

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Modul

Guru membutuhkan media yang dapat mempermudah penyampaian materi pembelajaran dan memberikan informasi yang menarik dan menyenangkan.

Modul adalah salah satu media digunakan oleh guru untuk menjelaskan suatu materi yang bersifat abstrak menjadi kongkrit menurut Suprawoto (2009: 2):

Modul adalah sarana pembelajaran dalam bentuk tertulis/cetak yang disusun secara sistematis, memuat materi pembelajaran, metode, tujuan pembelajaran berdasarkan kompetensi dasar atau indikator pencapaian kompetensi, petunjuk kegiatan belajar mandiri (*self instructional*), dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menguji diri sendiri melalui latihan yang disajikan dalam modul tersebut.

Modul adalah media pembelajaran berbentuk cetak yang memuat uraian materi dan tujuan pembelajaran berdasarkan kompetensi dasar atau indikator pencapaian kompetensi yang dapat digunakan oleh siswa secara mandiri tanpa memerlukan media penunjang lainnya. Pendapat mengenai pengertian modul tersebut juga diperkuat oleh Nasution (2008: 205):

Modul dapat dirumuskan sebagai suatu unit yang lengkap yang berdiri sendiri atau suatu rangkaian kegiatan belajar yang disusun untuk membantu siswa mencapai sejumlah tujuan yang dirumuskan secara khusus dan jelas.

Berdasarkan penjelasan dari kutipan di atas, dapat disimpulkan bahwa modul merupakan media instruksional sebagai sarana pembelajaran yang dibuat dengan tujuan siswa dapat belajar mandiri. Modul sebagai media pembelajaran akan

sangat baik, karena modul merupakan satu paket media yang lengkap dan mudah dalam penggunaannya.

Modul pembelajaran adalah salah satu media pembelajaran yang dapat digunakan secara mandiri dan dapat digunakan dimanapun sesuai dengan kebutuhan siswa.

Modul mempunyai karakteristik *self instructional*. Menurut Sukiman (2012: 133), untuk memenuhi karakter *self instructional*, modul harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut.

1. Merumuskan standar kompetensi dan kompetensi dasar dengan jelas;
2. Mengemas materi pembelajaran ke dalam unit-unit kecil/spesifik sehingga memudahkan peserta didik belajar secara tuntas;
3. Menyediakan contoh dan ilustrasi pendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran;
4. Menyajikan soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan peserta didik memberikan respons dan mengukur penguasaannya;
5. Kontekstual, yakni materi-materi yang disajikan terkait dengan suasana atau konteks tugas dan lingkungan peserta didik;
6. Menggunakan bahasa yang sederhana dan komunikatif;
7. Menyajikan rangkuman materi pembelajaran;
8. Menyajikan instrumen penilaian (*assessment*), yang memungkinkan peserta didik melakukan *self assessment*;
9. Menyajikan umpan balik atas penilaian peserta didik, sehingga peserta didik mengetahui tingkat penguasaan materi;
10. Menyediakan informasi tentang rujukan yang mendukung materi didik

Berdasarkan pendapat di atas, dapat diketahui modul dapat mengembangkan pola pikir siswa untuk belajar secara mandiri pada materi yang ada pada modul tersebut, modul juga harus beradaptasi pada kemajuan ilmu dan teknologi sehingga modul tidak membosankan untuk digunakan oleh siswa

Terdapat beberapa macam batasan modul namun ada kesamaan pendapat bahwa modul merupakan paket kurikulum yang disediakan untuk belajar sendiri.

Dalam sebuah modul harus memenuhi kriteria modul yang baik. Seperti yang diungkapkan oleh Sanjaya (2009: 156), sebuah modul minimal berisi tentang:

1. Tujuan yang harus dicapai, Petunjuk penggunaan yakni petunjuk bagaimana siswa belajar modul;
2. Kegiatan belajar, berisi tentang materi yang harus dipelajari oleh siswa;
3. Rangkuman materi, yakni garis-garis besar materi pelajaran;
4. Tugas dan latihan;
5. Sumber bacaan, yakni buku-buku bacaan yang harus dipelajari untuk mempelajari untuk memperdalam dan memperkaya wawasan;
6. Item-item tes, soal-soal yang harus dijawab untuk melihat keberhasilan siswa dalam penguasaan materi pelajaran;
7. Kriteria keberhasilan, yakni rambu-rambu keberhasilan siswa dalam mempelajari modul;
8. Kunci jawaban.

Berdasarkan pendapat di atas dapat diketahui bahwa kriteria modul yang baik adalah modul yang mempunyai Tujuan yang harus dicapai, Kegiatan belajar, Tugas dan latihan, Sumber bacaan, Item-item tes, Kriteria keberhasilan, dan kunci jawaban agar siswa dapat membuktikan jawaban dari soal soal yang telah mereka selesaikan

#### B. Aspek Mutu dalam Penulisan Modul

Modul pembelajaran harus disusun dengan memenuhi kaidah-kaidah sebuah bahan tulisan. Agar modul pembelajaran yang dihasilkan mampu memerankan fungsi dan perannya dalam pembelajaran yang efektif. Menurut Abdurrahman (2012, 9-11) penulisan modul yang baik perlu dirancang dan dikembangkan dengan memperhatikan beberapa elemen yang mensyaratkannya, yaitu: format, organisasi, daya tarik, ukuran huruf, spasi kosong, dan konsistensi.

### C. Teknik Penulisan Modul

Teknik penulisan modul merupakan suatu cara yang digunakan untuk menulis atau membuat modul. Contoh teknik penulisan modul seperti menurut Abdurrahman (2012, 12-16) sebagai berikut:

#### 1. Kerangka Modul

Modul sebaiknya dipilih struktur atau kerangka yang sederhana dan yang paling sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang ada. Kerangka modul umumnya tersusun sebagai berikut:

#### 2. Deskripsi Kerangka

Halaman sampul berisi antara lain: label kode modul, label institusi, bidang/program studi keahlian dan kompetensi keahlian, judul modul, gambar ilustrasi (mewakili kegiatan yang dilaksanakan pada pembahasan modul), penulis modul, nama institusi, dan tahun modul disusun. Kata pengantar memuat informasi tentang peran modul dalam proses pembelajaran. Daftar isi memuat kerangka (*outline*) modul dan dilengkapi dengan nomor halaman. Tinjauan Umum Modul deskripsi yang menunjukkan kedudukan modul dalam keseluruhan program pembelajaran (sesuai dengan diagram pencapaian kompetensi yang termuat dalam kurikulum). Glosarium memuat penjelasan tentang arti dari setiap istilah, kata-kata sulit dan asing yang digunakan dan disusun menurut urutan abjad (*alphabetis*).

Bagian pendahuluan berisi tujuh bagian yaitu standar kompetensi dan kompetensi dasar, deskripsi, waktu, prasyarat, petunjuk penggunaan modul, tujuan akhir dan cek penguasaan standar kompetensi. Deskripsi merupakan penjelasan singkat tentang nama dan ruang lingkup isi modul, kaitan modul dengan modul lainnya, hasil belajar yang akan dicapai setelah menyelesaikan modul, serta manfaat kompetensi tersebut dalam proses pembelajaran dan kehidupan secara umum. Waktu berupa jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menguasai kompetensi yang menjadi target belajar.

Prasyarat merupakan kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari modul tersebut, baik berdasarkan bukti penguasaan modul lain maupun dengan menyebut kemampuan spesifik yang diperlukan. Petunjuk penggunaan modul memuat panduan tatacara menggunakan modul. Tujuan akhir merupakan pernyataan tujuan akhir (*performance objective*) yang hendak dicapai peserta didik setelah menyelesaikan suatu modul.

Penguasaan standar kompetensi berisi tentang daftar pertanyaan yang akan mengukur penguasaan awal kompetensi peserta didik, terhadap kompetensi yang akan dipelajari pada modul ini. Apabila peserta didik telah menguasai standar kompetensi/kompetensi dasar yang akan dicapai, maka peserta didik dapat mengajukan uji kompetensi kepada penilai.

Pembelajaran terdiri dari beberapa kegiatan pembelajaran yang disesuaikan dengan materi pembelajaran. misal untuk kegiatan pembelajaran I terdiri dari rangkaian kegiatan seperti:

- a Tujuan memuat kemampuan yang harus dikuasai untuk satu kesatuan kegiatan belajar. Rumusan tujuan kegiatan relatif tidak terikat dan tidak terlalu rinci.
- b Uraian materi berisi uraian pengetahuan/konsep/prinsip tentang kompetensi yang sedang dipelajari.
- c Tugas/latihan berisi instruksi tugas yang bertujuan untuk penguatan pemahaman terhadap konsep/pengetahuan/prinsip-prinsip penting yang dipelajari. Bentuk-bentuk tugas dapat berupa: kegiatan observasi untuk mengenal fakta; studi kasus; kajian materi; latihan-latihan.
- d Rangkuman berisi ringkasan pengetahuan/konsep/prinsip yang terdapat pada uraian materi.
- e Tes formatif berisi tes tertulis sebagai bahan pengecekan bagi peserta didik dan guru/instruktur untuk mengetahui sejauh mana penguasaan hasil belajar yang telah dicapai, sebagai dasar untuk melaksanakan kegiatan berikut.
- f Lembar Kerja Praktik berisi petunjuk atau prosedur kerja suatu kegiatan praktik yang harus dilakukan peserta didik dalam rangka penguasaan kemampuan psikomotorik. Isi lembar kerja antara lain: alat dan bahan yang digunakan, petunjuk tentang keamanan atau

keselamatan kerja yang harus diperhatikan, langkah kerja, dan gambar kerja (jika diperlukan) sesuai dengan tujuan yang akan dicapai.

- g Kunci Tes Formatif berisi jawaban pertanyaan dari tes yang diberikan pada setiap kegiatan pembelajaran dan evaluasi pencapaian kompetensi, dilengkapi dengan kriteria penilaian pada setiap item tes.
- h Umpan Balik dan Tindak Lanjut berisi informasi kegiatan yang harus dilakukan peserta didik berdasarkan hasil tes formatifnya. Peserta didik diberi petunjuk untuk melakukan kegiatan lanjutan.
- i Daftar Pustaka berisi semua referensi/pustaka yang digunakan sebagai acuan pada saat penyusunan modul. Daftar pustaka ditulis sesuai kaidah penulisan daftar pustaka yang baku.

#### D. Inkuiri

Pembelajaran inkuiri adalah proses pembelajaran secara ilmiah dan analitis sehingga siswa dapat berfikir kritis sehingga ia dapat menemukan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan yang ia miliki secara ilmiah .

National Research Council (NRC) dalam National Science Education Standards (NRC, 2000: 1-7) menjelaskan

inkuiri sebagai: aktivitas siswa dalam mengembangkan pengetahuan dan pemahamannya melalui gagasan ilmiah, sebagaimana ilmuwan mempelajari dunia nyata

metode belajar inkuiri adalah proses pembelajaran yang berlangsung secara ilmiah dan analitis dalam memecahkan suatu permasalahan sehingga siswa

dapat berfikir kritis terhadap masalah yang diberikan. Sedangkan menurut Sani (2014:89) menyatakan

Inkuiri adalah investigasi tentang ide, pertanyaan, atau permasalahan. Investigasi yang dilakukan dapat berupa kegiatan laboratorium atau aktivitas lain yang dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran inkuiri adalah suatu proses pembelajaran dimana siswa dituntut untuk berfikir kritis dan analitik untuk mencari jawaban dari suatu permasalahan yang dipertanyakan secara ilmiah dan pasti. Proses berpikir itu sendiri biasanya dilakukan melalui tanya jawab antara guru dan siswa.

#### 1. Prinsip-Prinsip Pembelajaran inkuiri

Merujuk dari pendapat Sanjaya (2011:194) pembelajaran inkuiri adalah rangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan. Ada beberapa hal yang menjadi ciri utama dari pembelajaran inkuiri yaitu : Pertama, Pembelajaran inkuiri menekankan kepada aktivitas siswa secara maksimal untuk mencari dan menemukan, artinya inkuiri menempatkan siswa sebagai subyek belajar. Kedua, Seluruh aktivitas yang dilakukan siswa diarahkan untuk mencari dan menemukan jawaban sendiri dari sesuatu yang dipertanyakan, sehingga diharapkan dapat menumbuhkan sikap percaya diri (*self belief*). Ketiga, Tujuan dari penggunaan pembelajaran inkuiri adalah mengembangkan kemampuan berpikir secara sistematis, logis, dan kritis atau mengembangkan kemampuan intelektual sebagai bagian dari proses

mental. Dengan demikian, dalam pembelajaran inkuiri siswa tak hanya dituntut agar menguasai materi pelajaran, akan tetapi bagaimana mereka dapat menggunakan potensi yang dimilikinya.

Hosnan (2014:342) menjelaskan bahwa terdapat lima prinsip dasar dalam pembelajaran inkuiri yaitu

1. Berorientasi pada Pengembangan Intelektual  
Tujuan utama dari pembelajaran inkuiri adalah pengembangan kemampuan berfikir. Dengan demikian pembelajaran ini selain berorientasi kepada hasil belajar, juga berorientasi pada proses belajar
2. Prinsip Interaksi  
Proses interaksi dalam pembelajaran inkuiri adalah proses interaksi guru dengan peserta didik maupun lingkungan sekitar
3. Prinsip Bertanya  
Proses bertanya ini sangat berpengaruh terhadap proses berfikir siswa
4. Prinsip Belajar untuk Berfikir  
Pembelajaran berfikir adalah pemanfaatan dan penggunaan otak secara maksimal
5. Prinsip Keterbukaan  
Proses pembelajaran haruslah berlangsung secara terbuka antara guru dan peserta didik. Guru haruslah memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengemukakan hipotesis dan mengujinya

Berdasarkan pendapat di atas dapat diketahui bahwa terdapat 5 prinsip dasar dalam pembelajaran inkuiri selain itu pelaksanaan metode pembelajaran inkuiri menurut Sanjaya (2011:201) terdapat enam langkah dalam menggunakan metode belajar ini adalah sebagai berikut:

1. Mengajukan pertanyaan atau permasalahan
2. Merumuskan hipotesis
3. Mengumpulkan data
4. Analisis data
5. Membuat kesimpulan

Langkah-langkah pada inkuiri ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam kegiatan belajar mengajar dikelas. Para siswa akan berperan aktif

melatih keberanian, berkomunikasi dan berusaha mendapatkan pengetahuannya sendiri untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Tugas guru adalah mempersiapkan skenario pembelajaran sehingga pembelajarannya dapat berjalan dengan lancar.

## 2. Inkuiri Terbimbing

Menurut Paul Suparno (2007: 68) model pembelajaran inkuiri terbimbing adalah model pembelajaran yang berpusat pada siswa dimana dalam proses pembelajaran tersebut siswa dituntut aktif dalam melakukan pembelajaran selain itu pembelajaran inkuiri terbimbing memerlukan waktu yang relatif banyak dalam pelaksanaannya, akan tetapi hasil belajar yang dicapai tentunya tentunya sebanding dengan waktu yang digunakan. Pengetahuan baru akan melekat lebih lama apabila siswa dilibatkan secara langsung dalam proses pembelajaran.

Tahapan pembelajaran inkuiri terbimbing menurut Trianto (2010) yaitu:

- a Menyajikan pertanyaan atau masalah
- b Membuat hipotesis
- c Merancang percobaan
- d Melakukan percobaan untuk mengumpulkan informasi
- e Mengumpulkan dan menganalisis data
- f Membuat kesimpulan

Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa ada 6 tahap pembelajaran inkuiri terbimbing yaitu menyajikan pertanyaan, membuat hipotesis, merancang percobaan, mengumpulkan informasi, menganalisis data dan membuat kesimpulan

Menurut Roestiyah (2008:18) inkuiri terbimbing memiliki keunggulan yang dapat dikemukakan sebagai berikut:

- a Dapat membentuk dan mengembangkan “*Self-Concept*” pada diri siswa, sehingga siswa dapat mengerti tentang konsep dasar dan ide-ide yang lebih baik.
- b Membantu dalam menggunakan ingatan dan transfer pada situasi proses belajar yang baru.
- c Mendorong siswa untuk berpikir dan bekerja atas inisiatifnya sendiri, bersikap objektif, jujur, dan terbuka.
- d Situasi proses belajar menjadi lebih terangsang.
- e Dapat mengembangkan bakat atau kecakapan individu.
- f Memberi kebebasan pada siswa untuk belajar sendiri
- g Dapat memberikan waktu kepada siswa secukupnya sehingga mereka dapat mengasimilasi dan mengakomodasi informasi.

Berdasarkan pendapat Roestiyah (2008:18) dapat diketahui kelebihan dari pembelajaran inkuiri namun pembelajaran tersebut memiliki beberapa kekurangan antara lain:

- a Guru harus tepat memilih masalah yang akan dikemukakan untuk membantu siswa menemukan konsep.
- b Guru dituntut menyesuaikan diri terhadap gaya belajar siswa-siswanya.
- c Guru sebagai fasilitator diupayakan kreatif dalam mengembangkan pertanyaan-pertanyaan.

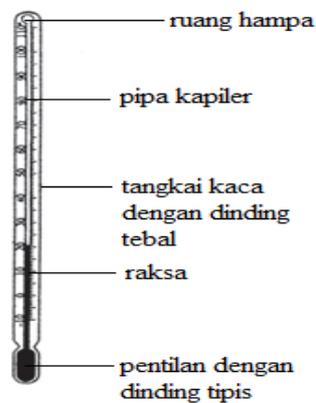
Berdasarkan pendapat di atas, kelemahan model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat diatasi dengan guru mengajukan pertanyaan yang dapat mendorong siswa agar mengajukan hipotesis, menggunakan permainan bervariasi yang dapat mengasah otak dan kemampuan siswa, dan memberi kesempatan pada siswa untuk memberikan pendapat-pendapat mereka.

## E. Suhu dan Kalor

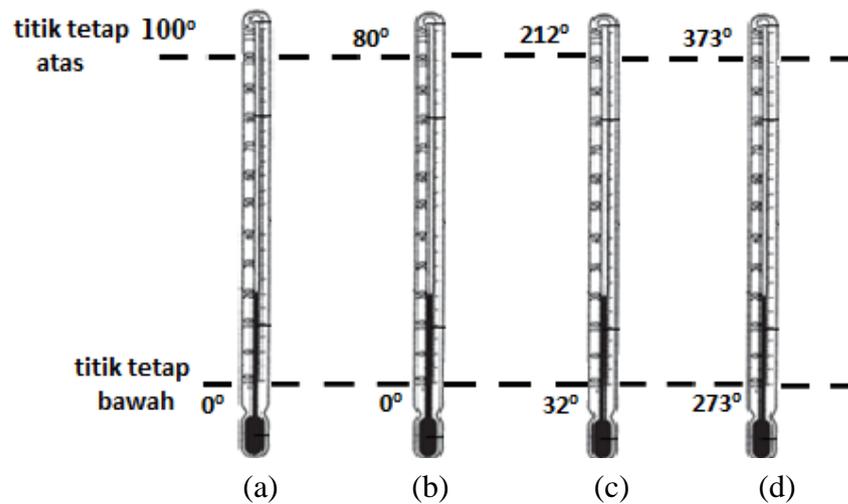
### 1. Suhu dan Termometer

Alat yang dapat mengukur suhu suatu benda disebut termometer.

Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat-sifat fisis benda akibat perubahan suhu. Termometer berupa tabung kaca yang di dalamnya berisi zat cair, yaitu raksa atau alkohol. Pada suhu yang lebih tinggi, raksa dalam tabung memuai sehingga menunjuk angka yang lebih tinggi pada skala. Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah raksa dalam tabung menyusut sehingga menunjuk angka yang lebih rendah pada skala. Terdapat empat skala yang digunakan dalam pengukuran suhu, yaitu, skala Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. bagian-bagian dari termometer dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Bagian-bagian termometer raksa



Gambar 2.2 Penetapan skala pada termometer

Berikut penjelasan Gambar 2.2:

- a Termometer Celcius: Titik tetap bawah diberi angka 0 dan titik tetap atas diberi angka 100. Diantara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi 100 skala.
- b Termometer Reamur: Titik tetap bawah diberi angka 0 dan titik tetap atas diberi angka 80. Di antara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi menjadi 80 skala.
- c Termometer Fahrenheit: Titik tetap bawah diberi angka 32 dan titik tetap atas diberi angka 212. Suhu es yang dicampur dengan garam ditetapkan sebagai  $0^{\circ}\text{F}$ . Di antara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi 180 skala.
- d. Termometer Kelvin: Kelvin menetapkan suhu es melebur dengan angka 273 dan suhu air mendidih dengan angka 373. Rentang titik tetap bawah dan titik tetap atas termometer Kelvin dibagi 100 skala.

Skala Kelvin didasarkan pada suatu zat yang didinginkan terus menerus sampai pada suatu saat molekul-molekul zat itu hampir tidak bergerak.

Suhu itu disebut suhu nol mutlak atau suhu nol Kelvin yang nilainya sama dengan  $-273^{\circ}\text{C}$ . Perbandingan skala antara termometer Celcius, termometer Reamur, dan termometer Fahrenheit adalah:

$$\text{C} : \text{R} : \text{F} = 100 : 80 : 180 \rightarrow \text{C} : \text{R} : \text{F} = 5 : 4 : 9$$

Dengan memperhatikan titik tetap bawah  $0^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{R} = 32^{\circ}\text{F}$ , maka hubungan skala C, R, dan F dapat ditulis sebagai berikut:

$$t^{\circ}\text{C} = 4/5 t^{\circ}\text{R} \quad (3-1)$$

$$t^{\circ}\text{C} = 5/9 (t^{\circ}\text{F} - 32) \quad (3-2)$$

$$t^{\circ}\text{R} = 4/9 (t^{\circ}\text{F} - 32) \quad (3-3)$$

Hubungan skala Celcius dan Kelvin adalah:

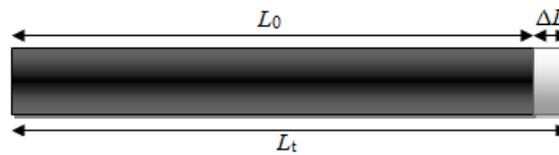
$$t\text{ K} = t^{\circ}\text{C} + 273\text{ K} \quad (3-4)$$

## 2. Pemuaian

Pemuaian merupakan gerakan atom penyusun benda karena mengalami pemanasan. Makin panas suhu suatu benda, makin cepat getaran antar atom yang menyebar ke segala arah. Karena adanya getaran atom inilah yang menjadikan benda tersebut memuai ke segala arah. Pemuaian dapat dialami oleh zat padat, cair, maupun gas.

## a Pemuaiian Panjang

Perhatikan Gambar 2.3 di bawah.



Gambar 2.3 Proses pemuaiian panjang

Berdasarkan Gambar 2.3, kita tinjau sebuah batang yang panjangnya  $L_0$  pada suhu  $T_0$ . Bila suhunya berubah sebesar  $\Delta T$ , panjang batang itu juga berubah sebesar  $\Delta L$ . Hasil percobaan menunjukkan bahwa jika  $\Delta T$  tidak terlalu besar,  $\Delta L$  berbanding lurus dengan  $\Delta T$ . Disamping itu,  $\Delta L$  juga berbanding lurus dengan  $L_0$ . secara matematis,

$\Delta L \propto L_0 \Delta T$ , atau

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T, \quad (3-5)$$

keterangan:

$\Delta L$  : perubahan panjang (m)

$L_0$  : panjang mula-mula (m)

$\alpha$  : koefisien muai panjang ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$\Delta T$  : perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Jika sebuah batang pada suhu  $T_0$  panjang nya  $L_0$ , maka pada suhu  $T =$

$L_0 + \Delta T$  panjang batang itu menjadi

$$L_1 = L_0 + \Delta L$$

$$L_1 = L_0 + \alpha L_0 \Delta T$$

$$L_1 = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3-6)$$

keterangan:

$L_1$  : panjang setelah dipanaskan ( $m^2$ )

$L_0$  : panjang mula-mula ( $m^2$ )

$\alpha$  : koefisien muai panjang ( $^{\circ}C^{-1}$ )

$\Delta T$  : perubahan suhu ( $^{\circ}C$ )

Koefisien muai panjang setiap benda berbeda-beda. Beberapa daftar koefisien muai panjang beberapa benda dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

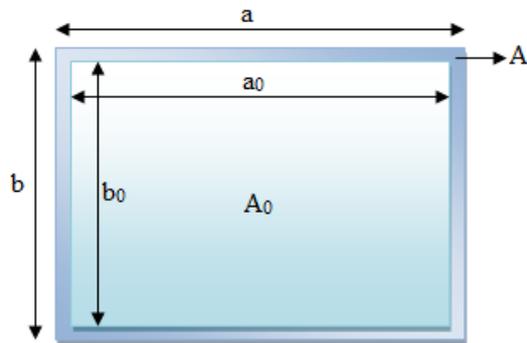
Tabel 2.1 Koefisien Muai Panjang

<b>Bahan</b>	<b><math>\alpha</math> [<math>K^{-1}</math> atau <math>(C^0)^{-1}</math>]</b>
Aluminium	$2,4 \times 10^{-5}$
Kuningan	$2,0 \times 10^{-5}$
Tembaga	$1,7 \times 10^{-5}$
Kaca	$(0,4-0,9) \times 10^{-5}$
Invar (paduan besi-nikel)	$0,09 \times 10^{-5}$
Kuarsa (dilebur)	$0,04 \times 10^{-5}$
Baja	$1,2 \times 10^{-5}$

#### b Pemuaiian Luas

Jika zat padat berbentuk plat dipanaskan, pemuaiian akan terjadi dalam arah panjang dan lebarnya. Dengan kata lain, plat itu mengalami pemuaiian luas.

Peristiwa pemuaian luas dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Pemuaian luas

Gambar 2.4 menunjukkan plat berbentuk segi empat siku-siku yang luasnya  $A_0 = a_0 b_0$ . Jika plat itu dipanaskan sehingga terjadi kenaikan suhu sebesar  $\Delta t$ , sisi  $a$  bertambah sebesar  $\Delta a$  dan sisi  $b$  bertambah panjang panjang sebesar  $\Delta b$ .

Jadi, setelah kenaikan suhu sebesar  $\Delta T$  luasnya menjadi

$$A = P \cdot L \quad ; \quad A = P_0 \cdot L_0$$

$$A = P_0(1 + \alpha \Delta t) \cdot L_0(1 + \alpha \Delta t)$$

$$A = P_0 \cdot L_0(1 + \alpha \Delta t)^2$$

$$A = A_0(1 + 2\alpha \Delta t + \alpha^2 \Delta t^2) \quad ; \quad \text{karena } \alpha^2 \approx 0$$

$$\text{maka: } A = A_0(1 + 2\alpha \Delta t) \quad ; \quad \text{dimana } 2\alpha = \beta$$

$$A = A_0(1 + \beta \Delta t) \quad (3-7)$$

keterangan:

$A$  = luas plat setelah dipanaskan ( $\text{m}^2$ )

$\Delta A$  : perubahan luas plat setelah dipanaskan ( $\text{m}^2$ )

$A_0$  : luas mula-mula ( $\text{m}^2$ )

$\beta$  : koefisien muai luas ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$\Delta t$  : perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Besaran  $\beta$  disebut koefisien muai luas dengan satuan  $\text{K}^{-1}$  atau  $(^{\circ}\text{C})^{-1}$ .

c Pemuai Volume

Jika volume benda mula-mula  $V_0$ , suhu mula-mula  $t_0$  koefisien muai volume  $\gamma$ , maka setelah dipanaskan volumenya menjadi  $V$ , dan suhunya menjadi  $t$  sehingga akan berlaku persamaan, sebagai berikut.

$$V = P \cdot L \cdot T \quad ; \quad V_0 = P_0 \cdot L_0 \cdot T_0$$

$$V = P_0(1 + \alpha\Delta t) \cdot L_0(1 + \alpha\Delta t) \cdot T_0(1 + \alpha\Delta t)$$

$$V = P_0 \cdot L_0 \cdot T_0(1 + \alpha\Delta t)^3$$

$$V = V_0(1 + 3\alpha\Delta t + 3\alpha^2\Delta t^2 + \alpha^3\Delta t^3)$$

karena:  $\alpha^2 \approx 0$  dan  $\alpha^3 \approx 0$

maka:  $V = V_0(1 + 3\alpha\Delta t)$       dimana  $3\alpha = \gamma$

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta t) \tag{3-8}$$

keterangan:

$V$  : volume benda setelah dipanaskan ( $\text{m}^3$ )

$V_0$  : volume mula-mula ( $\text{m}^3$ )

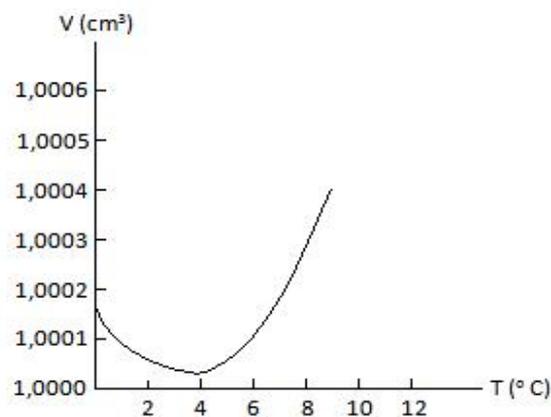
$\gamma$  : koefisien muai volume ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$\Delta t$  : perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Materi pemuai volume di awal pembelajaran disajikan penjelasan secara verbal bagaimana proses pemuai volume terjadi akibat kenaikan temperatur. Selanjutnya diberikan analisis matematika untuk memperoleh persamaan matematis dari pemuai volume tersebut.

#### d Anomali Air

Kebanyakan zat memuai jika dipanaskan, tetapi hal ini tidak berlaku untuk air pada rentang suhu  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $4^{\circ}\text{C}$ . Jika air dipanaskan pada rentang ini, air tidak memuai tetapi justru menyusut seiring kenaikan suhu. Di atas suhu  $4^{\circ}\text{C}$ , air memuai jika dipanaskan. Perilaku aneh air ini dikenal dengan anomali air. Grafik anomali air dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.5 grafik peristiwa anomali air

Gambar 2.5 menunjukkan volume yang ditempati 1 gram air sebagai fungsi suhu. Nampak bahwa volume air minimum terjadi pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ . Karena massa jenis zat berbanding terbalik dengan volumenya, maka massa jenis air maksimum terjadi pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Kalor

Kalor merupakan energi yang ditransfer dari satu benda ke yang lainnya karena adanya perbedaan temperatur. Pada dasarnya kalor adalah perpindahan energi kinetik dari satu benda yang bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Pada waktu zat mengalami pemanasan,

partikel-partikel benda akan bergetar dan menumbuk partikel tetangga yang bersuhu rendah. Hal ini berlangsung terus menerus membentuk energi kinetik rata-rata sama antara benda panas dengan benda yang semula dingin. Pada kondisi seperti ini terjadi keseimbangan termal dan suhu kedua benda akan sama.

Kita dapat mendefinisikan satuan kuantitas kalor berdasarkan perubahan suhu pada suatu bahan. Satu kalori (disingkat 1 kal) didefinisikan sebagai jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu gram air dari  $14,5^{\circ}\text{C}$  menjadi  $15,5^{\circ}\text{C}$ . Satuan lain yang sering digunakan adalah kilokalori (kkal), dengan  $1 \text{ kkal} = 1.000 \text{ kal}$ .

Karena kalor adalah energi yang berpindah, maka harus ada hubungan antara satuan kuantitas kalor dan satuan energi mekanik, misalnya joule.

Hubungan tersebut adalah:

$$1 \text{ kal} = 4,186 \text{ J} \approx 4,190 \text{ J}$$

$$1 \text{ kkal} = 1.000 \text{ kal} = 4.190 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ kal} = 1.055 \text{ J}$$

#### a Kalor Jenis

Jumlah kalor  $Q$  yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu benda bermassa  $m$  dari  $T_1$  ke  $T_2$  sebanding dengan perubahan suhu, berbanding lurus dengan massa benda  $m$ , bergantung pada sifat alami bahan. Dengan demikian, secara matematis dapat dituliskan:

$$Q = mc\Delta T \quad (3-9)$$

keterangan:

$Q$  : kalor yang diserap/dilepas (J)

$m$  : massa benda (kg)

$c$  : kalor jenis benda (J/kg<sup>o</sup>C)

$\Delta T$  : perubahan suhu (°C)

#### b Kapasitas Kalor

Air satu panci ketika dimasak hingga mendidih memerlukan kalor tertentu. Kalor yang dibutuhkan 1 panci air agar suhunya naik 1°C disebut kapasitas kalor. Kapasitas kalor sebenarnya energi yang diberikan dalam bentuk kalor untuk menaikkan suhu benda sebesar satu derajat. Kapasitas kalor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = C\Delta T \quad (3-10)$$

keterangan:

$Q$  : kalor yang diserap/dilepas (J)

$C$  : kapasitas kalor benda (J/°C)

$\Delta T$  : perubahan suhu benda (°C)

Materi kalor jenis dan kapasitas kalor dijelaskan secara verbal definisi dari kalor jenis dan kapasitas kalor lalu diberikan persamaan matematisnya. Pada bahasan ini hanya disajikan menggunakan representasi verbal dan representasi matematis saja karena memang tidak ada representasi gambar atau grafik yang menunjang penjelasan dari materi ini.

c Menghitung Kalor

Jika aliran kalor terjadi antara dua benda yang terisolasi dari lingkungannya, maka jumlah panas yang hilang (dilepaskan) dari satu benda harus sama dengan jumlah panas yang diperoleh (diterima) benda lain. Secara matematis:

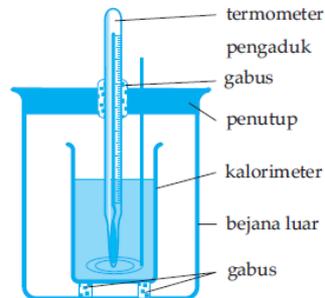
$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}} \quad (3-11)$$

Prinsip yang terkandung pada persamaan di atas merupakan salah satu bentuk hukum kekekalan energi. Hukum kekekalan energi sebagaimana dirumuskan dengan persamaan di atas pertama kali dirumuskan oleh Joseph Black (1728-1799), seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris. Oleh karena itu, persamaan di atas dikenal dengan *asas Black*

d Kalorimeter

Jika seluruh sistem terisolasi dari lingkungannya, panas yang dilepaskan benda sama dengan panas yang diterima oleh air dan wadahnya. Prosedur ini dinamakan kalorimetri dan wadah yang terisolasi tersebut dinamakan kalorimeter. Prinsip kerja kalorimeter adalah berdasarkan asas Black sebagaimana telah diuraikan sebelumnya. Ada dua macam kalorimeter yaitu kalorimeter aluminium dan kalorimeter listrik.

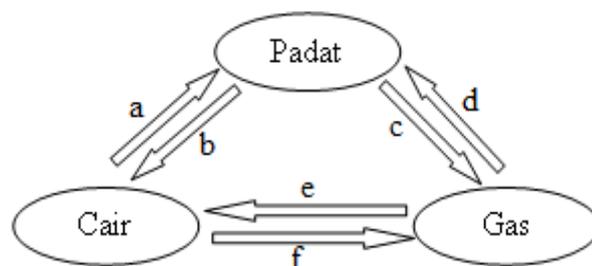
Bagian-bagian dari kalorimeter air sederhana dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini:



Gambar 2.6 Bagian-bagian kalorimeter air sederhana

#### 4. Perubahan Wujud

Ada lima macam perubahan wujud zat yaitu mencair (perubahan wujud dari beku/padatan menjadi cair), membeku (perubahan wujud zat dari padat menjadi cair), menyublim (perubahan wujud zat dari padat menjadi gas dan sebaliknya), menguap (perubahan wujud zat dari cair menjadi gas) dan mengembun (perubahan wujud zat dari gas menjadi cair). Dari penjelasan tersebut peristiwa perubahan wujud zat dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini:

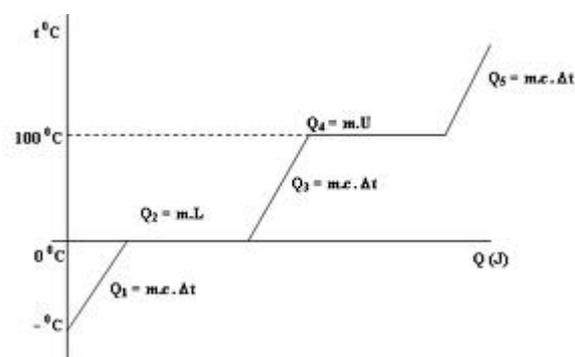


Gambar 2.7 Perubahan wujud zat

Keterangan gambar 2.7:

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| a. Membeku (melepas kalor)    | d. Menyublim (melepas kalor) |
| b. Mencair (menyerap kalor)   | e. Mengembun (melepas kalor) |
| c. Menyublim (menyerap kalor) | f. Menguap (menyerap kalor)  |

Selain itu perubahan kalor air berdasarkan hasil eksperimen dapat diamati pada grafik seperti gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.8 Grafik perubahan kalor pada es

Kalor yang dibutuhkan per satuan massa untuk mengubah wujud zat padat menjadi zat cair disebut kalor lebur ( $L_1$ ). Kalor lebur es pada tekanan satu atmosfer adalah

$$L_1 = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg} = 79,7 \text{ kal/g.}$$

Harga kalor lebur bahan berbeda-beda bergantung pada besar tekanan udara. Secara umum, untuk meleburkan bahan bermassa  $m$  yang memiliki kalor lebur  $L_1$  dibutuhkan kalor  $Q$  sebesar

$$Q = m L_1 \quad (3-12)$$

Proses ini bersifat reversibel, artinya dapat bolak-balik. Kalor yang diperlukan untuk melebur (mencairkan) bahan bermassa  $m$  sama besarnya dengan kalor yang dilepaskan untuk membekukan bahan bermassa  $m$ .

Kalor kita anggap bernilai positif jika diterima dan kita anggap negatif jika dilepaskan. Oleh karena itu, kita menuliskan.

$$Q = \pm mL \quad (3-13)$$

keterangan:

$Q$  : kalor yang diperlukan (J)

$m$  : massa benda (kg)

$L_1$  : kalor lebur (J/kg)

Kalor yang dibutuhkan per satuan massa yang berkaitan dengan peristiwa pendidihan tau penguapan disebut kalor uap dengan simbol  $L_u$ . Pada tekanan 1 atm, kalor penguapan air adalah

$$L_u = 2,256 \times 10^6 \text{ J/kg} = 538 \text{ kal/g.}$$

Artinya, untuk mengubah 1 kg air pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dibutuhkan kalor sebanyak  $2,256 \times 10^6 \text{ J}$ .

Kalor yang diperlukan untuk menguapkan sejumlah zat yang massanya  $m$  dan kalor uapnya  $L_u$ , dapat dinyatakan sebagai berikut

$$Q = mL_u \quad (3-14)$$

keterangan:

$Q$  : kalor yang diperlukan (J)

$m$  : massa benda (kg)

$L_u$  : kalor uap (J/kg)

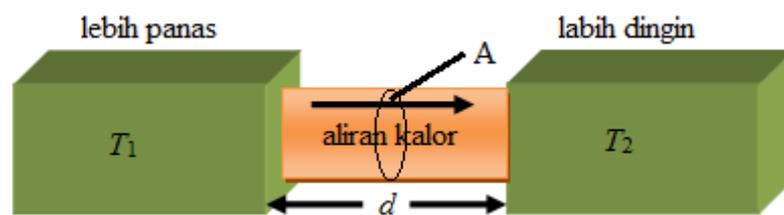
## 5. Perpindahan Kalor

Ada tiga mekanisme perpindahan kalor, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

### a Konduksi

Konduksi kalor hanya terjadi apabila ada perbedaan temperatur.

Berdasarkan percobaan ditemukan bahwa kecepatan aliran kalor melalui benda sebanding dengan perbedaan temperatur antara ujung-ujungnya. Kecepatan aliran kalor juga bergantung pada ukuran dan bentuk benda, dan untuk menyelidiki hal ini mari kita lihat aliran kalor melalui benda sebagai mana ditunjukkan gambar 2.9 sebagai berikut:



Gambar 2.9 konduksi kalor antara daerah dengan temperatur  $T_1$  dan  $T_2$ . Jika  $T_1$  lebih besar dari  $T_2$ , kalor mengalir ke kanan.

Besarnya aliran kalor secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = \frac{kxtxA(T_1 - T_2)}{d} \text{ atau } \frac{Q}{t} = \frac{kxA(T_1 - T_2)}{d} \quad (3-14)$$

Jika  $\frac{Q}{t}$  merupakan kelajuan hantaran kalor (banyaknya kalor yang mengalir per satuan waktu) dan  $\Delta T = T_2 - T_1$ , maka persamaan di atas menjadi seperti berikut:

$$H = k \times A \times \frac{\Delta T}{d} \quad (3-15)$$

keterangan:

$Q$  : banyak kalor yang mengalir (J)

$A$  : luas permukaan ( $m^2$ )

$\Delta T$  : perbedaan suhu dua permukaan (K)

$d$  : tebal lapisan (m)

$k$  : konduktivitas termal daya hantar panas (J/ms K)

$t$  : lamanya kalor mengalir

$H$  : kelajuan hantaran kalor (J/s)

#### b Konveksi

Konveksi adalah proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat lain. Sementara konduksi melibatkan molekul yang hanya bergerak dalam jarak yang kecil dan bertumbukan, konveksi melibatkan pergerakan molekul dalam jarak yang besar. Perpindahan kalor secara konveksi dapat terjadi pada zat cair dan gas.

Contoh peristiwa konveksi adalah seperti dapat dilihat pada gambar

2.10 sebagai berikut:



Gambar 2.10 Arus konveksi pada sepanci air yang dipanaskan di atas kompor

Ketika sepanci air dipanaskan, arus konveksi terjadi sementara air yang dipanaskan di bagian bawah panci naik karena massa jenis atau kerapatannya berkurang dan digantikan oleh air yang lebih dingin di atasnya. Hal ini menyebabkan air berputar pada sistem. Adapun secara empiris laju perpindahan kalor secara konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H = h \cdot A \cdot \Delta T^4 \quad (3-16)$$

keterangan:

H : laju perpindahan kalor (W)

A : luas permukaan benda ( $m^2$ )

$\Delta T$  :  $T_2 - T_1 =$  perbedaan suhu (K atau  $^{\circ}C$ )

$h$  : koefisien konveksi ( $Wm^{-2}K^{-4}$ )

#### c Radiasi

Perpindahan kalor yang tidak memerlukan perantara (medium) disebut radiasi. Setiap benda mengeluarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Emisivitas adalah besaran yang menunjukkan besarnya pancaran radiasi kalor suatu benda dibandingkan dengan besar pancaran radiasi benda hitam sempurna. Jadi emisivitas tidak mempunyai satuan. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$H = Ae\sigma T^4 \quad (3-17)$$

keterangan:

$H$  : laju radiasi (W)

$A$  : luas penampang benda ( $m^2$ )

$T$  : suhu mutlak (K)

$e$  : emisivitas bahan

$\sigma$  : tetapan Stefan-Boltzman ( $5,6705119 \times 10^{-8} \text{ W/mK}^4$ )