

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hakekat Pembelajaran IPA

Kata IPA merupakan singkatan dari Ilmu Pengetahuan Alam yang merupakan terjemahan dari bahasa Inggris *Natural Science* atau *Science*. *Natural* artinya alamiah, berhubungan dengan alam atau sangkut paut dengan alam. *Science* artinya ilmu pengetahuan. Jadi IPA atau *Science* secara harfiah dapat disebut sebagai ilmu tentang alam, ilmu yang mempelajari peristiwa-peristiwa yang terjadi di alam (Depdiknas, 2007)

IPA atau sains merupakan suatu kumpulan pengetahuan yang tersusun secara sistematis, dan dalam penggunaannya secara umum terbatas pada gejala-gejala alam. Perkembangan IPA selanjutnya tidak hanya ditandai oleh adanya kumpulan fakta saja, tetapi juga ditandai oleh munculnya metode ilmiah (*scientific methods*) yang terwujud melalui suatu rangkaian kerja ilmiah (*working scientifically*), nilai dan sikap ilmiah (*scientific attitudes*). Sejalan dengan pengertian IPA tersebut, Conant (2007), mendefinisikan bahwa:

IPA sebagai suatu rangkaian konsep yang saling berkaitan dengan bagan-bagan konsep yang telah berkembang sebagai suatu hasil eksperimen dan observasi, yang bermanfaat untuk eksperimentasi dan observasi lebih lanjut.

Pendidikan Sains menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar siswa mampu menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pendidikan Sains diarahkan untuk mencari tahu dan berbuat sehingga dapat membantu siswa untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alam sekitar. Oleh karena itu, pendekatan yang diterapkan dalam menyajikan pembelajaran Sains adalah memadukan antara pengalaman proses sains dan pemahaman produk sains dalam bentuk pengalaman langsung.

Merujuk pada pengertian IPA tersebut, menurut Depdiknas (2007), pada hakikatnya IPA meliputi empat unsur, yaitu:

- 1) Produk: berupa fakta, prinsip, teori, dan hukum;
- 2) Proses: prosedur pemecahan masalah melalui metode ilmiah; metode ilmiah meliputi pengamatan, penyusunan hipotesis, perancangan eksperimen, percobaan atau penyelidikan, pengujian hipotesis melalui eksperimentasi;
- 3) Aplikasi: penerapan metode atau kerja ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari-hari;
- 4) Sikap: rasa ingin tahu tentang obyek, fenomena alam, makhluk hidup, serta hubungan sebab akibat yang menimbulkan masalah baru yang dapat dipecahkan melalui prosedur yang benar; sains bersifat *open ended*.

Menurut Holil (2009), hakekat IPA atau sains terdiri atas tiga komponen, yaitu produk, proses, dan sikap ilmiah. Jadi tidak hanya terdiri atas kumpulan pengetahuan atau fakta yang dihafal, namun juga merupakan kegiatan atau proses aktif menggunakan pikiran dalam mempelajari rahasia gejala alam.

Hakekat IPA sebagai proses, merupakan suatu proses yang diperoleh melalui metode ilmiah. IPA tidak hanya kumpulan-kumpulan pengetahuan tentang alam tetapi juga menekankan pada cara kerja dan cara berpikir. Misalnya dalam

melakukan penelitian, memahami IPA lebih dari hanya mengetahui fakta-fakta tetapi juga memahami, mengumpulkan, dan menghubungkan fakta-fakta untuk menginterpretasikannya. Menurut Agnes dalam Okviyanti (2009), tahapan-tahapan dalam proses tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Observasi.
- 2) Masalah.
- 3) Pemecahan masalah.
- 4) Eksperimen.
- 5) Mengendalikan variabel.
- 6) Pengumpulan data.
- 7) Simpulan.

Hakekat IPA sebagai produk, merupakan kumpulan hasil yang diperoleh dari proses dengan menggunakan metode ilmiah yang tersusun secara sistematis dan lengkap.

B. Pembelajaran Fisika

Menurut Depdikbud dalam Awan (2008), salah satu tujuan pengajaran IPA adalah agar siswa memahami konsep-konsep IPA dan keterkaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Kegiatan belajar merupakan kegiatan yang paling pokok dalam keseluruhan proses pendidikan. Hal ini sesuai dengan pendapat Surya dalam Awan (2008), bahwa berhasil tidaknya pencapaian tujuan pendidikan banyak bergantung kepada bagaimana proses belajar yang dialami oleh siswa.

Dalam kaitannya dengan pembelajaran fisika yang merupakan bagian dari IPA, keberadaan alat peraga mempunyai pengaruh terhadap keberhasilan belajar mengajar. Menurut Surya dalam Awan (2008), alat peraga merupakan salah satu faktor untuk mencapai efisiensi hasil belajar. Sedangkan menurut Sudjana dalam

Awan (2008), pengajaran pada dasarnya adalah suatu proses terjadinya interaksi guru siswa melalui kegiatan terpadu dari dua bentuk kegiatan, yaitu kegiatan belajar siswa dan kegiatan mengajar guru.

Penggunaan alat peraga diharapkan dapat meletakkan dasar-dasar yang nyata untuk berfikir, oleh karena itu dapat mengurangi terjadinya verbalisme, dapat memperbesar minat dan perhatian siswa untuk belajar, dapat meletakkan dasar untuk perkembangan belajar sehingga hasil belajar bertambah mantap, memberikan pengalaman yang nyata dan dapat menumbuhkan kegiatan berusaha sendiri pada setiap siswa, menumbuhkan pemikiran yang teratur dan berkesinambungan, membantu tumbuhnya pemikiran dan membantu berkembangnya kemampuan berbahasa, memberikan pengalaman yang tidak mudah diperoleh dengan cara lain serta membantu berkembangnya efisiensi dan pengalaman belajar yang lebih sempurna.

C. Alat Peraga

Rusefendi dalam Lestari (2006), memberikan definisi alat peraga yaitu alat untuk menerangkan/mewujudkan konsep. Sedangkan Menurut Anderson dalam Lestari (2006), alat peraga digunakan sebagai media atau perlengkapan untuk membantu para pengajar. Nasution dalam Herlina (2006), mengatakan bahwa alat peraga adalah alat pembantu dalam mengajar agar efektif. Hamzah dalam Herlina (2006), menyatakan bahwa media pendidikan adalah alat-alat yang dapat dilihat dan didengar untuk membuat cara berkomunikasi menjadi efektif. Sedangkan menurut Nasution dalam Herlina (2006), yang dimaksud dengan alat peraga adalah alat bantu dalam mengajar lebih efektif. Darhim dalam Samarinda (2011),

mengatakan bahwa alat peraga adalah sebuah bentuk perantara yang dipakai orang sehingga gagasannya sampai pada penerima.

Soelarko dalam Awan (2008), mengatakan bahwa:

Tiap-tiap benda yang dapat menjelaskan suatu ide, prinsip, gejala atau hukum alam, dapat disebut alat peraga. Fungsi dari alat peraga ialah memvisualisasikan sesuatu yang tidak dapat dilihat atau sukar dilihat, hingga nampak jelas dan dapat menimbulkan pengertian atau meningkatkan persepsi seseorang.

Menurut Sudjana dalam Awan (2008), alat peraga dalam mengajar memegang peranan penting sebagai alat bantu untuk menciptakan proses belajar mengajar yang efektif. Sedangkan menurut Surya dalam Awan (2008), alat peraga merupakan salah satu faktor untuk mencapai efisiensi hasil belajar. Ada enam fungsi pokok dari alat peraga dalam proses belajar mengajar yang dikemukakan oleh Sudjana dalam Awan (2008), yaitu:

- 1) Penggunaan alat peraga dalam proses belajar mengajar bukan merupakan fungsi tambahan tetapi mempunyai fungsi tersendiri sebagai alat bantu untuk mewujudkan situasi belajar mengajar yang efektif.
- 2) Penggunaan alat peraga merupakan bagian yang integral dari keseluruhan situasi mengajar.
- 3) Alat peraga dalam pengajaran penggunaannya integral dengan tujuan dan isi pelajaran.
- 4) Alat peraga dalam pengajaran bukan semata-mata alat hiburan atau bukan sekedar pelengkap.
- 5) Alat peraga dalam pengajaran lebih diutamakan untuk mempercepat proses belajar mengajar dan membantu siswa dalam menangkap pengertian yang diberikan guru. Penggunaan alat peraga dalam pengajaran diutamakan untuk mempertinggi mutu belajar mengajar.

Alat peraga adalah salah satu atau seperangkat benda konkrit (alat bantu) yang dibuat atau disusun secara sengaja untuk membantu menanamkan atau mengembangkan konsep, fakta dan prinsip dalam pembelajaran. Dalam proses

pembelajaran alat peraga dipergunakan dengan tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar lebih efektif dan efisien. Selain itu penggunaan alat peraga dalam pembelajaran fisika juga dimaksudkan agar siswa tertarik, senang dan mudah memahami konsep yang terkandung di dalamnya serta menantang kesanggupan berpikir siswa yang akhirnya siswa tidak takut dengan mata pelajaran fisika. Prinsip-prinsip penggunaan alat peraga menurut Sudjana dalam Samarinda (2011) adalah :

- 1) Menentukan alat peraga dengan tepat dan sesuai dengan tujuan serta bahan pelajaran yang diajarkan.
- 2) Menetapkan dan memperhitungkan subyek dengan tepat, perlu diperhitungkan apakah alat peraga itu sesuai dengan tingkat kematangan dan kemampuan siswa.
- 3) Menyajikan alat peraga dengan tepat, tehnik dan metode penggunaan alat peraga dalam pengajaran harus sesuai dengan tujuan, metode, waktu, dan sarana yang ada.

D. Alat Peraga Sebagai Media Pembelajaran

Alat peraga yang merupakan salah satu dari media pendidikan adalah alat untuk membantu proses belajar mengajar agar proses komunikasi dapat berhasil dengan baik dan efektif. Berdasarkan uraian tersebut jelaslah bahwa media atau alat bantu mengajar adalah merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dan dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan kemauan siswa sehingga dapat mendorong terjadinya proses belajar pada diri siswa.

Gerlach dan Ely dalam Arsyad (2002) mengemukakan 3 ciri media yang merupakan petunjuk mengapa media digunakan yaitu:

- 1) Ciri fiksatif, menggambarkan kemampuan media merekam menyimpan, melestarikan dan merekonstruksi suatu peristiwa atau objek.
- 2) Ciri manipulatif, menggambarkan kemampuan media dalam memanipulasi waktu menjadi lebih lambat ataupun lebih cepat.
- 3) Ciri distributive, memungkinkan suatu kejadian melalui ruang dan secara bersamaan kejadian tersebut disajikan kepada sejumlah besar siswa dengan stimulus pengalaman yang relative sama mengenai kejadian itu.

Menurut Brunner dalam Sadiman (2003), dalam proses belajar anak sebaiknya diberi kesempatan untuk memanipulasi benda-benda (alat peraga). Penggunaan alat peraga dalam belajar oleh Brunner dijelaskan bahwa dalam proses belajar mengajar, siswa diberi kesempatan untuk memanipulasi benda-benda konkret/alat peraga, sehingga siswa langsung dapat berfikir bagaimana, serta pola apa yang terdapat dalam benda-benda yang sedang diperhatikannya.

Kata media berasal dari bahasa latin dan merupakan bentuk jamak dari kata medium yang secara harfiah berarti perantara atau penghantar. Media pembelajaran dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima. Media pembelajaran mampu merangsang pikiran, perasaan, minat, dan perhatian siswa sehingga proses belajar terjadi (Sadiman, 2003)

Sadiman (2003), mengemukakan bahwa:

Media pembelajaran dapat berupa perangkat lunak (*Software*) yang berisi pesan atau informasi pendidikan yang biasanya disajikan dengan menggunakan peralatan. Sedangkan peralatan atau perangkat keras (*Hardware*) sendiri merupakan sarana untuk menampilkan pesan yang terkandung pada media tersebut.

Kata media juga berasal dari bahasa latin *medius* yang secara harfiah berarti tengah, perantara atau pengantar. Sedangkan dalam bahasa arab media adalah

perantara atau pengantar pesan dari pengirim kepada penerima pesan (Arsyad, 2002)

Heinich dkk dalam Arsyad (2002) mengemukakan bahwa:

Medium sebagai perantara yang mengantar informasi antara sumber dan penerima. Televisi, rekaman audio, gambar yang diproyeksikan, bahan-bahan cetakan dan sejenisnya adalah media komunikasi. Jika media itu membawa pesan instruksional atau mengandung maksud-maksud pengajaran maka media itu disebut media pengajaran.

Sejalan dengan batasan tersebut Hamidjojo dalam Arsyad (2002) memberi batasan media sebagai semua bentuk perantara yang digunakan oleh manusia untuk menyampaikan atau menyebar ide, gagasan atau pendapat sehingga ide, gagasan atau pendapat yang dikemukakan itu sampai kepada penerima yang dituju.

Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran merupakan alat bantu dalam penyampaian pesan atau informasi pembelajaran kepada siswa sehingga dapat meningkatkan keefektifan proses pembelajaran.

Penggunaan media dalam proses pembelajaran harus dipilih sesuai bentuk pesan yang akan disampaikan dan tujuan yang akan dicapai dalam proses pembelajaran tersebut. Selain itu ada faktor lainnya yang harus diperhatikan yaitu, ketersediaan sumber setempat, artinya bila media yang bersangkutan tidak terdapat pada sumber-sumber yang ada, harus dibeli/dibuat sendiri, ketersediaan dana, tenaga dan fasilitas, keluwesan, kepraktisan dan ketahanan media yang bersangkutan untuk waktu yang lama. Artinya media bisa digunakan dimanapun dan kapanpun serta mudah dipindahkan. Yang terakhir adalah efektivitas biayanya dalam jangka waktu yang panjang.

Menurut Suyanto (2006), media pembelajaran dikatakan baik atau efektif jika telah dilakukan tiga uji penting (pada kondisi tertentu) yaitu uji isi materi, uji desain media, dan uji efektivitas media. Rentang nilai yang digunakan dari penilaian setiap uji adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Konversi skor kualitas ke pernyataan kualitas

Skor kualitas	Pernyataan kualitas
3,26 - 4,00	Sangat Baik
2,51 - 3,25	Baik
1,76 - 2,50	Cukup Baik
1,01 - 1,75	Kurang Baik

Heinich, Molenda dan Russel dalam Okviyanti (2009) menyatakan bahwa media dalam aktivitas pembelajaran dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang dapat membawa informasi dan pengetahuan dalam interaksi yang berlangsung antara dosen dan mahasiswa. Heinich dalam Okviyanti (2009), mengemukakan klasifikasi media yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran yaitu:

- 1) Media yang tidak di proyeksikan,
- 2) Media yang diproyeksikan (*projected media*),
- 3) Media audio
- 4) Media video dan film,
- 5) Komputer,
- 6) Multimedia berbasis komputer.

AECT (*Association for Education and Communication Technology*) dalam Arsyad (2002), mengatakan bahwa media adalah segala bentuk dan saluran yang digunakan untuk menyampaikan pesan atau informasi. Sedangkan Djamarah dalam Kusumah (2010), menyatakan bahwa media adalah alat bantu apa saja yang dapat dijadikan sebagai penyalur pesan guna mencapai tujuan pembelajaran.

Selanjutnya Purnamawati dan Eldarni dalam Kusumah (2010), menegaskan bahwa:

Media adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan minat siswa sedemikian rupa sehingga terjadi proses belajar.

Gerlach dan Ely dalam Arsyad (2010), menyatakan bahwa :

Media apabila dipahami secara garis besar adalah manusia, materi, atau kejadian yang membangun kondisi yang membuat siswa mampu memperoleh pengetahuan, keterampilan atau sikap.

Banyak jenis media yang sudah dikenal dan digunakan dalam penyampaian informasi dan pesan – pesan pembelajaran. Setiap jenis atau bagian dapat pula dikelompokkan sesuai dengan karakteristik dan sifat – sifat media tersebut. Sampai saat ini belum ada kesepakatan yang baku dalam mengelompokkan media. Jadi banyak tenaga ahli mengelompokkan atau membuat klasifikasi media akan tergantung dari sudut mana mereka memandang dan menilai media tersebut.

Menurut Kusumah (2010), penggolongan media, jika dilihat dari berbagai sudut pandang yaitu:

- 1) Dilihat dari jenisnya media dapat digolongkan menjadi media Audio, media Visual dan media Audio Visual.
- 2) Dilihat dari daya liputnya media dapat digolongkan menjadi media dengan daya liput luas dan serentak, media dengan daya liput yang terbatas dengan ruang dan tempat dan media pengajaran individual.
- 3) Dilihat dari bahan pembuatannya media dapat digolongkan menjadi media sederhana (murah dan mudah memperolehnya) dan media komplek.
- 4) Dilihat dari bentuknya media dapat digolongkan menjadi media grafis (dua dimensi), media tiga dimensi, dan media elektronik.

Media pembelajaran sebagai alat bantu dalam proses belajar dan pembelajaran adalah suatu kenyataan yang tidak bisa kita pungkiri keberadaannya. Karena memang guru yang menghendaki untuk memudahkan tugasnya dalam menyampaikan pesan-pesan atau materi pembelajaran kepada siswanya. Guru sadar bahwa tanpa bantuan media, maka materi pembelajaran sukar untuk dicerna dan dipahami oleh siswa, terutama materi pembelajaran yang rumit dan kompleks. Setiap materi pembelajaran mempunyai tingkat kesukaran yang bervariasi. Pada satu sisi ada bahan pembelajaran yang tidak memerlukan media pembelajaran, tetapi dilain sisi ada bahan pembelajaran yang memerlukan media pembelajaran. Materi pembelajaran yang mempunyai tingkat kesukaran tinggi tentu sukar dipahami oleh siswa, apalagi oleh siswa yang kurang menyukai materi pembelajaran yang disampaikan.

Fungsi media dalam proses belajar mengajar yaitu untuk meningkatkan rangsangan peserta didik dalam kegiatan belajar. Hamalik dalam Arsyad (2002) mengemukakan bahwa pemakaian media pembelajaran dalam proses belajar pembelajaran dapat membangkitkan minat dan keinginan yang baru, membangkitkan motivasi dan rangsangan belajar, dan bahkan membawa pengaruh-pengaruh psikologis terhadap siswa.

Menurut Wijaya (2010), ciri-ciri umum media pembelajaran yaitu:

- 1) Media pembelajaran memiliki pengertian fisik yang dewasa ini dikenal sebagai perangkat keras (*hardware*), yaitu suatu benda yang dapat dilihat, didengar, atau diraba dengan panca indera.
- 2) Media pembelajaran memiliki pengertian nonfisik yang dikenal sebagai perangkat lunak (*software*) yaitu kandungan pesan yang terdapat dalam perangkat keras yang merupakan isi yang ingin disampaikan kepada siswa.

- 3) Penekanan media pembelajaran terdapat pada visual dan audio.
- 4) Media pembelajaran memiliki pangertian alat bantu pada proses belajar baik di dalam maupun di luar kelas.
- 5) Media pembelajaran digunakan dalam rangka komunikasi dan interaksi guru dan siswa dalam proses pembelajaran.
- 6) Media pembelajaran dapat digunakan secara masal (misalnya radio, televisi), kelompok besar dan kelompok kecil (misalnya film, slide, video, OHP), atau perorangan (misalnya: modul, komputer, radio tape/kaset, video recorder).
- 7) Sikap, perbuatan, organisasi, strategi, dan manajemen yang berhubungan dengan penerapan suatu ilmu.

Kemp dan Dayton dalam Arsyad (2002) mengemukakan 3 fungsi utama media pembelajaran adalah:

- 1) Memotivasi minat dan tindakan.
- 2) Menyajikan informasi.
- 3) Memberi instruksi.

Sedangkan Latuheru dalam Wijaya (2010) berpendapat bahwa peran media dalam pembelajaran adalah:

- 1) Membangkitkan motivasi belajar pembelajar.
- 2) Mengulang apa yang telah dipelajari pembelajar.
- 3) Merangsang pembelajar untuk belajar penuh semangat.
- 4) Mengaktifkan respon pembelajar.

Sedangkan menurut Harjanto dalam Kusumah (2010), Secara umum manfaat media pembelajaran adalah:

- 1) Memperjelas penyajian pesan agar tidak terlalu verbalistis (tahu kata-katanya, tetapi tidak tahu maksudnya).
- 2) Mengatasi keterbatasan ruang, waktu dan daya indera.
- 3) Dengan menggunakan media pembelajaran yang tepat dan bervariasi dapat diatasi sikap pasif siswa.
- 4) Dapat menimbulkan persepsi yang sama terhadap suatu masalah.

Selanjutnya menurut Purnamawati dan Eldarni dalam Kusumah (2010) manfaat media pembelajaran yaitu :

- 1) Membuat konkrit konsep yang abstrak, misalnya untuk menjelaskan peredaran darah.
- 2) Membawa obyek yang berbahaya atau sukar didapat di dalam lingkungan belajar.
- 3) Menampilkan obyek yang terlalu besar, misalnya pasar, candi.
- 4) Menampilkan obyek yang tidak dapat diamati dengan mata telanjang.
- 5) Memperlihatkan gerakan yang terlalu cepat.
- 6) Memungkinkan siswa dapat berinteraksi langsung dengan lingkungannya.
- 7) Membangkitkan motivasi belajar Memberi kesan perhatian individu untuk seluruh anggota kelompok belajar.
- 8) Menyajikan informasi belajar secara konsisten dan dapat diulang maupun disimpan menurut kebutuhan.
- 9) Menyajikan informasi belajar secara serempak (mengatasi waktu dan ruang) dan mengontrol arah maupun kecepatan belajar siswa.

Menurut Sugiarto dan Hidayah dalam Lestari (2006), penggunaan media dalam pembelajaran mempunyai arti penting, yaitu:

- 1) Mampu mengatasi keterbatasan perbedaan pengalaman pribadi siswa.
- 2) Mampu mengatasi keterbatasan ruang kelas.
- 3) Mampu mengatasi keterbatasan ukuran benda.
- 4) Mampu mengatasi keterbatasan kecepatan gerak benda.
- 5) Mampu mempengaruhi motivasi belajar siswa.
- 6) Mampu mempengaruhi abstraksi siswa.
- 7) Memungkinkan pembelajaran yang lebih bervariasi.

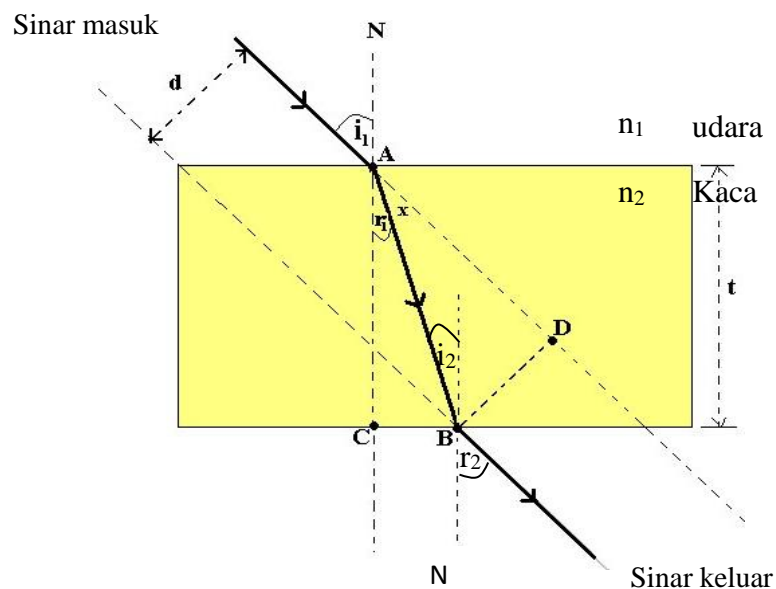
Berdasarkan uraian pendapat para ahli tersebut dapat disimpulkan beberapa manfaat yang dapat diambil dari penggunaan media pembelajaran dalam proses pembelajaran antara lain adalah dapat memperjelas penyajian pesan informasi dapat meningkatkan dan mengarahkan perhatian siswa sehingga dapat menimbulkan motivasi belajar, interaksi secara langsung antara siswa dan lingkungannya, dan dapat meningkatkan kemungkinan siswa untuk belajar sendiri

sesuai dengan kemampuan dan minatnya. Dengan demikian diharapkan proses pembelajaran dapat berjalan semakin lancar sehingga hasil belajar dapat meningkat.

E. Materi

1. Kaca Plan Paralel

Kaca plan paralel atau balok kaca adalah keping kaca tiga dimensi yang kedua sisinya dibuat sejajar. Jika seberkas sinar datang dan suatu medium dengan indeks bias n_1 ke suatu kaca planparalel dengan indeks bias n_2 maka sinar keluar akan sejajar dengan sinar yang masuk seperti tampak pada gambar 2.1. Dengan demikian sudut $i_1 = r_2$ dan sinar yang keluar dan kaca plan paralel mengalami pergeseran sejauh d dari arah semula. Perjalanan sinar pada kaca plan paralel di gambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Perjalanan sinar pada Kaca Plan Paralel

Keterangan:

- d = pergeseran sinar
- t = tebal balok kaca plan paralel

- i_1 = Sudut datang pada pembiasan pertama
 r_1 = sudut bias pada pembiasan pertama
 i_2 = Sudut datang pada pembiasan kedua
 r_2 = sudut bias pada pembiasan kedua

Berdasarkan gambar di atas, cahaya yang mengenai kaca planparalel akan mengalami dua pembiasan, yaitu pembiasan ketika memasuki kaca planparalel dan pembiasan ketika keluar dari kaca plan paralel.

a. Pada saat sinar memasuki kaca :

Sinar datang (i_1) dari udara (medium renggang) ke kaca (medium rapat) maka akan dibiaskan (r_1) mendekati garis normal (N).

b. Pada saat sinar keluar dari kaca

Sinar datang (i_2) dari udara (medium renggang) ke kaca (medium rapat) maka akan dibiaskan (r_2) menjauhi garis normal (N)

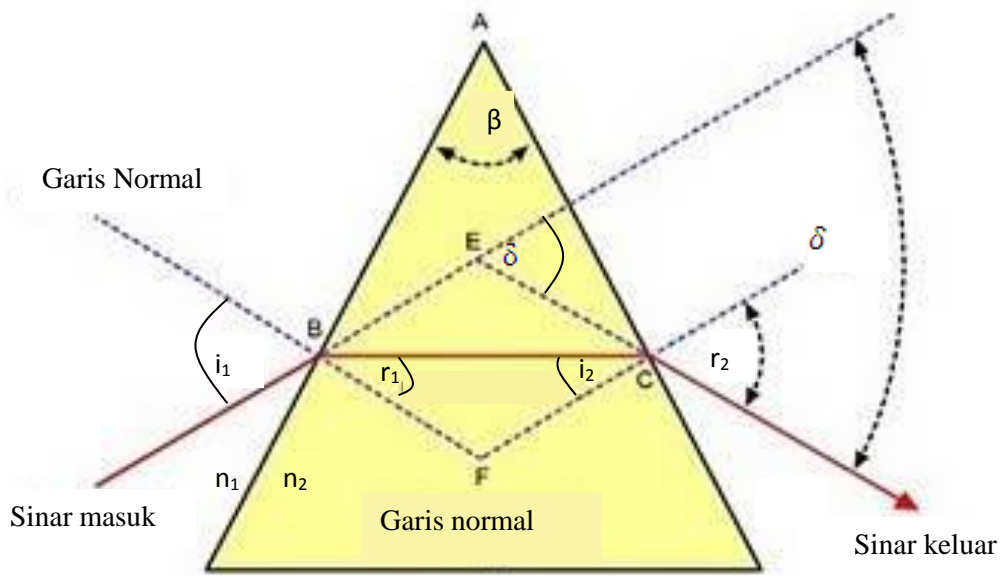
Sinar yang keluar dari kaca palnparalel mengalami pergeseran sejauh d dari arah semula, dan besarnya pergeseran arah sinar tersebut memenuhi persamaan berikut:

$$d = \frac{t \sin(i_1 - r_1)}{\cos r_1} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Prisma

Prisma adalah zat bening (tembus cahaya) yang dibatasi oleh dua bidang pembias yang berpotongan. Garis potong antar kedua bidang pembias disebut sudut pembias atau sudut puncak prisma yang diberi notasi β . Sedangkan perpanjangan sinar datang dan sinar keluar prisma disebut sudut deviasi. Pada prisma juga berlaku hukum pembiasan. Sinar yang melewati prisma akan mengalami 2 kali pembiasan yaitu pada saat sinar masuk prisma dan keluar prisma. Jika sinar

masuk pada salah satu bidang prisma yang kemudian disebut sebagai bidang pembias I, maka sinar akan dibiaskan mendekati garis normal ($n_2 > n_1$). Sampai pada bidang pembias II, berkas sinar tersebut akan dibiaskan menjauhi garis normal ($n_2 > n_1$). Proses pembiasan pada prisma adalah sebagai berikut



Gambar 2.2. Perjalanan sinar pada Prisma

Keterangan :

β = sudut pembias prisma atau sudut puncak

δ = Sudut deviasi

i_1 = sudut datang pada pembiasan pertama

i_2 = sudut datang pada pembiasan kedua

r_1 = sudut bias pada pembiasan pertama

r_2 = sudut bias pada pembiasan kedua

n_1 = indeks bias udara

n_2 = indeks bias prisma

Perhatikan segitiga EBC:

$$\angle EBC = i_1 - r_1$$

$$\angle ECB = r_2 - i_2$$

$$\angle BEC = 180 - \angle EBC - \angle ECB$$

Perhatikan segitiga ABC:

$$\angle ABC = 90 - r_1$$

$$\angle ACB = 90 - i_2$$

$$\angle BAC = 180 - \angle ABC - \angle ACB$$

$$\angle BAC = 180 - (90 - r_1) - (90 - i_2)$$

$$\angle BAC = 180 - 90 + r_1 - 90 + i_2$$

$$\angle BAC = r_1 + i_2$$

$\angle BAC = \beta$, sehingga:

$$\boxed{\beta = r_1 + i_2} \dots\dots\dots 2.2$$

Maka sudut deviasi prisma adalah:

$$\delta = 180 - \angle BEC \quad (\text{garis lurus akan membentuk sudut } 180^\circ)$$

$$\delta = 180 - \angle BEC$$

$$\delta = 180 - (180 - \angle EBC - \angle ECB)$$

$$\delta = \angle EBC + \angle ECB$$

$$\delta = (i_1 - r_1) + (r_2 - i_2)$$

$$\delta = i_1 + r_2 - (r_1 + i_2)$$

$$\boxed{\delta = i_1 + r_2 - \beta} \dots\dots\dots 2.3$$

Sudut deviasi mencapai harga minimum saat $i_1 = r_2$, sehingga:

$$\delta = i_1 + i_1 - \beta$$

$$\delta = 2i_1 - \beta$$

Deviasi minimum di simbolkan dengan δ_m , sehingga berlaku:

$$\delta_m = 2i_1 - \beta$$

$$i_1 = \frac{1}{2} (\delta_m + \beta) \dots\dots\dots 2.4$$

Jika $i_1 = r_2$, maka berlaku $i_2 = r_1$

Lihat persamaan 2.2 : $\beta = r_1 + i_2$, maka $\beta = 2r_1$

$$\text{sehingga } r_1 = \frac{\beta}{2} \dots\dots\dots 2.5$$

$$\text{Berdasarkan hukum snellius : } n = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} \dots\dots\dots 2.6$$

dengan mensubstitusikan persamaan 2.4 dan 2.5 ke persamaan 2.6 maka:

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2} (\delta_m + \beta)}{\sin \frac{\beta}{2}}$$

$$n \sin \frac{\beta}{2} = \sin \frac{1}{2} (\delta_m + \beta) \dots\dots\dots 2.7$$

$$n \frac{\beta}{2} = \frac{1}{2} (\delta_m + \beta)$$

$$n \beta = (\delta_m + \beta)$$

$$\boxed{\delta_m = \beta (n - 1)} \dots\dots\dots 2.8$$

$$\text{Dimana : } n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\text{indeks bias prisma}}{\text{indeks bias udara}}$$

Jika β kurang dari 15° maka berlaku $\sin \beta = \beta$.

3. Penyelidikan Jumlah Bayangan

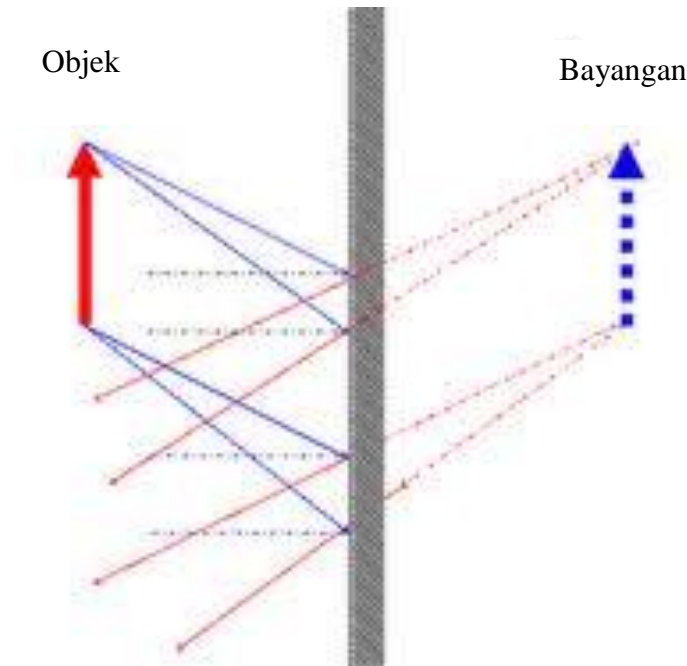
Jika seberkas cahaya mengenai sebuah cermin datar, maka cahaya tersebut akan dipantulkan secara teratur. Peristiwa pemantulan cahaya pada cermin datar dapat menyebabkan pembentukan bayangan benda di dalam cermin.

Bayangan benda yang terbentuk pada cermin datar mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Bayangan bersifat maya (tidak dapat ditangkap oleh layar)
2. Tegak dan menghadap berlawanan arah terhadap bendanya
3. Bayangan sama besar dengan bendanya

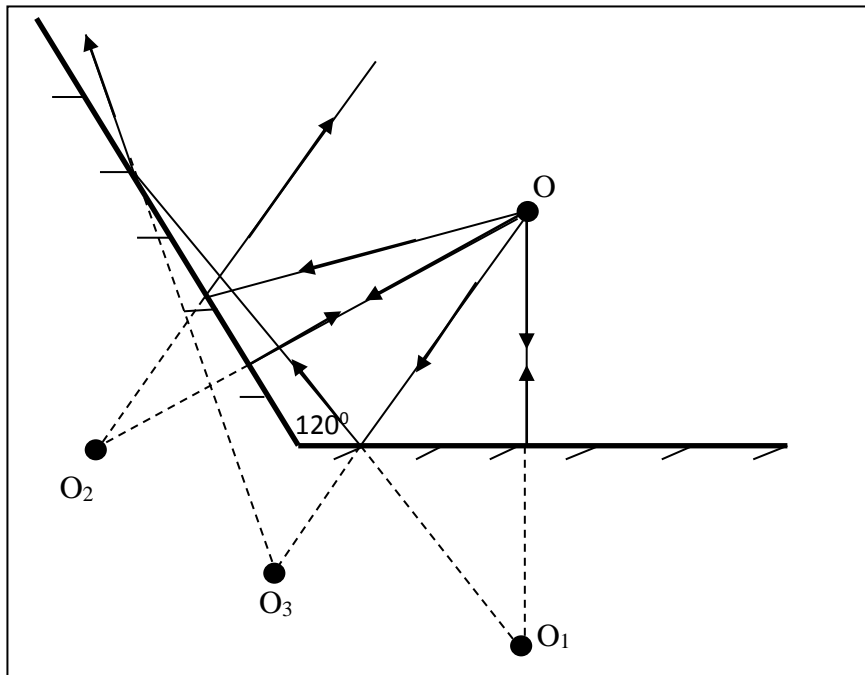
4. Jarak bayangan ke cermin sama dengan jarak benda ke cermin.

Perhatikan pembentukan bayangan pada cermin datar dalam gambar berikut ini



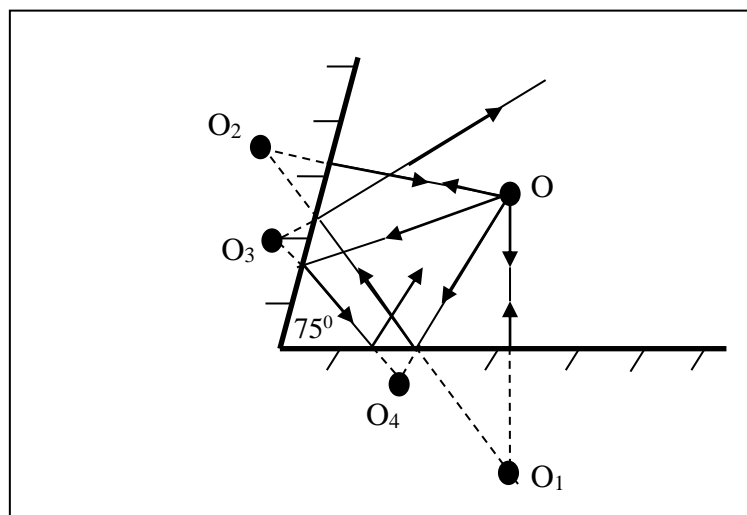
Gambar 2.3. Pembentukan bayangan pada cermin datar

Berdasarkan gambar di atas, bayangan benda pada cermin datar terbentuk di belakang cermin dan tidak dapat dilalui atau dilewati oleh cahaya yang sesungguhnya sehingga bayangan tidak dapat ditangkap oleh layar. Bayangan benda yang seperti ini disebut bayangan maya. Jika sebuah benda ditempatkan di depan sebuah cermin datar, maka akan terbentuk sebuah bayangan yang sama besar di dalam cermin. Jika sebuah benda terletak didepan dua buah cermin datar yang mengapit sudut tertentu maka akan terbentuk beberapa buah bayangan. Sebuah obyek O berada di depan dua cermin datar yang membentuk sudut 120° , dengan menggunakan hukum pemantulan didapat jumlah bayangan 3 buah. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 2.4. Pembentukan sinar pada dua buah cermin yang membentuk sudut 120°

Sedangkan sebuah obyek O berada di depan dua cermin datar yang membentuk sudut 75° , didapat jumlah bayangan 4 buah. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 2.5. Pembentukan sinar pada dua buah cermin yang membentuk sudut 75°

Persamaan untuk menentukan jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua buah cermin datar yang membentuk sudut tertentu adalah :

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - m \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan:

- n = jumlah bayangan
- α = sudut apit cermin
- m = 1, jika $\frac{360}{\alpha} = \text{genap}$
- m = 0, jika $\frac{360}{\alpha} = \text{ganjil}$

4. Lup

Lup atau kaca pembesar adalah sebuah alat optik yang terdiri atas sebuah lensa cembung (lensa positif). Benda yang akan diperbesar terletak di dalam titik fokus lup itu atau jarak benda ke lensa lup tersebut lebih kecil dibandingkan jarak titik fokus lup ke lensa lup tersebut. Bayangan yang dihasilkan bersifat tegak, nyata, dan diperbesar. Titik fokus suatu lup menentukan perbesaran yang dihasilkan, oleh karena itu titik fokus adalah besaran yang perlu diketahui. Dalam penggunaan sehari-hari jarak titik fokus dari sebuah lup dapat ditentukan dengan percobaan sederhana cahaya dapat dikumpulkan di satu titik yang berjarak tertentu dari lensa lup. Apabila cahaya mencapai tingkat energi yang tinggi maka kertas, serpih kayu, atau lainnya dapat terbakar ketika diletakkan di bawah lup tersebut. Dalam hal ini cahaya dikumpulkan di sebuah titik yang disebut titik fokus atau titik api yang sifatnya maya atau semu bukan nyata atau di belakang lensa tersebut.

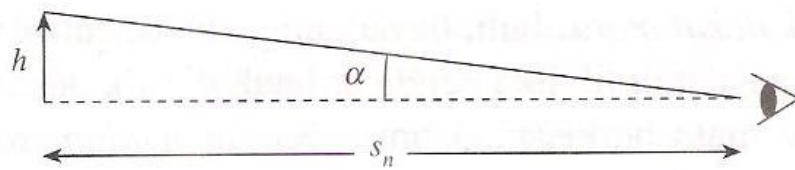
Ukuran angular ketika mata melihat benda menggunakan lup adalah lebih besar dari pada ukuran angular sebenarnya jika melihat langsung dengan mata. Oleh

karena itu lup memiliki perbesaran angular. Perbesaran angular (M_α) didefinisikan sebagai perbandingan antara ukuran angular benda yang dilihat menggunakan alat optik (β) dan ukuran angular benda dilihat tanpa menggunakan alat optik (α). Secara matematis dirumuskan:

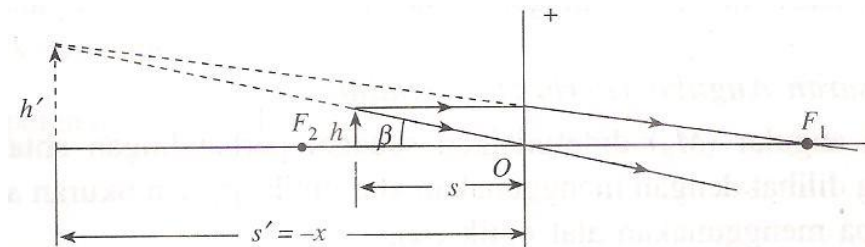
$$M_\alpha = \frac{\beta}{\alpha} \dots\dots\dots 2.10$$

Perbesaran angular dilihat dari beberapa hal yaitu:

- a. Mata berakomodasi pada jarak x



(a) Melihat benda secara langsung



(b) Melihat benda menggunakan lup dengan mata berakomodasi pada jarak x
Gambar 2.6. Perjalanan sinar pada lup

Untuk sinar-sinar paraksial nilai sudut dalam radian mendekati nilai tangennya. Dengan demikian:

$$\alpha = \tan \alpha = \frac{h}{s_n} \text{ (lihat gambar 2.6a)}$$

$$\beta = \tan \beta = \frac{h'}{s_n} \text{ (lihat gambar 2.6b)}$$

Sesuai definisi perbesaran angular:

$$M_\alpha \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h'/x}{h/s_n} = \left(\frac{h'}{h}\right) \left(\frac{s_n}{x}\right)$$

Dari persamaan linear lensa telah diketahui bahwa: $\frac{h'}{h} = \frac{-s'}{s}$

Seperti telah dinyatakan pada gambar 2.6a bahwa untuk mata berakomodasi pada jarak x bayangan harus terletak di depan lup sejauh x , sehingga $s' = -x$

. Maka:

$$M_a = \left(\frac{-(-x)}{s} \right) \left(\frac{s_n}{x} \right)$$

$$\boxed{M_a = \frac{s_n}{s}} \dots\dots\dots 2.11$$

Dari rumus lensa tipis diperoleh:

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'}$$

Dengan $s' = -x$, maka:

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{-x}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} + \frac{1}{x}$$

Jika nilai $\frac{1}{s}$ di substistusikan ke persamaan 2.11 maka:

$$M_a = \frac{1}{s} s_n$$

$$M_a = \left(\frac{1}{f} + \frac{1}{x} \right) s_n$$

$$\boxed{M_a = \frac{s_n}{f} + \frac{s_n}{x}} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan:

M_a = perbesaran lup

s_n = jarak baca normal

f = jarak fokus

x = jarak bayangan

S = jarak benda

b. Mata berakomodasi maksimum

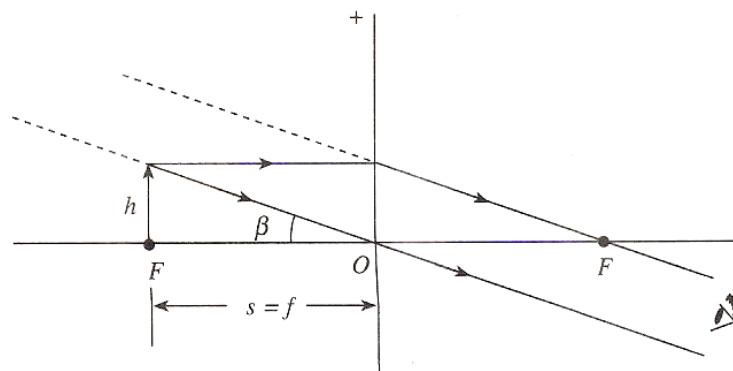
Agar mata yang mengamati benda melalui sebuah lup berakomodasi maksimum maka bayangan harus terletak di titik dekat mata. Dengan demikian $s' = -s_n$ dan $x = s_n$. Sehingga perbesaran lup untuk mata berakomodasi maksimum dirumuskan dengan:

$$M_a = \frac{s_n}{f} + \frac{s_n}{s_n}$$

$M_a = \frac{s_n}{f} + 1$2.13
---------------------------	-----------

c. Mata tidak berakomodasi

Agar mata yang mengamati benda melalui lup tidak cepat lelah maka lup digunakan dengan mata tidak berakomodasi. Caranya dengan menempatkan benda di titik fokus lensa sehingga sinar sinar yang mengenai mata adalah sejajar.



Gambar 2.7. Pembentukan bayangan pada sebuah lup untuk mata tak berakomodasi

Perbesaran angular untuk mata tidak berakomodasi adalah

$$\beta = \tan \beta = \frac{h}{f}$$

Sesuai dengan definisi perbesaran angular maka:

$$M_{\alpha} = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h/f}{h/s_n}$$

$M_{\alpha} = \frac{s_n}{f}$2.14
------------------------------	-----------

5. Pemuai Panjang

Setiap zat padat, cair maupun gas disusun oleh partikel-partikel kecil yang bergetar. Jika sebuah benda dipanaskan maka partikel-partikel di dalamnya bergetar kuat sehingga saling menjauh dan dikatakan benda memuai. Sedangkan jika benda didinginkan maka getaran-getaran partikel lebih lemah dan partikel tersebut saling mendekat, sebagai hasilnya benda mengalami penyusutan. Salah satu pemuai yang terjadi pada zat padat adalah pemuai panjang. Sebagai contoh ketika tiga batang logam yang berbeda jenis (aluminium, tembaga, besi) dan sama panjang dipanaskan maka akan mengalami kenaikan suhu yang sama besar tetapi pertambahan panjang ketiganya berbeda. Perbedaan pertambahan panjang ini disebabkan oleh perbedaan koefisien muai panjang. Koefisien muai panjang (α) suatu bahan adalah perbandingan antara pertambahan panjang (Δl) terhadap panjang awal benda (l_0) persatuan kenaikan suhu (ΔT). Secara matematis dirumuskan dengan:

$$\alpha = \frac{\Delta l / l_0}{\Delta T}$$

$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$2.15
----------------------------------	-----------

Dengan:

$$\Delta l = l_t - l_0$$

$$\Delta T = T_t - T_0$$

Keterangan:

l_t = Panjang akhir (m)

T_t = Suhu akhir ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

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

Koefisien muai panjang sering juga disebut koefisien muai linear.

Koefisien muai panjang berbagai zat pada suhu kamar adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Koefisien muai panjang berbagai zat pada suhu kamar

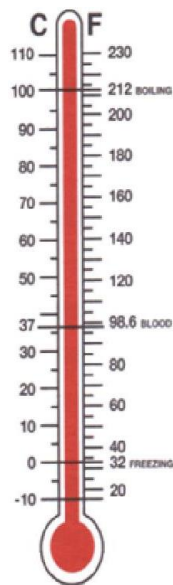
Zat	Koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}$) $^{-1}$
Alumunium	24×10^{-6}
Kuningan atau perunggu	19×10^{-6}
Tembaga	17×10^{-6}
Kaca (biasa)	9×10^{-6}
Kaca (<i>Pyrex</i>)	$3,2 \times 10^{-6}$
Timah hitam	29×10^{-6}
Baja/besi	12×10^{-6}
Invar	$0,9 \times 10^{-6}$

6. Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu. Suhu merupakan derajat panas atau dinginnya suatu benda. Termometer memanfaatkan sifat termometrik zat untuk mengukur suhu. Sifat termometrik zat yaitu sifat fisis zat yang berubah jika dipanaskan, misalnya volume zat cair, panjang logam, hambatan listrik seutas kawat platina, tekanan gas pada volume tetap dan warna pijar kawat pada lampu.

Kalibrasi termometer adalah kegiatan menetapkan skala sebuah thermometer yang belum memiliki skala. Kalibrasi termometer dilakukan dengan menetapkan standar (titik tetap). Ada dua titik tetap yaitu titik tetap atas dan titik tetap bawah.

Untuk pengukuran suhu yang tidak begitu tinggi digunakan titik lebur es sebagai titik tetap bawah, dan titik didih air sebagai titik tetap atas. Titik bawah adalah titik lebur es murni dan di tandai dengan angka nol. Titik tetap atas adalah suhu uap diatas air yang sedang mendidih pada tekanan 1 atm dan ditandai dengan angka 100. Skala suhu yang ditetapkan berdasarkan titik lebur es dan titik didih air disebut skala Celcius.



Gambar 2.8. Termometer

Untuk menentukan skala termometer buatan digunakan rumus:

$$\frac{\theta}{100} = \frac{X_{\theta} - X_0}{X_{100} - X_0}$$

keterangan:

θ = Suhu terukur ($^{\circ}\text{C}$)

100 = titik didih air ($^{\circ}\text{C}$)

X_{θ} = tinggi kolom zat cair terukur pada suhu tertentu (cm)

X_0 = tinggi kolom zat cair pada titik lebur es atau pada suhu 0°C (cm)

X_{100} = tinggi kolom zat cair pada titik didih air atau pada suhu 100°C (cm)