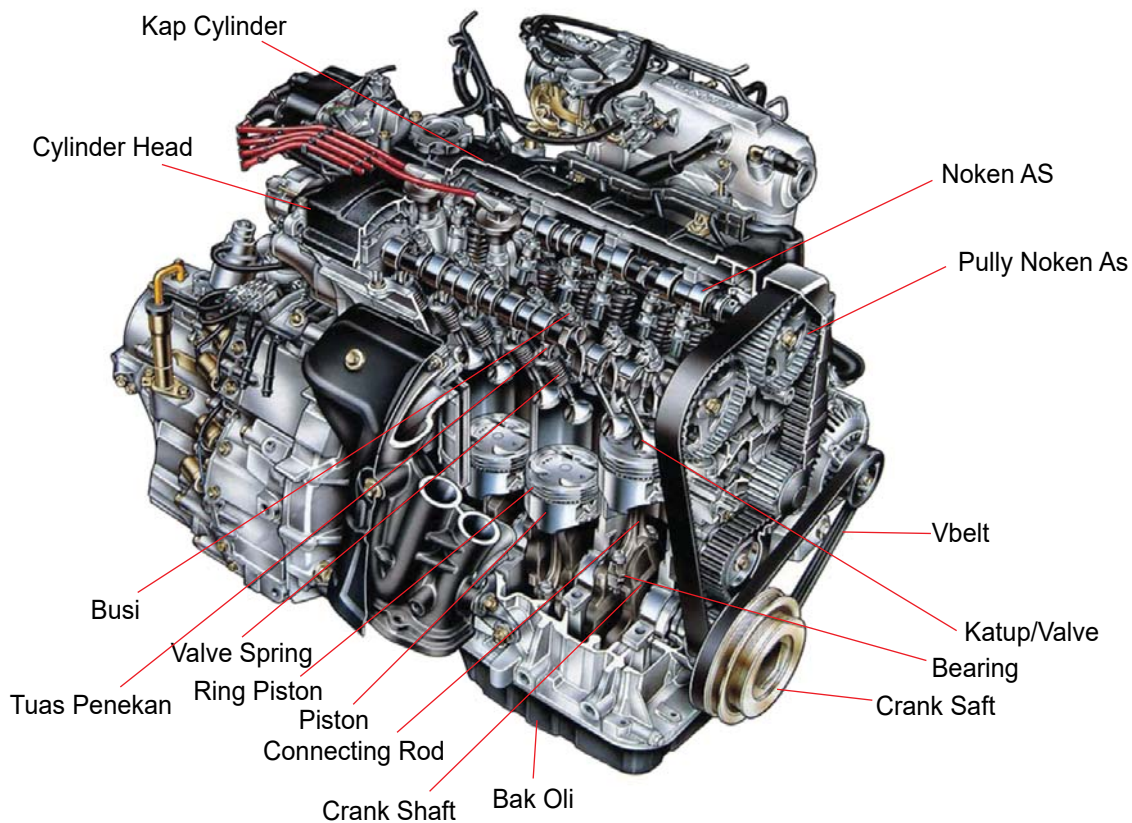
1. Pada umumnya pemuaian dipengaruhi oleh ...
2. Koefisien muai panjang merupakan nilai muai untuk benda berwujud ...
3. Benda berwujud cair memiliki nilai muai ...
4. Nilai muai pada benda berwujud gas dianggap seragam, dengan alasan ...
5. Benda logam pada umumnya lebih cepat memuai dibandingkan benda non logam, karena ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Mengapa suatu benda dapat memuai?
2. Bagaimana menjelaskan hubungan antara panas dengan proses pemuaian pada benda?
3. Mengapa gejala pemuaian berpengaruh dalam pembangunan suatu bangunan?
4. Mengapa benda logam umumnya lebih cepat memuai daripada benda non logam?
5. Apa pengaruh gejala pemuaian terhadap beberapa alat rumah tangga di sekitar yang berhubungan dengan panas, seperti setrika, kompor, dan lainnya?

UNIT 4

KALOR DAN KERJA



sumber: dadan290197.blogspot.com

Gambar 19. Mesin bensin atau diesel biasa juga disebut sebagai motor bakar karena menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan energi mekanik

Bagaimana sebenarnya dengan rasa panas dan dingin? Benda apa saja yang biasanya terasa panas? Pada saat kita memanaskan masakan, maka kita akan menggunakan kompor yang berfungsi memanaskan masakan. Atau saat kita hendak melicinkan pakaian, maka menggunakan setrika. Mana yang paling panas, kompor yang sedang menyala atau setrika yang sedang bekerja? Bagaimana Anda membedakannya?

Selanjutnya tentang rasa dingin. Benda apa saja yang biasanya terasa dingin? Apakah Anda pernah menyentuh sebungkah es? Bagaimana rasanya? Mana yang lebih dingin es batu atau es krim? Bagaimana Anda membedakannya?

Benda yang suhunya sangat tinggi bisa berpijar atau menyala, hingga kita melihatnya sebagai api. Jadi api merupakan hasil dari reaksi terhadap benda yang bersuhu sangat panas. Api

mempunyai sifat menular ke lingkungan sekitarnya karena dapat mempengaruhi meningkatkan suhu benda-benda di sekitar. Lebih buruk lagi, api dapat membakar dan menghanguskan benda-benda di sekitarnya.

Walaupun begitu api bisa berguna bagi kita, dengan syarat kita sanggup mengaturnya. Dengan menggunakan api, kita bisa memanaskan masakan dan air hingga bisa kita makan dan minum. Api juga bermanfaat dalam menghasilkan energi, ketika api membakar suatu benda, khususnya bahan bakar. Dengan pembakaran bahan bakar tersebut, berbagai mesin kendaraan bermotor bisa berfungsi. Hampir semua mesin bergantung pada bahan bakar agar bisa berfungsi. Dapatkah Anda membayangkan seandainya tidak ada api?

LATIHAN

1. Apa yang dimaksud dengan suhu?
2. Apa hubungan suhu dengan panas atau dingin?
3. Bagaimana Anda membedakan rasa panas dengan dingin?
4. Mengapa tangan kita tidak bisa menentukan secara pasti keadaan panas atau dingin?
5. Mengapa panas bisa merambat ke lingkungan sekitarnya?



A. Termometer Sebagai Alat Ukur Suhu

Panas ada yang sangat panas, namun ada yang hanya hangat. Bagaimana Anda membedakan panas dari benda yang memang panas dengan benda yang hanya hangat? Indera peraba kita terbukti dari kegiatan sebelumnya tentang 3 wadah yang berisi air panas – dingin – dan yang sesuai lingkungan, tidak mampu secara tepat dan konsisten membedakan perbedaan panas. Oleh karena itu perlu suatu alat ukur yang andal dalam menentukan perbedaan panas dari berbagai benda.

Pernahkah Anda dengar istilah ‘hangat suam-suam kuku’? Yang dimaksud adalah air hangat yang bisa disentuh oleh jari kita tanpa kulit jari melepuh kepanasan. Air yang terlalu panas bisa menyebabkan kulit kita melepuh. Untuk mengetahui air hangat atau air yang benar-benar panas, maka kita perlu mengetahui derajat panas.

Dalam skala Celcius (disingkat °C), pada saat suhu menunjukkan 100°C bisa menyebabkan

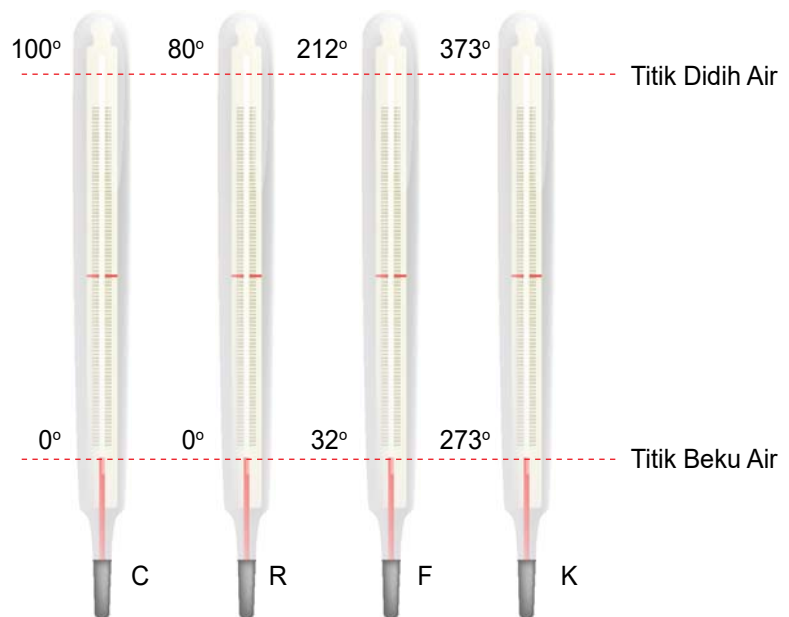
air mendidih. Air hangat suam-suam kuku derajat panasnya sekitar $40\text{--}70^{\circ}\text{C}$, bergantung pada perasaan kita. Suhu udara di sekeliling kita sekitar $25\text{--}35^{\circ}\text{C}$, bergantung pada kondisi cuaca dan tempat. Suhu pada benda dingin seperti es sekitar $0\text{--}5^{\circ}\text{C}$. Makin besar derajat panas, makin panas suatu benda. Begitu juga, makin kecil derajat panas, makin dingin suatu benda.

Tugas 11

- Dengan menggunakan indera peraba perkirakan suhu beberapa benda di sekitar, termasuk juga suhu lingkungan.
- Selanjutnya, dengan menggunakan termometer, bandingkan hasil perkiraan Anda dengan hasil pengukuran dengan menggunakan termometer.

Derajat panas suatu benda bisa diukur dengan menggunakan alat ukur yang disebut termometer. Termometer terdiri dari rongga pipa kapiler yang diisi oleh zat cair tertentu. Biasanya alkohol atau air raksa. Alkohol atau air raksa merupakan zat cair yang mudah memuai jika dipanaskan. Alat ukur tersebut diperlukan karena indera peraba kita tidak mampu mengukur suhu secara tepat, bahkan bisa membingungkan kita. Pada dasarnya tangan kita yang cukup perasa, sebagai indera peraba tidak mampu membedakan secara pasti perbedaan antara suhu benda yang satu dengan suhu benda lainnya. Hal ini karena tangan kita terpengaruh oleh perasaan kita yang cenderung tidak objektif sebagai indikator suhu.

Cairan pada rongga pipa kapiler termometer tersebut akan mengembang atau menyusut bergantung pada suhu sekitarnya. Jika suhu meningkat panas, maka cairan alkohol (atau air raksa) akan mengembang yang ditunjukkan dengan naiknya permukaan cairan di dalam rongga pipa kapiler yang telah diberikan skala satuan tertentu (biasanya menggunakan skala satuan Celcius). Begitu juga sebaliknya jika suhu menurun, cairan di dalam rongga tersebut menyusut yang ditunjukkan dengan menurunnya permukaan cairan di dalam pipa.



sumber: www.fisikabc.com

Gambar 20. Beberapa jenis termometer beserta perbandingan skalanya

Dengan mengetahui suhu lingkungan secara akurat dengan menggunakan termometer, kita akan mengetahui secara tepat suhu lingkungan agar kita bisa mengantisipasi keadaan. Misalnya jika suhu lingkungan sekitar 30°C , maka kita perlu berhati-hati berjalan di luar rumah, karena cahaya matahari yang panas terik akan mengenai tubuh kita. Jika mengenai kepala, maka kepala kita bisa pusing. Begitu juga tubuh kita akan mengeluarkan cairan berupa keringat jika suhu lingkungan terlalu tinggi (melebihi 30°C).

Dalam dunia kesehatan juga ada standar batas suhu manusia yang sehat, yaitu antara $36 - 37^{\circ}\text{C}$. Jika suhu tubuh kita lebih atau kurang dari standar nilai tersebut, berarti kita sedang tidak sehat dan perlu diperiksa ke dokter mengenai kondisi tubuh kita. Oleh karena itu kita perlu mengetahui suhu, baik suhu tubuh kita maupun suhu lingkungan secara lebih akurat.

LATIHAN

1. Apa alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur suhu?
2. Apa cairan yang biasa digunakan di dalam alat ukur pengukur suhu tersebut?
3. Bagaimana sifat-sifat cairan di dalam alat ukur pengukur suhu agar memenuhi syarat sebagai indikator pengukur suhu?
4. Apa skala yang biasa digunakan dalam mengukur suhu?
5. Berapa suhu pada titik beku dan titik didih air pada skala Celcius?



B. Beberapa Jenis Termometer

Ada berapa jenis termometer yang digunakan saat ini? Beberapa negara di dunia menggunakan termometer sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lingkungannya. Di negara kita, biasanya digunakan termometer skala Celcius. Mengapa menggunakan termometer ini? Termometer skala Celcius ini mudah disesuaikan dengan kondisi di negara kita, karena berdasarkan pada suhu air membeku dan mendidih. Seperti diketahui air membeku pada suhu 0° Celcius, dan 100° Celcius untuk air mendidih.

Di negara lain, seperti beberapa kawasan di Amerika dan Eropa, menggunakan termometer skala yang berbeda. Di kawasan tersebut menggunakan termometer yang mengacu pada suhu 32° untuk suhu air membeku menjadi es, dan 212° untuk air mendidih. Skala termometer tersebut

adalah skala Fahrenheit. Dapatkah Anda menemukan termometer skala lain yang digunakan pada suatu kawasan di dunia?

Berbagai termometer dengan skala yang berbeda tersebut seringkali menimbulkan kesulitan pada saat terjadi perpindahan tempat atau kondisi pada kawasan atau daerah yang berbeda penggunaan skala termometer tersebut. Dalam suatu kondisi tertentu, kita perlu mengubah skala Fahrenheit menjadi skala Celcius, begitu juga sebaliknya. Misalnya kita membaca buku terbitan luar negeri yang biasanya menggunakan standar nilai yang berbeda, salah satunya dalam penggunaan skala suhu, contohnya skala Fahrenheit. Maka kita perlu mengubahnya agar bersesuaian dengan skala Celcius.

Berikut ini rumusan untuk mengubah skala termometer dari skala Fahrenheit ke skala Celcius.

Penugasan 8 : Mengubah Skala Temperatur

Langkah Kegiatan

1. Kurangi angka atau nilai yang tertulis pada termometer Fahrenheit tersebut dengan angka 32,
2. Kemudian kalikan 5,
3. Selanjutnya, bagi 9,
4. Maka berubahlah menjadi skala Celcius.
5. Bisa ditulis rumusannya

$$(t^{\circ}\text{F} - 32) \times \frac{5}{9} = t^{\circ}\text{C}$$

Penjelasan : $t^{\circ}\text{F}$ = suhu pada skala Fahrenheit

$t^{\circ}\text{C}$ = suhu pada skala Celcius

Contoh Soal 11:

Dalam suatu musim panas di suatu negeri, suhu lingkungan dalam skala Fahrenheit mencapai 104°F . Jika dikonversikan ke dalam skala Celcius menjadi

$$\begin{aligned} (^{\circ}\text{F} - 32) \times \frac{5}{9} &= (104 - 32) \times \frac{5}{9} \\ &= 72 \times \frac{5}{9} = 40^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Jadi suhu 104° pada skala Fahrenheit setara dengan 40° pada skala Celcius.

Dapatkah Anda mengubah skala Celcius menjadi skala Fahrenheit?

Cara mengubah skala Celcius menjadi skala Fahrenheit dengan menggunakan rumusan di atas untuk mencari skala Celcius dari skala Fahrenheit, yaitu:

$$(t^{\circ}\text{F} - 32) \times \frac{5}{9} = t^{\circ}\text{C}$$

Penjelasan : $t^{\circ}\text{F}$ = suhu pada skala Fahrenheit

$t^{\circ}\text{C}$ = suhu pada skala Celcius

Berdasarkan rumusan tersebut, akan diperoleh:

$$t^{\circ}\text{F} = t^{\circ}\text{C} \times \frac{9}{5} + 32 \quad \text{Buktikan!}$$

Rumusan di atas merupakan rumusan untuk mengkonversi skala Celcius menjadi skala Fahrenheit.

Dapatkah Anda membuktikan bahwa rumusan di atas merupakan hasil dari rumusan sebelumnya?

Contoh Soal 12:

Suhu suatu ruangan diketahui sebesar 40°C . Berapa dalam skala Fahrenheit?

Jawab:

$$\begin{aligned} t^{\circ}\text{F} &= t^{\circ}\text{C} \times \frac{9}{5} + 32 \\ &= 40^{\circ}\text{C} \times \frac{9}{5} + 32 \\ &= 72 + 32 \\ &= 104^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

Terbukti dari contoh soal 1 dan 2 bahwa suhu 40°C setara dengan 104°F .

Dapatkah Anda mencari nilai yang sama jika menggunakan skala Celcius, maupun skala Fahrenheit?

Tugas 12

- Diskusikan cara membuat termometer dengan skala yang telah ditentukan tersebut.
- Tentukan nilai suhu yang bernilai sama baik dengan menggunakan skala Celcius, maupun skala Fahrenheit!

LATIHAN

1. Ada berapa jenis termometer yang Anda ketahui?
2. Apa perbedaan masing-masing jenis termometer tersebut?
3. Bagaimana cara mengkonversi satuan termometer dari skala Celcius ke skala Fahrenheit?
4. Berapa perbandingan antara skala termometer Celcius dengan Fahrenheit?
5. Berapa nilai suhu 100°F dalam skala Celcius?



C. Pengaruh Suhu terhadap Wujud Benda

Bagaimana pengaruh suhu terhadap wujud benda? Untuk lebih jelasnya, mari lakukan kegiatan berikut.

Penugasan 9 : Perubahan Suhu

Langkah Kegiatan

1. Ambil sebungkah es batu,
2. Kemudian letakkan di tanganmu. Apa yang Anda rasakan?
3. Kemudian amati dan rasakan pada sebungkah es tersebut perubahan yang terjadi.

Terasa dinginkah batu es tersebut di tangan kita? Mengapa seolah-olah tangan kita terasa dingin (lebih dingin dari lingkungan sekitarnya)?

Tangan kita merasakan dingin pada saat memegang es batu tersebut karena banyaknya panas yang terdapat pada es tersebut lebih sedikit daripada jumlah panas yang terdapat pada tangan kita dan di lingkungan sekitarnya. Sementara panas mempunyai sifat selalu mengalir dari suhu yang lebih tinggi (atau jumlah yang lebih banyak) ke suhu yang lebih rendah (atau jumlah panas yang lebih sedikit). Oleh karena sifat panas tersebut, sebagian panas pada tangan kita mengalir ke es tersebut, agar terjadi keseimbangan suhu antara es dengan tangan kita, atau jumlah panas yang terdapat pada es setara dengan jumlah panas pada tangan kita. Tangan kita terasa menjadi lebih dingin.

Lama kelamaan, akibat dari lingkungan luar yang lebih panas ditambah dengan tangan kita juga selalu mengalirkan panas, es tersebut terasa tidak begitu dingin lagi. Bahkan akan tampak

bahwa es tersebut secara perlahan berubah wujudnya menjadi butir-butir zat cair. Es batu yang tadinya jika kita sentuh terasa keras dan padat, menjadi cair setelah terjadi penyaluran panas ke es tersebut. Bagaimana kesimpulan yang Anda peroleh dari peristiwa tersebut?

Hasil pengamatan di atas menunjukkan adanya hubungan antara banyaknya panas terhadap perubahan wujud suatu benda. Adanya pengaruh panas dari lingkungan, seperti tangan kita saat menyentuhnya, menyebabkan es yang tadinya padat, mencair menjadi air.

Apa yang terjadi seandainya air dari perubahan wujud es tersebut terus menerus dipanaskan? Dapatkah Anda menerangkan peristiwa tersebut dan menghubungkannya dengan panas?

Tugas 13

- Diskusikan cara membuat termometer dengan skala yang ditentukan sendiri, misalnya skala 0 – 1000 derajat untuk acuan titik beku – titik uap air.
- Diskusikan cara membuat termometer dengan skala yang ditentukan sendiri, namun tidak lagi mengacu pada karakteristik air.

D. Termodinamika

Apa yang dimaksud dengan termodinamika?

Kata termodinamika berasal dari kata *thermos* yang berarti panas, dan *dynamic* berarti perubahan. Termodinamika berarti perubahan energi panas atau kalor menjadi kerja.

Apa yang dimaksud kerja?

Beberapa waktu yang lalu, pada waktu kita telah membahas tentang kerja sebagai perpindahan suatu benda dari titik A menuju titik B. Bedanya dulu memindahkan suatu benda melalui energi gerak, yaitu melalui dorongan atau tarikan. Sekarang kita membahas memindahkan benda dengan menggunakan energi panas/kalor.

Bagaimana cara energi panas/kalor mampu memindahkan benda?

Sebelumnya kita mengingat kembali hubungan antara panas – tekanan – dan volume.

Masih ingatkah dengan Hukum Boyle, Hukum Charles dan Hukum Gay-Lussac, juga persamaan Gas? (lihat unit 3)

Berdasarkan hukum-hukum dan persamaan di atas, kita bisa mencermati bahwa gas sangat tanggap terhadap perubahan suhu. Sementara perubahan suhu terjadi akibat adanya energi panas/kalor. Berdasarkan hukum-hukum dan persamaan gas di atas, tampak bahwa gas jika menerima energi panas/kalor, maka tekanan ke segala arah akan meningkat. Tekanan yang

meningkat akan mendorong dinding-dinding yang ada di sekitarnya sehingga volumenya juga meningkat. Pada saat dinding tersebut terdorong berarti terjadi perpindahan. Perpindahan itu yang menyebabkan suatu sistem melakukan kerja.

Tugas 14

- a. Menyusun dan menjelaskan hubungan antara energi panas/kalor dengan gas, sehingga gas tersebut mampu melakukan kerja.
- b. Mendiskusikan dan membuat desain rancangan suatu alat yang menggunakan energi panas/kalor dan gas, agar menghasilkan kerja

Pada awal kemunculan ilmu termodinamika, hanya terdapat 2 hukum termodinamika, yaitu Hukum 1 dan Hukum 2 Termodinamika. Namun selanjutnya ditemukan yang harusnya mendasari termodinamika, yaitu bahwa keberadaan termodinamika harusnya berada dalam suatu sistem. Sehingga dirumuskan Hukum ke 0 Termodinamika. Selanjutnya dengan berkembangnya ilmu tentang bahan, khususnya kristal, maka dirumuskan tentang Hukum ke-3 Termodinamika. Jadi jumlah hukum-hukum termodinamika yang sedang kita bahas adalah 4 hukum

1. Hukum ke-0 Termodinamika

Hukum ke-0 Termodinamika menjelaskan kesetimbangan termal berlaku universal, dengan kata lain apapun zat atau materi benda akan memiliki kesetimbangan termal yang sama bila disatukan.

“Jika dua sistem berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka mereka berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain”

2. Hukum 1 Termodinamika

Hukum 1 Termodinamika menunjukkan bahwa energi kalor/ panas Q yang masuk ke dalam suatu sistem kerja dan berubah bentuk menjadi kerja/ usaha W , ternyata tidak seluruhnya berubah menjadi kerja/usaha, sebagian lainnya tetap menjadi panas/kalor U di dalam sistem kerja. Hukum 1 Termodinamika ini berkaitan erat dengan hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, namun energi dapat berubah bentuk.

Hukum 1 Termodinamika dirumuskan menjadi persamaan berikut: $Q = W + \Delta U$

Dimana Q adalah kalor/panas yang diterima/dilepas (J) masuk ke dalam sistem kerja, W adalah energi/usaha (J), dan ΔU adalah perubahan energi (J), berbentuk energi panas di dalam sistem. J adalah satuan internasional untuk energi atau usaha, yaitu Joule. Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa seluruh kalor yang diterima atau dilepas oleh sistem, sebagian akan dijadikan usaha, sisanya tetap energi panas/kalor.

3. Hukum 2 Termodinamika

Hukum 2 termodinamika menunjukkan nilai entropi suatu sistem yaitu suatu kondisi di dalam suatu sistem berkaitan dengan mengalirnya energi dari sistem keluar atau sebaliknya. Jika energi mengalir keluar sistem, maka entropi $\Delta S > 0$. Sebaliknya jika ada energi yang masuk ke dalam sistem, maka entropi $\Delta S < 0$.

“Kalor mengalir secara alami dari benda yang panas ke benda yang dingin; kalor tidak akan mengalir secara spontan dari benda dingin ke benda panas tanpa dilakukan usaha”

Menurut Kelvin dan Planck, mengacu pada entropi, bahwa entropi suatu sistem selalu $\Delta S > 0$, karena tidak mungkin membuat suatu mesin kalor yang mampu menyerap energi panas/kalor dan mengubahnya menjadi kerja/usaha sepenuhnya.

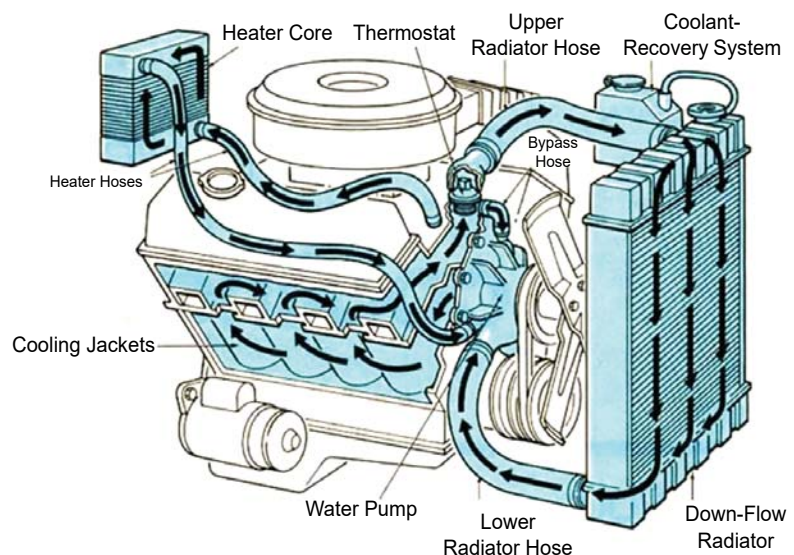
Berdasarkan pernyataan Kelvin dan Planck di atas, kita bisa maklum bahwa tidak ada mesin mobil yang tidak menghasilkan panas, karena tidak mungkin semua proses pembakaran di dalam mesin seluruhnya bisa diubah menjadi kerja/ usaha.

4. Hukum 3 Termodinamika

Hukum 3 Termodinamika ini berkaitan dengan bahan kristal pada kondisi suhu absolut 0K, maka $\Delta S = 0$

“Entropi dari suatu kristal sempurna pada absolut nol adalah sama dengan nol,”

Mengenai hal ini kita tidak membahas secara detil pada modul ini.



sumber: circlesix.co

Gambar 21. Mesin bensin selalu menghasilkan panas/kalor sehingga perlu sistem pendingin



E. Proses-proses Termodinamika

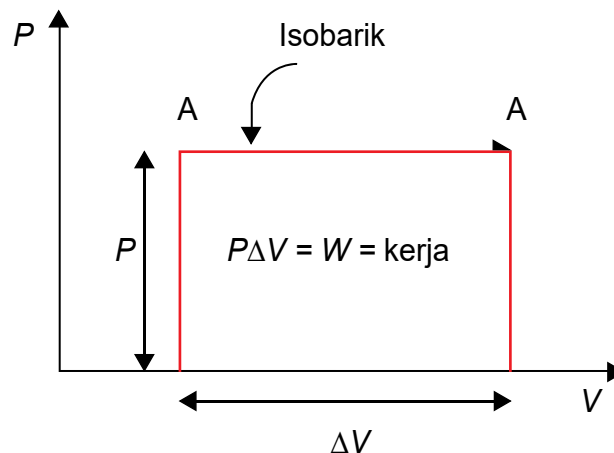
Proses-proses termodinamika ini terjadi untuk menjelaskan Hukum 1 dan 2 Termodinamika yang terlalu dinamis kalau hanya ditulis dengan 1-2 buah kata. Oleh karena itu perlu diuraikan secara lebih detil dan bervariasi untuk mencapai pemahaman konsep yang lebih lengkap. Proses termodinamika terbagi menjadi empat macam, tergantung pada tekanan, volume, dan suhu saat

terjadinya proses tersebut. Proses-proses tersebut umumnya digambarkan dalam diagram P - V , yaitu diagram yang menggambarkan tekanan (P) dan volume (V) saat proses terjadi.

Isobarik

Isobarik adalah proses termodinamika yang tidak mengubah nilai tekanan sistem ($\Delta P = 0$). Nilai usaha dapat dihitung dengan persamaan berikut : $W = P \cdot \Delta V$

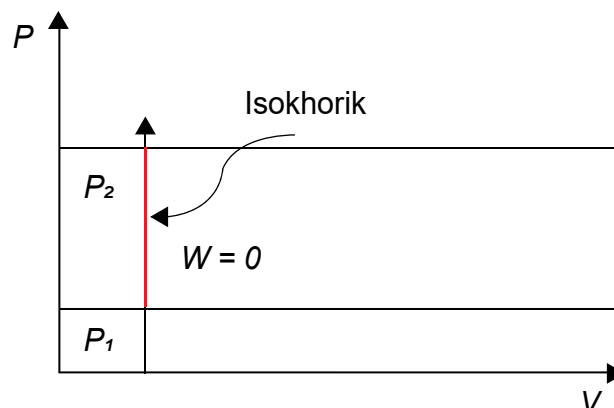
Dari rumus tersebut, diketahui juga bahwa apabila volume membesar (terjadi pemuaian) maka usaha/kerja bernilai positif, dan bila volume mengecil (terjadi penyusutan) maka usaha bernilai negatif.



Menurut grafik di atas telah terjadi kerja/usaha yang nilainya sama dengan daerah yang di dalam kotak

1. Isokhorik

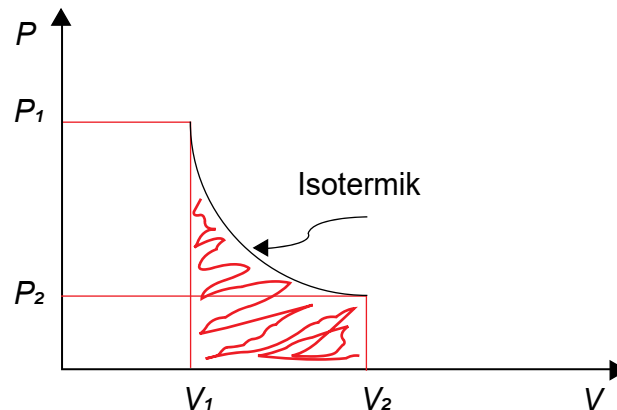
Isokhorik adalah proses termodinamika yang tidak mengubah nilai volume sistem ($\Delta V = 0$). Pada proses ini, nilai usaha adalah 0 karena tidak terdapat suatu luasan bangun yang terdapat pada gambar P - V .



Berdasarkan grafik di atas, terjadi perubahan tekanan P , namun tidak terjadi perubahan volume V , sehingga tidak ada kerja/usaha.

2. Isotermik

Isotermik adalah proses termodinamika yang tidak mengubah nilai suhu sistem ($\Delta T = 0$).



Berdasarkan grafik di atas, terjadi perubahan tekanan P yang diikuti dengan perubahan volume V sehingga terjadi kerja atau usaha pada daerah yang diarsir.

Nilai usaha pada proses isotermik dinyatakan dengan persamaan berikut:

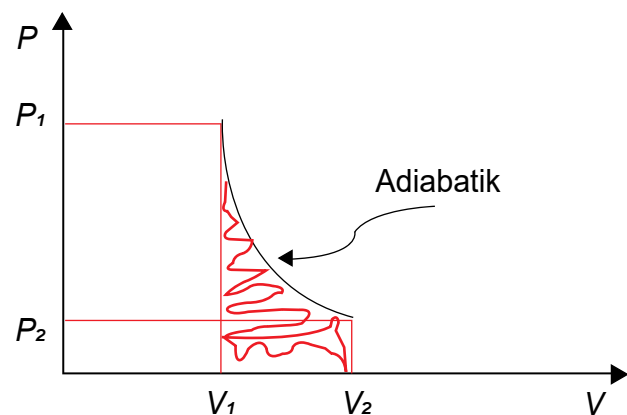
$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

Dimana n adalah jumlah zat yang dinyatakan dengan satuan mol, R adalah konstanta gas, dan T adalah suhu. Rumus ini didapatkan dengan menggabungkan persamaan usaha di diagram P - V dengan persamaan gas ideal.

Pada grafik di atas, terjadi perubahan pada tekanan P yang berhubungan juga dengan perubahan pada volume V , sehingga terjadi usaha/kerja yang besarnya sesuai dengan daerah yang diarsir (diberi warna)

3. Adibatik

Adiabatik adalah proses termodinamika yang tidak mengubah nilai kalor sistem, sehingga tidak ada energi panas/kalor dari luar yang masuk ke dalam sistem ($Q = 0$). Oleh karena itu seolah-olah sistem hanya bergantung dari energi dari dalam, yaitu kerja/usaha yang berubah menjadi energi panas/kalor, atau sebaliknya energi panas/kalor yang ada di dalam sistem berubah menjadi kerja/usaha.

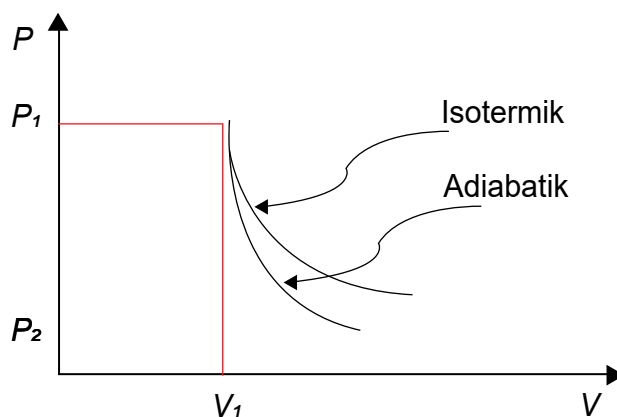


Berdasarkan grafik di atas, terjadi perubahan tekanan P yang diikuti dengan perubahan volume V sehingga terjadi kerja atau usaha pada

daerah yang diarsir. Pada gas monoatomik, usaha yang dilakukan pada proses adiabatik dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$W = -\frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

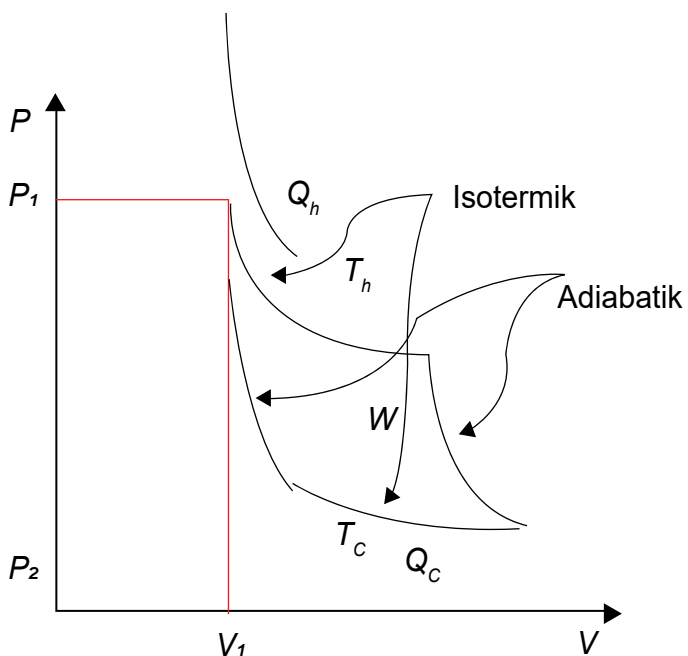
Jika kita perhatikan, grafik proses adiabatik dan isotermik memiliki nilai hubungan P-V yang hampir sama. Namun sebenarnya tidak sama persis. Kalau dicermati secara lebih teliti, ternyata bahwa proses adiabatik tidak bergantung pada energi luar, sehingga usaha/kerja memiliki nilai yang lebih kecil sehingga kemiringan pada grafik lebih rendah dibandingkan proses isotermik seperti contoh grafik berikut.



F. Mesin Carnot dan Mesin Kalor

Mesin Carnot adalah suatu model mesin ideal yang memiliki efisiensi paling tinggi dari semua mesin yang mungkin diciptakan. Mesin Carnot bekerja berdasarkan suatu proses termodinamika yang membentuk siklus, disebut juga siklus Carnot.

Pada siklus Carnot, terdapat 4 proses, yaitu pemuaian Isotermal dari A ke B, pemuaian adiabatik dari B ke C, pemampatan isothermal dari C ke D, dan pemampatan adiabatik dari D ke A. Selama proses siklus Carnot sistem menerima kalor Q_h dari reservoir bersuhu tinggi T_h dan melepas kalor Q_c ke reservoir bersuhu rendah T_c.



Siklus Carnot pada Mesin Carnot

Usaha yang dilakukan oleh mesin Carnot dapat dinyatakan dengan mengaplikasikan Hukum Termodinamika 1.

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q_h - Q_c = 0 + W$$

$$W = Q_h - Q_c$$

Sedangkan, untuk mengukur efisiensi mesin dapat digunakan persamaan-persamaan berikut.

$$\mu = \frac{W}{Q_h} \cdot 100$$

$$\mu = \left(1 - \frac{Q_c}{Q_h}\right) \cdot 100$$

Dikarenakan pada siklus Carnot berlaku hubungan $\frac{Q_c}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$, efisiensi mesin Carnot juga dapat dinyatakan dengan:

$$\mu = \left(1 - \frac{T_c}{T_h}\right) \cdot 100$$

Jika dilihat pada rumus efisiensi tersebut, nilai efisiensi 100% dapat diperoleh jika $T_c = 0K$. Hal ini tidak mungkin terjadi di dunia nyata, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada sistem di dunia nyata yang mampu mencapai efisiensi 100%.

Contoh Soal 1

Suatu gas memiliki volume awal 1 m^3 dipanaskan melalui proses isobaris hingga volumenya bertambah menjadi 2 m^3 . Jika tekanan gas adalah 10 atm , tentukan usaha/ kerja yang terjadi! ($1 \text{ atm} \approx 1 \times 10^5 \text{ Pa}$).

Jawab:

Diketahui : $V_2 = 2 \text{ m}^3$

$$V_1 = 1 \text{ m}^3$$

$$P = 10 \text{ atm} = 10 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Ditanyakan : $W?$

Isobaris $\rightarrow$ Tekanan Tetap, gunakan rumus $W = P (\Delta V)$

$$W = P(V_2 - V_1)$$

$$W = 10 \times 10^5 \times (2 - 1) = 10^6 \text{ joule}$$

Contoh Soal 2

Mesin Carnot bekerja pada suhu tinggi 400 K, untuk menghasilkan kerja mekanik. Jika mesin menyerap kalor 1000 J dengan suhu rendah 350 K, maka usaha yang dihasilkan adalah ...

Jawab:

Diketahui : $T_2 = 350 \text{ K}$

$T_1 = 400 \text{ K}$

Ditanyakan : $W_{\text{dihasilkan}}$?

$$\mu = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot 100$$

$$\mu = \left(1 - \frac{350}{400}\right) \cdot 100$$

$$\mu = 12,5\%$$

$$W_{\text{dihasilkan}} = W_{\text{serap}} = 125 \text{ J}$$

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Zat cair yang mudah memuai dan terdapat di dalam termometer ialah ...
A. Alkohol B. Limun C. Minyak goreng D. Minyak tanah
2. Skala yang biasa digunakan pada alat ukur termometer ialah ...
A. Rontgen B. Newton C. Celcius D. Pascal
3. Berapa suhu dalam skala Celcius, jika diketahui suhu air tersebut 32°F ?
A. 0°C B. 10°C C. 20°C D. 32°C
4. Berapa suhu air dalam skala Fahrenheit jika air tersebut dipanaskan hingga mencapai suhu 60°C ?
A. 100°F B. 140°F C. 180°F D. 200°F
5. Seorang pasien terukur suhunya sebesar 95°F . Berapa suhunya dalam skala Celcius?
A. 0°C B. 35°C C. 37°C D. 40°C
6. Pada suhu berapa skala Celcius dan skala Fahrenheit menunjukkan nilai yang sama?
A. 32° B. 0° C. -40° D. -64°
7. Gas di dalam volum ruang bakar mesin memiliki tekanan 5 atm dalam kondisi isobar (tekanan tetap). Jika di dalam ruang bakar berubah dari 0,05L menjadi 0,5L, berapa kerja W yang dihasilkan? (joule)
A. 225 + B. 2250 C. 22500 D. 225000
8. Gas di dalam ruang bakar dalam kondisi isobar tekanan 1 atm menerima kalor sebesar 500 joule sehingga volum berubah dari 0,1L menjadi 0,4L. Berapa panas yang terbuang? (joule)
A. 47
B. 470 +
C. 4700
D. 47000

9. Mesin Carnot menyerap kalor sebesar 500 joule menghasilkan kerja pada suhu 1000K dari suhu awal 300K. Berapa kerja yang dihasilkan? (joule)
- A. 100
 - B. 250
 - C. 350 +
 - D. 500
10. Berapa kerja yang dihasilkan mesin Carnot dengan efisiensi 40% jika mesin menyerap kalor 500 joule? (joule)
- A. 1000
 - B. 800
 - C. 500
 - D. 200 +

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Suhu ialah ...
2. Yang dimaksud derajat panas ialah ...
3. Beberapa skala yang biasa digunakan ialah ...
4. Suhu bernilai 36°C setara dengan ... pada skala Fahrenheit.
5. Suhu air membeku dan air mendidih pada skala Fahrenheit, berturut-turut ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa hubungan panas dengan perubahan suhu?
2. Apa yang dimaksud dengan derajat panas pada suhu?
3. Mengapa dalam penggunaan skala Celsius menggunakan beberapa sifat air?
4. Suhu badan kita pada saat kondisi sehat adalah antara $36\text{--}37^{\circ}\text{C}$. Berapa suhunya pada skala Fahrenheit?
5. Bagaimana menghubungkan antara panas dengan perubahan suhu?

RANGKUMAN

1. Kalor merupakan jumlah panas suatu benda atau kondisi lingkungan.
2. Kalor dapat berpengaruh terhadap suhu suatu benda atau kondisi lingkungan.
3. Kalor dapat mengubah wujud benda dari padat menjadi cair, dan dari cair menjadi gas. Juga dalam proses sebaliknya, dari gas menjadi cair, dan dari cair menjadi padat.
4. Pada dasarnya, kalor selalu mengalir dari tempat bersuhu tinggi ke tempat bersuhu rendah; atau dari daerah dengan jumlah panas tinggi ke tempat daerah dengan jumlah panas lebih rendah.
5. Kalor akan berpindah dari tempat bersuhu tinggi ke tempat bersuhu rendah hingga mencapai nilai setimbang, atau tidak ada lagi perbedaan panas.
6. Pemuaian atau penyusutan merupakan dampak dari pengaruh kalor.
7. Setiap jenis benda mempunyai nilai koefisien muai yang berbeda-beda, dan bergantung pada wujud benda.
8. Benda berwujud padat memiliki nilai koefisien muai panjang, yang dapat ditulis

$$\alpha = \frac{L_t - L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$

9. Benda berwujud cair memiliki nilai koefisien muai volum, yang dapat ditulis

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 \cdot \Delta T} = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$$

10. Benda berwujud gas, volum dan atau tekanannya sangat bergantung pada perubahan suhu, atau dapat ditulis

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{\Delta t}{273}\right) \text{ untuk tekanan } P \text{ tetap}$$

atau

$$P_t = P_0 \left(1 + \frac{\Delta t}{273}\right) \text{ untuk volum } V \text{ tetap}$$

11. Pada prinsipnya, kalor selalu mengalir dari tempat yang bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu rendah, atau dari daerah dengan jumlah panas besar ke daerah dengan jumlah panas kecil.
12. Kalor dapat berpindah melalui tiga (3) cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.
13. Konduksi merupakan perpindahan panas dimana media penghantarnya berada dalam kondisi diam atau tidak berpindah tempat, dapat ditulis:

$$\Delta Q = k. \Delta t. A \frac{T_1 - T_2}{L}$$

14. Konveksi merupakan perpindahan panas dimana media penghantarnya ikut berpindah mengikuti aliran panas.
15. Radiasi merupakan perpindahan panas yang tidak memerlukan media penghantar, selalu menyebar ke segala arah, dan dipengaruhi oleh warna permukaan benda, dapat ditulis:

$$Q = n. \sigma. A. T^4$$

16.



Penilaian dan Kunci Jawaban

A. Penilaian

Penilaian secara skoring dengan menghitung jumlah jawaban benar dibagi jumlah soal sebagai berikut

$$\text{Skor nilai} = \frac{\text{JJB}}{\text{JS}} \times 100$$

Dimana : JJB adalah jumlah jawaban benar
JS adalah jumlah soal

Jika ada soal latihan yang sulit untuk dijawab, atau Anda tidak begitu yakin dengan jawaban Anda, diskusikan dengan teman atau Tutor mengenai rencana selanjutnya. Jika Anda bisa menjawab minimal 80% dari soal di atas, maka Anda telah menyelesaikan pembahasan pada buku ini secara memuaskan. Walaupun begitu tetap disarankan agar membaca ulang buku ini untuk mempertajam kemampuan Anda.

B. Kunci Jawaban

Kunci Jawaban:

Unit 1	1. C, 2. C, 3. B, 4. A, 5. A, 6. B, 10. D
Unit 2	4. C, 5. A, 6. C, 8. A, 10. C
Unit 3	1. C, 2. A, 3. C, 4. A, 5. B, 7. C, 8. A, 9. C, 10. A
Unit 4	3. A, 4. B, 5. B, 6. C, 7. A, 8. B, 9. C, 10. D



Daftar Istilah

Kalor	Merupakan asumsi bagi banyaknya panas dan berpengaruh ke suhu. Main banyak kalor, makin panas, dan makin tinggi suhu.
Suhu	Merupakan derajat panas suatu benda yang dipengaruhi oleh banyaknya kalor.
Kalor Jenis	Merupakan ciri suatu jenis benda yang ditunjukkan oleh kemampuan jenis benda tersebut berubah suhunya sebesar 1° untuk setiap satuan massa, akibat pengaruh dari sejumlah kalor.
Kapasitas Panas	Merupakan ciri suatu benda yang dapat berubah suhunya sebesar 1° akibat pengaruh dari sejumlah kalor
Pemuaian	Merupakan peningkatan dimensi ukuran suatu benda (panjang dan volum), sementara massa benda tersebut tetap.
Perpindahan Kalor	Merupakan suatu bentuk perpindahan energi, dalam hal ini adalah energi panas
Konduksi	Merupakan salah satu bentuk perpindahan kalor dimana panas mengalir pada suatu medium penghantar yang diam (tidak bergerak)
Konduktivitas Panas	Merupakan nilai koefisien yang menggambarkan ciri suatu jenis zat atau bahan dalam menyerap dan merambatkan panas melalui zat atau bahan tersebut.
Konveksi	Merupakan salah satu bentuk perpindahan kalor dimana panas mengalir pada suatu medium penghantar yang ikut bergerak sesuai arah kalor/panas merambat.
Radiasi	Merupakan salah satu bentuk perpindahan kalor dimana kalor merambat tanpa melalui medium dan arah rambatnya ke segala arah
Suhu	Merupakan besaran yang menunjukkan derajat panas suatu benda.
Derajat Panas	Merupakan satuan daripada suhu.
Termometer	Merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran suhu.
Skala	Merupakan satuan ukuran tertentu, misalnya pada suhu

menggunakan alat ukur dengan suhu dengan skala Celcius, Reamur atau Fahrenheit.

Celcius

Merupakan salah satu daripada skala pengukuran suhu, dengan menggunakan acuan 0° (dibaca nol derajat) untuk titik beku air dan 100° (dibaca seratus derajat) untuk titik didih air.

Fahrenheit

Merupakan salah satu daripada skala pengukuran suhu, dengan menggunakan acuan 32° untuk titik beku air dan 212° untuk titik didih air.



Saran Referensi

Buku Fisika Kelas XI Kurikulum 2013



Daftar Pustaka

_____, *Permendikbud No.23 Tahun 2016*, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.

_____, *Permendikbud No.24 Tahun 2016*, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.

_____, *Ilmu Pengetahuan Popular*, Jilid.1, Grolier, 2008

_____, *Ilmu Pengetahuan Popular*, Jilid.2, Grolier, 2008

_____, *Ilmu Pengetahuan Popular*, Jilid 3, Grolier, 2008

_____, *Ilmu Pengetahuan Popular*, Jilid.4, Grolier, 2008

_____, *Ilmu Pengetahuan Popular*, Jilid.5, Grolier, 2008

Bueche F.J., *Fisika* Edisi ke-7 Seri Buku Schaum, Erlangga, 1992.

Alonso M – Finn E., *Dasar-Dasar Fisika Universitas: Mekanika dan Termodinamika* jilid 1 Edisi ke-2, Erlangga, 1992.



Profil Penulis

Nama Lengkap : Marga Surya Mudhari, Drs, MT
Telp Kantor/HP : (021) 3453440/34834862, 0819 3223 3409
E-Mail : margasurya@yahoo.com
Akun Facebook : Ari MHari Surya
Alamat Kantor : Jl. Gunung Sahari Raya No.4
Bidang Keahlian : IPA - Fisika

Pekerjaan

Pengembang Kurikulum dan Perbukuan

Pendidikan

1986 - 1992 S1 Fisika FMIPA UNAS Jakarta
1999 - 2003 S2 OEAL FT UI Jakarta

Buku

2009 Modul Ajar Pengurangan Resiko Tsunami, Bahan Pengayaan Bagi Guru SMP/MTs, Kementerian Pendidikan Nasional
2014 Buku Pendamping Tematik IPA untuk Kelas IV SD/MI, Grafindo
2014 Buku Pendamping Tematik IPA untuk Kelas V SD/MI, Grafindo

Penelitian

2013 Pengembangan Model Kurikulum Pengintegrasian Pengurangan Resiko Bencana pada Kurikulum Pendidikan Dasar, Prosiding Seminar Hasil-Hasil Perekayasaan Pendidikan, Kelompok Pejabat Fungsional Perekayasa Balitbang Kemdikbud