

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Sebelumnya

Adapun beberapa penelitian yang menjadi acuan penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Herdian Kurniasari menunjukkan bahwa dari uji komparasi ganda diperoleh hasil bahwa model pembelajaran kooperatif tipe NHT memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap kemampuan kognitif Fisika siswa pada sub pokok bahasan pemantulan cahaya daripada tipe model pembelajaran kooperatif tipe STAD.¹³ Keterbatasan penelitian ini adalah dalam kegiatan pembelajaran kooperatif tipe NHT, peneliti menambahkan kuis pada langkah pembelajaran yang memungkinkan memberikan pengaruh pada kemampuan kognitif Fisika siswa dan dalam kegiatan pembelajaran kooperatif tipe STAD peneliti masih harus menjelaskan jawaban pada siswa karena sebagian besar siswa dalam kelompok belum memahami konsep materi. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan data nilai IPA ujian blok semester ganjil yang merupakan nilai tersebut gabungan dari nilai Fisika dan Biologi. Keterbatasan yang telah disebutkan tersebut dalam penelitian berikutnya sebaiknya untuk langkah pembelajaran harus disesuaikan dengan teori yang telah dipilih agar perlakuan yang dilakukan pada sampel dapat

¹³Herdian Kurniasari, *Pembelajaran Kooperatif Tipe Number Head Together (NHT) dan Student Team Achievement Division (STAD) Ditinjau dari Tingkat Keaktifan Siswa terhadap Kemampuan Kognitif Siswa pada Sub Pokok Bahasan Pemantulan Cahaya di SMP*, Skripsi, Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret, November 2010

terlihat dan dalam pengambilan sampel sebaiknya dilakukan uji *pretest* terlebih dahulu untuk mengetahui pengetahuan awal siswa sebelum memilih kelas sample agar dapat mendukung keberlangsungan penggunaan model pembelajaran. Persamaan dari penelitian ini adalah model pembelajaran kooperatif tipe NHT dan STAD. Perbedaannya pada penilaian keaktifan siswa dan materi yang digunakan pemantulan cahaya.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Hafizhah Arief dengan hasil penelitian terdapat perbedaan yang signifikan antara skor sikap ilmiah siswa menggunakan pembelajaran melalui kegiatan percobaan fisika dengan pembelajaran tanpa percobaan fisika dan hipotesis penelitian dapat diterima dengan taraf kepercayaan 95%. Dengan demikian percobaan fisika dapat melatih sikap ilmiah siswa.¹⁴ Keterbatasan penelitian ini adalah sikap ilmiah yang belum meninggalkan kesan yang kuat pada siswa dan peran guru yang belum maksimal dalam pembelajaran. Dan ketidakhadiran siswa yang diamati sikap ilmiahnya selama pembelajaran. Keterbatasan yang telah disebutkan tersebut dalam penelitian berikutnya sebaiknya siswa yang tidak hadir dalam pembelajaran tidak dijadikan sampel dalam penelitian. Persamaan dari penelitian ini adalah mengamati sikap ilmiah siswa dalam proses pembelajaran.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Sunarno dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa sikap ilmiah siswa memberikan pengaruh signifikan

¹⁴ Hafizhah Arief, *Sikap Ilmiah Siswa Melalui Kegiatan Percobaan Fisika Pada Materi Fluida Kelas Xi IPA MA Darul Hikmah Pekanbaru*, Universitas Riau Pekanbaru, Skripsi, Juni 2013.

terhadap prestasi belajar. Interaksi Metode Pembelajaran, Sikap Ilmiah, dan Kemampuan menggunakan Alat Ukur tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap prestasi belajar.¹⁵Keterbatasan penelitian ini adalah efektifitas kerja kelompok masih rendah, sehingga hanya sebagian siswa yang bekerja melakukan pembelajaran masih ditemukan siswa yang tidak bekerja optimal dan dalam melakukan percobaan masih ada siswa yang dalam penggunaan alat ukur masih rendah dan kurang teliti, yang hal ini akan mempengaruhi hasil percobaan.Selain itu juga penyusunan instrumen sikap ilmiah siswa berupa angket pertanyaan yang ditujukan pada siswa yang memungkinkan siswa menjawab dengan tidak jujur. Keterbatasan yang telah disebutkan tersebut dalam penelitian berikutnya sebaiknya pada saat sebelum melakukan percobaan menggunakan alat ukur guru membimbing siswa agar meminimalisir kesalahan dalam melakukan pengukuran. Pengukuran sikap ilmiah siswa dilakukan dengan mengamati langsung kegiatan siswa dalam pembelajaran untuk melihat seberapa bagus sikap ilmiah siswa pada pelajaran Fisika pada materi suhu dan kalor. Persamaan dari penelitian ini adalah menggunakan moderator sikap ilmiah dan materi suhu dan kalor.

¹⁵ Sunarno, *Pembelajaran Metode Eksperimen Dan Inkuiri Terbimbing Ditinjau Dari Sikap Ilmiah Dan Kemampuan Dalam Menggunakan Alat Ukur*, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Januari 2010, Tesis

B. Deskripsi Teoritik

1. Hakikat Belajar

Belajar adalah suatu proses perubahan tingkah laku individu melalui interaksi lingkungan.¹⁶ Belajar merupakan sebuah proses yang kompleks yang terjadi pada semua orang dan berlangsung seumur hidup, sejak masih bayi (bahkan dalam kandungan) hingga liang lahat.¹⁷

Beberapa ahli mendefinisikan belajar sebagai berikut :

- a. Ernes ER. Hilgard, mendefinisikan sebagai berikut *learning is the process by which an activity originates or is changed through training procedures (whether in the laboratory or in the natural environments) as distinguished from changes by faktor not attributable to training*. Artinya (seseorang dapat dikatakan belajar kalau dapat melakukan sesuatu dengan cara-cara latihan sehingga yang bersangkutan menjadi berubah).¹⁸
- b. Walkernyatakan belajar adalah suatu perubahan dalam pelaksanaan tugas yang terjadi sebagai hasil dari pengalaman dan tidak ada sangkut pautnya dengan kematangan rohaniah, kelelahan, motivasi, perubahan dalam situasi stimulus atau faktor- faktor samar-samar lainnya yang tidak berhubungan langsung dengan kegiatan belajar.¹⁹

¹⁶Oemar Hamalik, *Kurikulum dan Pembelajaran*, Jakarta: Bumi Aksara, 2008, h. 37.

¹⁷Yatim Riyanto, *Paradigma Baru Pembelajaran*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group, 2010, h. 4

¹⁸*Ibid.*

¹⁹*Ibid.*, h. 5

- c. Lyle E. Bourne, JR. Bruce R. Ekstrand menyatakan *learning as a relatively permanent change in behavior traceable to experience and practice*.²⁰
- d. Dr. Musthofa Fahmi menyatakan sesungguhnya belajar adalah (ungkapan yang menunjuk) aktivitas (yang menghasilkan) perubahan- perubahan tingkah laku atau pengalaman.²¹
- e. Sudjana mendefinisikan belajar adalah suatu proses yang ditandai dengan adanya perubahan pada diri seseorang.²²

Guru dan siswa saling berinteraksi di dalam kelas. Siswa mengalami suatu proses mental dalam menghadapi bahan belajar.²³ Guru membantu siswa melakukan kegiatan belajar tentang suatu hal untuk mencapai tujuan belajar.²⁴ Tujuan pembelajaran adalah siswa dapat melakukan kegiatan belajar dengan efektif dan efisiensi.²⁵

Beberapa pernyataan diatas, maka disimpulkan belajar merupakan suatu proses seseorang yang melakukan tindakan perubahan pada dirinya. Perubahan tersebut ditandai dengan adanya tingkah laku atau pengalaman yang baru yang dapat dilakukan dengan cara latihan-latihan maupun tindakan.

Pandangan Al-Qur'an tentang makna belajar dapat dilihat dalam kandungan Surah Al-Baqarah ayat 31-32 yang berbunyi.

²⁰Mustaqim, *Psikolog Pendidikan*. Yogyakarta: Fakultas Tarbiyah IAIN Walisongosemarang, 2001, h. 33

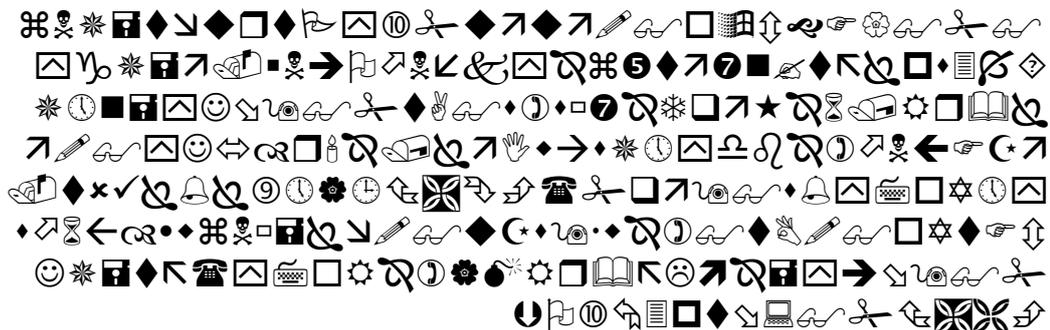
²¹*Ibid.*, h. 34

²²Nana Sudjana, *CBSA dalam Proses Belajar Mengajar*, Bandung: Sinar Baru Algesindo, 1996, h.5

²³Dimiyati, Mudjiono, *Belajar dan Pembelajaran*, Jakarta: Rineka Cipta, 2010, h.17-18

²⁴Isjoni, *Pembelajaran Kooperatif*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2011, h.14

²⁵Yatim Riyanto, *Paradigma Baru Pembelajaran*, Jakarta: Kencana Prenada Media Group, 2010, h. 131



“Dan dia mengajarkan kepada Adam Nama-nama (benda-benda) seluruhnya, kemudian mengemukakannya kepada Para Malaikat lalu berfirman: "Sebutkanlah kepada-Ku nama benda-benda itu jika kamu mamang benar orang-orang yang benar!"(31). Mereka menjawab: "Maha suci Engkau, tidak ada yang Kami ketahui selain dari apa yang telah Engkau ajarkan kepada kami; Sesungguhnya Engkau lah yang Maha mengetahui lagi Maha Bijaksana."(32)²⁶

Ayat ini menginformasikan bahwa Allah menganugerahi Nabi Adam AS (manusia) potensi untuk mengetahui nama atau fungsi dan karakteristik benda-benda, misalnya fungsi api, fungsi angin, dan sebagainya sebagai salah satu sumber pengetahuan, yang dapat diungkapkan dengan berbahasa.²⁷ Para ulama memahami pengajaran nama-nama kepada Nabi Adam AS bahwa Allah mengilhamkan kepada Nabi Adam AS nama benda itu pada saat dipaparkannya sehingga beliau memiliki kemampuan untuk memberi kepada masing-masing benda nama-nama yang membedakannya dari benda-benda yang lain. Kata *mengajar* tidak selalu dalam bentuk mendiktekan sesuatu atau menyampaikan suatu kata atau ide, tetapi dapat juga dalam arti mengasah potensi yang dimiliki siswa sehingga pada akhirnya potensi itu terasah dan dapat melahirkan aneka pengetahuan.²⁸

²⁶Al-Baqarah ayat 31-32

²⁷M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*, Jakarta: Lentera Hati, 2000, h.143

²⁸*Ibid...* h. 144

C. Model Pembelajaran

1. Pengertian Model Pembelajaran

Model pembelajaran adalah suatu perencanaan atau suatu pola yang digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan pembelajaran di kelas dan untuk menentukan perangkat-perangkat pembelajaran termasuk didalamnya buku-buku, film, computer, kurikulum, dan lain-lain.²⁹ Model pembelajaran dapat dijadikan pola pilihan, artinya para guru boleh memilih model pembelajaran yang sesuai dan efisien untuk mencapai tujuan pendidikannya.³⁰ Model pembelajaran merupakan bungkus atau bingkai dari penerapan suatu pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran.³¹

Berdasarkan definisi diatas, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran adalah suatu perencanaan yang dibuat untuk digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan pembelajaran di kelas. Didalamnya terdapat suatu pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran agar tujuan pembelajaran berhasil tercapai.

2. Ciri – Ciri Model Pembelajaran

Model pembelajaran mempunyai makna yang lebih luas dari pada strategis, metode atau prosedur. Model pembelajaran mempunyai tiga ciri khusus yang tidak dimiliki oleh strategis, metode atau prosedur. Ciri – ciri tersebut ialah:³²

²⁹ Iif Khoiru Ahmadi, dkk., *Strategi Pembelajaran Sekolah Terpadu*, Surabaya: Prestasi Pustaka, 2011, h. 13-14

³⁰ Rusman, *Model-Model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru*, Jakarta: Rajagrafindo Persada, 2011, h. 132-133

³¹ Kokom Komalasari, *Pembelajaran Kontekstual Konsep dan Aplikasi*, Bandung: Refika Aditama, 2010, h. 57

³² Iif Khoiru Ahmadi, dkk., *Strategi Pembelajaran ...*, h. 14

- a. Rasional teoritis logis yang disusun oleh para pencipta atau pengembangnya.
- b. Landasan pemikiran tentang apa dan bagaimana siswa belajar (tujuan pembelajaran yang akan dicapai).
- c. Tingkah laku pembelajaran yang diperlukan agar model tersebut dapat dilaksanakan dengan berhasil.

3. Model Pembelajaran Kooperatif

Pembelajaran kooperatif merupakan proses pembelajaran yang lebih menekankan kepada proses kerja sama kelompok. Tujuan yang ingin dicapai tidak hanya kemampuan akademik dalam pengertian penguasaan bahan pelajaran, tetapi juga adanya unsur kerja sama untuk penguasaan materi tersebut. Adanya kerja sama ini menjadikan ciri khas dari pembelajaran kooperatif.³³

Pembelajaran kooperatif mengajarkan keterampilan-keterampilan khusus pada kelompok seperti menjadi pendengar yang baik, berdiskusi, dan mengajarkan anggota kelompoknya saat diberi lembar kegiatan yang berisi pertanyaan atau tugas. Adapun sintaks pembelajaran kooperatif pada tabel 2.1 sebagai berikut.³⁴

Tabel 2.1 Tahap-Tahap Pembelajaran Kooperatif

³³ Wina Sanjaya, *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*, Jakarta: Kencana, 2011, h. 244

³⁴ Mohammad Jauhar, *Implementasi PAIKEM dari Behavioristik sampai Konstruktivistik*, Jakarta: Prestasi Pustakaraya, 2011, h. 54

Tahap	Peran Guru
1. Menyampaikan tujuan dan memotivasi siswa	Menyampaikan semua tujuan pelajaran yang ingin dicapai dalam pembelajaran tersebut dan memotivasi siswa belajar
2. Menyajikan informasi	Menyajikan informasi kepada siswa dengan jalan cara demonstrasi atau lewat bacaan
3. Mengorganisasikan siswa ke dalam kelompok-kelompok belajar	Menjelaskan kepada siswa bagaimana cara membentuk kelompok belajar dan membantu setiap kelompok agar melakukan transisi secara efisien
4. Membimbing kelompok bekerja dan belajar	Membimbing kelompok dalam belajar, yaitu pada saat mereka mengerjakan tugas
5. Evaluasi	Mengevaluasi hasil belajar tentang materi yang telah dipelajari kelompok atau masing-masing kelompok mempresentasikan hasil kerjanya.
6. Memberikan penghargaan	Memberikan penghargaan kepada individu ataupun kelompok yang mendapatkan hasil yang baik. Misalnya dengan memberi hadiah.

Berdasarkan definisi diatas, dapat disimpulkan pembelajaran kooperatif merupakan belajar kelompok yang menuntut kerjasama antar anggota kelompok untuk mencapai tujuan pembelajaran dan diharapkan para siswa dapat berpartisipasi secara aktif dalam pembelajaran. Tujuan pembelajaran yang diharapkan yaitu: 1) hasil belajar akademik; 2) penerimaan terhadap perbedaan individu; 3) pengembangan keterampilan sosial.³⁵

D. Model Pembelajaran *Number Heads Together*(NHT)

Numbered Heads Together(NHT) adalah salah satu tipe model pembelajaran kooperatif yang memberi penekanan pada penggunaan struktur tertentu yang dirancang untuk mempengaruhi pola interaksi siswa. Struktur yang dikembangkan oleh Kagen ini dimaksudkan sebagai alternatif terhadap struktur kelas tradisional, seperti resitasi, dengan guru mengajukan pertanyaan dan kepada seluruh kelas dan siswa memberikan jawaban setelah mengangkat tangan dan

³⁵*Ibid.*, h. 55

ditunjuk.³⁶ Model pembelajaran ini menandai setiap siswa dengan diberi identitas berupa nomor untuk membentuk suatu kelompok, kemudian guru akan memanggil nomor dari siswa secara acak.³⁷

Model pembelajaran NHT memberikan kesempatan kepada siswa untuk saling membagi ide-ide dan mempertimbangkan jawaban yang paling tepat. Selain itu, model ini juga mendorong siswa untuk meningkatkan semangat kerja sama mereka.³⁸

1. Tahap Pembelajaran NHT

Adapun tahap-tahap sintaks NHT sebagai berikut:

a. Penomoran

Tahap ini guru membagi siswa kedalam beberapa kelompok dengan jumlah 5-6 orang. Setiap siswa dalam kelompok mendapatkan nomor antara 1 sampai 6 sebagai identitasnya.

b. Mengajukan Pertanyaan

Tahap ini guru memberikan tugas kepada masing-masing kelompok. Tugas tersebut berupa lembar kerja siswa yang berisi pertanyaan yang bentuknya dapat bervariasi, spesifik atau berbentuk sebuah arahan untuk di diskusikan bersama kelompok.

c. Berpikir Bersama

³⁶Muslim Ibrahim, *Model Pembelajaran Kooperatif*, Surabaya: Unesa-University Press, 2001, h.25.

³⁷*Ibid.*, h. 59-60

³⁸Syaiul Bahri Djamarah, *Guru dan Anak Didik dalam Interaksi Edukasi*, Jakarta: Rineka Cipta, 2010, h. 405

Tahap ini kelompok mendiskusikan jawaban yang benar dari tugas yang diberikan gurudan memastikan tiap anggota kelompok dapat mengerjakannya atau mengetahui jawabannya. Guru membimbing siswa dengan memberikan pengarahan (bantuan) pada siswa yang mengalami kesulitan. Selain itu, guru juga mengamati tiap kelompok dan menilai semua anggota kelompok untuk aspek sikap.

d. Menjawab

Tahap ini guru memanggil salah satu nomor tertentu, siswa yang nomornya dipanggil mengacungkan tangannya dan melaporkan hasil kerja sama kelompok. Kemudian guru menunjuk nomor yang lain untuk mengemukakan tanggapannya dari siswa sebelumnya.

e. Merumuskan kesimpulan

Dalam tahap ini guru memberikan klarifikasi jawaban yang tepat untuk pertanyaan-pertanyaan dari siswa. Kemudian guru mengarahkan siswa untuk menyimpulkan materi pelajaran yang telah dipelajari.

2. Kelebihan dan Kelemahan Model Pembelajaran NHT

Pembelajaran NHT mempunyai beberapa kelebihan dan kelemahan yaitu sebagai berikut.³⁹

a. Kelebihan model pembelajaran NHT

Adapun kelebihan model pembelajaran NHT, yaitu:

- 1) Setiap siswa menjadi siap semua.
- 2) Dapat melakukan diskusi dengan sungguh-sungguh.

³⁹ Muslim Ibrahim, *Model Pembelajaran...*h. 61

- 3) Siswa yang pandai dapat mengajari siswa yang kurang pandai.
- 4) Penerimaan terhadap individu.
- 5) Sikap apatis berkurang.

b. Kelemahan model pembelajaran NHT

Adapun kelemahan model pembelajaran NHT, yaitu:

- 1) Kemungkinan nomor yang dipanggil, dipanggil lagi oleh guru.
- 2) Tidak semua anggota kelompok dipanggil oleh guru.
- 3) Kekhawatiran terjadi kekacauan di kelas.
- 4) Kekhawatiran siswa tidak dapat membagi tugas dengan adil.

E. Model Pembelajaran *Student Teams Achievement Division (STAD)*

Model pembelajaran *Student Teams Achievement Division (STAD)* merupakan strategi yang membagi siswa menjadi kelompok beranggotakan enam orang yang beragam kemampuan, jenis kelamin, dan sukunya. Guru memberikan suatu pelajaran dan siswa-siswa di dalam kelompok memastikan bahwa semua anggota kelompok itu bisa menguasai pelajaran tersebut. Akhirnya semua siswa mengerjakan kuis perseorangan tentang materi tersebut, dan pada saat itu siswa tidak boleh saling membantu satu sama lain.⁴⁰

1. Langkah-langkah Model Pembelajaran STAD

⁴⁰ Rusman, *Model-Model Pembelajaran ...*, h. 213 - 214

Ada delapan tahap model pembelajaran STAD, yaitu:⁴¹

a) Guru mempresentasikan materi

Pada tahap ini guru menyampaikan materi pelajaran secara garis besar dan prosedur kegiatan, juga tata cara kerja kelompok dengan terlebih dahulu menjelaskan tujuan pelajaran yang ingin dicapai pada pertemuan tersebut serta pentingnya pokok bahasan tersebut dipelajari. Di dalam proses pembelajaran guru dibantu oleh media, demonstrasi, pertanyaan atau masalah nyata yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

b) Membentuk kelompok, berdasarkan kemampuan, jenis kelamin, ras, suku

Guru membagi siswa ke dalam beberapa kelompok, dengan setiap kelompoknya terdiri dari 5-6 siswa yang memprioritaskan heterogenitas (keragaman) kelas dalam prestasi akademik, jenis kelamin, ras atau etnik.

c) Siswa bekerja dalam kelompok, belajar bersama, diskusi

Tahap ini guru memberi tugas kepada kelompok untuk dikerjakan oleh anggota-anggota kelompok. Anggota yang tahu menjelaskan pada anggota lainnya sampai semua anggota dalam kelompok itu mengerti. Siswa bekerja dalam kelompok, siswa belajar bersama, diskusi atau mengerjakan tugas yang diberikan guru sesuai LKS.

d) Membimbing siswa bekerja dan belajar (*Scaffolding*)

Pada tahap ini guru memberikan bimbingan kepada siswa dengan memberikan pengarahan (bantuan) pada siswa yang mengalami kesulitan.

⁴¹ Yatim Riyanto, *Paradigma Baru ...*, h. 269

- e) Mengadakan validasi hasil kerja kelompok dan memberi kesimpulan tugas kelompok (*Validation*)

Guru mengadakan validasi hasil kerja kelompok dan memberikan kesimpulan tugas kelompok.

- f) Mengadakan kuis (*Quizzes*)

Guru mengevaluasi hasil belajar melalui memberi kuis/pertanyaan kepada seluruh siswa. Pada saat menjawab kuis tidak boleh saling membantu. Guru menetapkan skor batas penguasaan untuk setiap soal. Guru mengadakan kuis secara individu, hasil nilai dikumpulkan, dirata-rata dalam kelompok.

- g) Penghargaan kelompok

Setelah pelaksanaan kuis, guru memeriksa hasil kerja siswa dan memberikan penghargaan atas keberhasilan kelompok.

2. Kelebihan dan Kelemahan Model Pembelajaran STAD

Pembelajaran STAD mempunyai beberapa kelebihan dan kelemahan yaitu sebagai berikut.

a. Kelebihan Model Pembelajaran STAD

Adapun kelebihan model pembelajaran STAD, yaitu:

- 1) Siswa memiliki dua bentuk tanggung jawab belajar. Yaitu belajar untuk dirinya sendiri dan membantu anggota kelompok untuk belajar.
- 2) Peran guru menjadi lebih aktif dan lebih terfokus sebagai fasilitator, mediator, motivator, dan evaluator.⁴²

⁴² Rusman, *Model-Model Pembelajaran ...*, h. 203

- 3) Membuat interaksi secara aktif, positif, dan kerjasama anggota kelompok menjadi lebih baik.
- 4) Melatih siswa dalam mengembangkan aspek kecakapan sosial di samping kecakapan kognitif.⁴³

b. Kelemahan Model Pembelajaran STAD

Adapun kelemahan model pembelajaran STAD, yaitu:

- 1) Membutuhkan waktu yang relatif lama, dengan memperhatikan langkah STAD seperti kerja kelompok dan tes individual atau kuis.
- 2) Memerlukan kemampuan khusus dari guru. Guru dituntut sebagai fasilitator, mediator, motivator, dan evaluator.⁴⁴

F. Sikap Ilmiah

Sikap (*attitude*) adalah suatu gejala internal berdimensi efektif berupa kecenderungan untuk mereaksikan atau merespon dengan cara yang relatif tetap terhadap objek orang, barang dan sebagainya baik secara positif maupun negatif.⁴⁵ Harlen mengemukakan bahwa sikap merupakan kesiapan atau kecenderungan seseorang untuk bertindak dalam menghadapi suatu objek atau situasi tertentu.⁴⁶ Selain itu, Triandis mendefinisikan bahwa sikap mengandung tiga komponen yaitu komponen kognitif, komponen afektif, dan komponen psikomotor.⁴⁷ Sikap terbentuk melalui berbagai macam cara, antara lain :

⁴³ Isjoni, *Pembelajaran Kooperatif...*, h. 72

⁴⁴ *Ibid.*, h. 62

⁴⁵ Muhibbin Syah, *Psikologi Pendidikan dengan Pendekatan Baru*, Bandung: Rosda, 2010, h. 62

⁴⁶ Djaali, *Psikologi Pendidikan*, Jakarta: Bumi Aksara, 2007, h. 116-117

⁴⁷ Slameto, *Belajar dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya*, Jakarta: Rineka Cipta, 2010, h.188-190

- a. Melalui pengalaman yang berulang-ulang, atau dapat pula melalui suatu pengalaman yang disertai perasaan yang mendalam
- b. Melalui imitasi, peniruan dapat terjadi tanpa disengaja, dapat pula dengan sengaja.
- c. Melalui sugesti, disini seseorang membentuk suatu sikap terhadap objek tanpa suatu alasan dan pemikiran yang jelas, tapi semata-mata karna pengaruh yang datang dari seseorang atau sesuatu yang mempunyai wibawa dalam pandangannya
- d. Melalui identifikasi, seseorang meniru orang lain atau suatu organisasi tertentu didasari suatu keterikatan emosional sifatnya.

Pengukuran terhadap aspek afektif amat berguna dan bermanfaat sebagai tambahan pengetahuan mengenai karakteristik-karakteristik afektif siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran.⁴⁸Sikap diperoleh melalui berbagai macam cara seperti yang dijelaskan diatas. Karena sikap itu dipelajari, sikap juga dapat dimodifikasi dan diubah. Pengalaman baru secara konstan mempengaruhi sikap, membuat sikap berubah, intensif, lemah, ataupun sebaliknya.

Sikap ilmiah adalah sikap yang diperlihatkan oleh para ilmuwan saat melakukan berbagai kegiatan ilmiah terkait dengan profesi seorang ilmuwan.⁴⁹Sikap ilmiah didukung sepenuhnya oleh pendekatan dan metode ilmiah yang sudah diakui oleh para ilmuwan. Sikap ilmiah merupakan perluasan kemampuan yang digunakan peneliti untuk mencari kebenaran realistik. Sikap

⁴⁸*Ibid*

⁴⁹Uus Toharidin, *Membangun Literasi Sains Peserta Didik*, Bandung: Humaniora, 2011, h.44

ilmiah berpedoman pada paradigma tentang kebenaran indrawi yang positif karena akan lebih membuktikan relevansi antara teori dan realitas secara apa adanya.⁵⁰ Ada beberapa pendapat tentang pengembangan sikap ilmiah, yaitu:

- a. Herabudin berpendapat bahwa sikap ilmiah adalah karakter yang menjadi prasyarat para ilmuwan dalam mencari atau menyelidiki kebenaran ilmiah.⁵¹ Sikap ilmiah tersebut meliputi: rasional, empiris, objektif, sistematis, teoritis, kritis, teknologis, dan relativistik.
- b. Uus Toharudin berpendapat bahwa sikap ilmiah merupakan kecenderungan individu untuk bertindak atau berperilaku dalam memecahkan masalah sistematis melalui langkah-langkah ilmiah.⁵² Dengan demikian sikap ilmiah yang dapat dikembangkan seseorang ada 9 yaitu: rasa ingin tahu, jujur (objektif), terbuka, toleran (menghargai orang lain), tekun, optimis, skeptis, berani, dan bekerja sama.
- c. Ibnu Mas'ud dan Joko Paryono berpendapat bahwa orang yang berkecimpung dalam ilmu alamiah akan terbentuk sikap ilmiah yang antara lain ialah: jujur, terbuka, toleran, skeptis, optimis, pemberani, dan kreatif.⁵³ Sikap ilmiah merupakan sikap yang terlihat pada seseorang saat melakukan kegiatan ilmiah yang mengutamakan sikap konsisten dan berpikir ilmiah untuk menemukan kebenaran yang nyata. Sikap ilmiah akan membantu siswa dalam cara melakukan kegiatan ilmiah seperti melakukan percobaan fisika. Adapun sikap ilmiah yang dikembangkan pada siswa ada lima antara lain:

⁵⁰ Herabudin, *Ilmu Alamiah ...*, h. 67

⁵¹ *Ibid.*

⁵² Uus Toharudin, *Membangun Literasi ...*, h. 44

⁵³ Ibnu Mas'ud dan Joko Paryono, *Ilmu Alamiah Dasar (IAD)*, Bandung: Pustaka Setia, 1998, h. 64-67

a. Rasa ingin tahu

Seseorang yang mempunyai sikap ilmiah apabila melihat peristiwa gejala alam akan terangsang untuk ingin tahu lebih lanjut, mengenai apa, bagaimana dan mengapa peristiwa atau gejala itu terjadi.⁵⁴ Jika menghadapi suatu masalah yang baru diketahui, maka akan berusaha untuk mengetahui dengan banyak mengajukan pertanyaan tentang objek dan peristiwa yang terjadi.⁵⁵ Dengan rasa ingin tahu dan disertai minat, maka timbul dorongan yang besar untuk mempelajari masalah itu lebih jauh melalui berbagai sumber lain. Akhirnya orang tersebut mendapat ilmu pengetahuan baru yang mungkin kelak dapat dipakai untuk menjawab pertanyaan pada peristiwa atau gejala yang lain.⁵⁶

b. Jujur

Seorang ilmuwan melihat suatu objek sebagaimana apa adanya dan selalu berusaha untuk menjauhkan bias pribadi dan tidak ingin dikuasai oleh pikirannya sendiri. Seorang ilmuwan harus mampu melaporkan hasil penelitiannya secara jujur dan menyatakan apa adanya tanpa ego pribadi.⁵⁷ Dalam hal ini, ilmuwan lain akan mengulangi penelitian ilmuwan pertama dengan kondisi yang dibuat serupa. Seterusnya, ilmuwan ketiga dapat pula menguji penelitian pertama. Karena itu, laporan ilmuwan haruslah dibuat sejujur-jujurnya dan penelitian menjadi terbuka untuk pengulangan.

⁵⁴ Maskoeri Jasin. *IlmuAlamiahDasar*, Jakarta: Raja Graindo Persada, 2010, h. 44

⁵⁵ Uus Toharidin, *Membangun Literasi ...*, h.45

⁵⁶ Maskoeri Jasin. *IlmuAlamiah...*, h. 45

⁵⁷ Uus Toharidin, *Membangun Literasi ...*, h.45

c. Terbuka

Seorang ilmuwan mempunyai pandangan luas, terbuka dan bebas dari praduga. Ilmuwan meyakini bahwa prasangka, kebencian, baik pribadi maupun golongan serta pembunuhan adalah sangat kejam. Ilmuwan tidak berusaha memperoleh dugaan bagi buah pikirannya atas dasar prasangka. Ilmuwan akan terus berusaha mengetahui kebenaran tentang alam, materi, moral, politik, ekonomi, dan hidup. Ilmuwan tidak akan meremehkan suatu gagasan baru. Ilmuwan akan menghargai setiap gagasan baru dan mengujinya sebelum diterima atau ditolak. Jadi, seorang ilmuwan dapat terbuka akan pendapat orang lain.⁵⁸

d. Toleran

Seorang ilmuwan tidak merasa paling hebat. Ilmuwan bahkan bersedia mengakui bahwa orang lain mungkin lebih banyak pengetahuannya, bahwa pendapatnya mungkin saja salah, sedangkan pendapat orang lain mungkin benar. Ilmuwan bersedia menerima gagasan orang lain setelah diuji.⁵⁹ Ilmuwan bersedia belajar dari orang lain dalam usaha menambah ilmu pengetahuan, dan membandingkan pendapatnya dengan pendapat orang lain. Ilmuwan bersedia belajar dari orang lain mempunyai tenggang rasa atau sikap toleran yang tinggi, jauh dari sikap angkuh.⁶⁰

e. Optimis

Seorang ilmuwan selalu mempunyai harapan yang baik. Ilmuwan tidak akan berkata bahwa sesuatu itu tidak dapat dikerjakan, tetapi akan mengatakan

⁵⁸ Maskoeri Jasin. *IlmuAlamiah...*, h. 45, h. 47

⁵⁹ Ibnu Mas'ud dan Joko Paryono, *Ilmu Alamiah...*, h. 65

⁶⁰ Maskoeri Jasin. *IlmuAlamiah...*, h. 47.

“Berikan saya kesempatan untuk memikirkan dan mencoba mengerjakan”. Ilmuwan selalu bersikap optimis.⁶¹ Ilmuwan selalu melakukan usaha apapun agar penemuannya berhasil, tetapi biasanya ada saja hambatan yang muncul. Ilmuwan tidak putus asa karena tetap yakin bahwa kegagalan yang dialami sekarang setidaknya memberi petunjuk yang berguna bagi ilmuwan jalan yang serupa.

Pengembangan sikap ilmiah siswa akan terlihat dari beberapa deskriptor dari tiap-tiap indikator. Adapun deskriptor sikap ilmiah tiap indikator terlihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Indikator dan Deskriptor Sikap Ilmiah⁶²

Indikator	Deskriptor
Sikap rasa ingin tahu	a) Aktif bertanya b) Aktif menjawab pertanyaan c) Aktif mencari jawaban
Sikap jujur	a) Tidak memanipulasi data b) Mencatat data yang sebenarnya sesuai dengan hasil LKS kelompoknya c) Tidak mencontek hasil LKS kelompok lain
Sikap terbuka	a) Tidak meninggalkan tugas b) Berpartisipasi dalam melakukan praktikum dan diskusi c) Berbagi tugas dalam kelompok
Sikap toleren	a) Memberikan pendapat secara individu baik dalam diskusi kelompok maupun diskusi kelas b) Selalu menerima pendapat yang dikemukakan teman meskipun masih kurang tepat c) Tidak meninggal tugas kelompok meskipun ketika pendapatnya tidak diterima
Sikap optimis	a) Berusaha mengerjakan tugas dengan baik b) Tidak melakukan kegiatan lain selain yang berhubungan dengan pelajaran c) Memiliki keinginan untuk dapat menyelesaikan tugas

Sumber: Adaptasi Hafizhah Arief, 2013

⁶¹ Ibnu Mas'ud dan Joko Paryono, *Ilmu Alamiah Dasar*. Bandung: Pustaka Setia, 1998, h.66

⁶² Hafizhah Arief, *Sikap Ilmiah Siswa Melalui Kegiatan Percobaan Fisika...* h. 122

G. Suhu dan Kalor

1. Suhu

Suhu (*temperature*) adalah ide kualitatif panas dan dingin yang berdasarkan pada indera sentuhan.⁶³Suhu merupakan ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Lebih tepatnya, suhu merupakan ukuran energi kinetik molekuler internal rata-rata sebuah benda.⁶⁴Sebagai contoh, oven yang panas dikatakan bersuhu tinggi, sementara es yang dingin dikatakan bersuhu rendah.

Jika sebuah benda dipanaskan atau didinginkan, sebagian dari sifat fisisnya berubah. Sifat fisis benda tersebut antara lain volume zat cair, panjang logam, hambatan listrik, tekanan gas pada volume tetap, volume gas pada tekanan tetap, dan warna nyala zat. Sifat fisis yang berubah dengan suhu dinamakan sifat termometrik zat.

Jadi dapat disimpulkan bahwa suhu merupakan indikator atau tanda bahwa energi panas itu naik atau turun pada suatu zat.

2. Termometer dan Skala Suhu

a. Termometer

Alat-alat yang dirancang untuk mengukur suhu disebut termometer. Ada banyak jenis termometer, termometer raksa, termometer alkohol, termometer klinis, termometer gas, termometer bimetal, termometer oven, termokopel, termometer hambatan, pirometer, dan termistor. Semua jenis termometer cara kerjanya tergantung pada sifat termometrik zat.

⁶³ Young dan Freedman, *Fisika Universitas*, Jakarta: Erlangga, 2000, h. 457

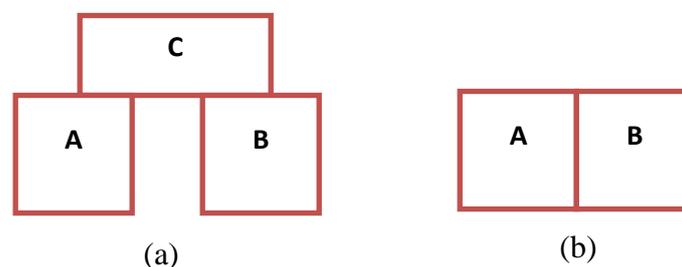
⁶⁴ Paul A. Tipler, *Fisika Jilid 1*, Jakarta: Erlangga, 1998, h. 560

Sebuah benda apabila dipanaskan atau didinginkan, sebagian dari sifat fisisnya berubah. Jika sebuah konduktor listrik dipanaskan, resistansi listriknya berubah. Sifat fisis yang berubah dengan suhu dinamakan sifat termometrik. Perubahan sifat termometrik menunjukkan perubahan suhu benda itu.



Gambar 2.1 Keadaan Kontak Termal

Gambar 2.1 menunjukkan sebatang tembaga didekatkan hingga bersentuhan dengan batang besi dingin. Batang tembaga akan sedikit menyusut, yang menyatakan bahwa bidang itu mengalami pendinginan, sedangkan batang besi sedikit memuai, yang menyatakan bahwa batang besi itu mengalami pemanasan. Kedua batang dikatakan berada dalam keadaan kontak termal. Pada akhirnya proses ini berhenti artinya tak satu batang pun yang berubah lagi panjangnya. Bila itu terjadi, kedua batang itu dikatakan saling berada dalam kesetimbangan termal, dan tidak ada energi yang mengalir dari satu benda ke benda yang lainnya, dan suhu mereka tidak berubah.⁶⁵



Gambar 2.2 Hukum ke Nol Termodinamika. (a) sistem A dan B masing-masing berada pada kesetimbangan termal dengan sistem C, maka (b) sistem A dan B juga mengalami kesetimbangan termal terhadap satu sama lain.

⁶⁵*Ibid.*, h. 561

Prinsip kerja termometer dapat dijelaskan dengan sifat kesetimbangan termal seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2. Tiga sistem A, B, dan C yang pada awalnya tidak berada pada kesetimbangan termal. Sistem A dan B dalam keadaan terpisah, tapi sistem C dibiarkan berinteraksi dengan A maupun B. Interaksi ini ditunjukkan pada Gambar 2.2 (a), sehingga sistem C dan A berada dalam kesetimbangan termal dan C dan B berada dalam kesetimbangan termal. Jika A dan B masing-masing seimbang termal dengan C, maka kedua sistem berada dalam kesetimbangan termal, yang dapat diperiksa dengan saling menyentuhkan kedua sistem seperti pada gambar 2.2 (b).

Dari percobaan ini menunjukkan “bahwa jika dua sistem berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka ketiga sistem itu berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain”. Pernyataan ini sering dinamakan hukum ke-nol termodinamika. Hukum ke nol termodinamika ini memungkinkan untuk mendefinisikan skala suhu.⁶⁶

b. Skala Suhu

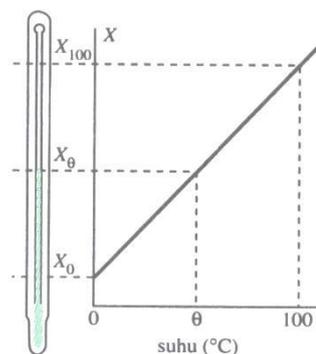
Suhu dapat diukur secara kuantitatif yaitu dengan mendefinisikan semacam skala numerik. Skala yang paling banyak dipakai sekarang adalah skala Celsius. Skala Fahrenheit yang umum digunakan di Amerika Serikat. Skala yang digunakan dalam sains adalah skala absolut, atau biasa disebut skala Kelvin.

1) Skala Celsius

Skala Celsius sebelumnya dinamakan skala *centigrade*. Skala Celsius mendefinisikan suhu titik tetap dari air, yaitu titik beku dan titik didih air yang

⁶⁶*Ibid.*

keduanya diambil pada tekanan atmosfer. Pada skala Celsius memiliki titik beku 0°C dan titik didih 100°C. Untuk skala Celsius, jarak antara kedua tanda dibagi menjadi seratus selang yang sama yang dipisahkan oleh tanda-tanda kecil yang menyatakan setiap derajat antara 0°C dan 100°C (itulah sebabnya diberi nama skala “centigrade” yang berarti “seratus langkah”).⁶⁷



Gambar 2.3 Hubungan panjang kolom raksa X dan suhu dalam skala Celsius

Gambar 2.3 menunjukkan suhu benda yang dapat diukur dengan menempatkan termometer air raksa agar berada dalam kontak termal dengannya, menunggu sampai kesetimbangan termal tercapai, dan mencatat posisi kolom air raksa. Maka dapat dinyatakan persamaan sebagai berikut.

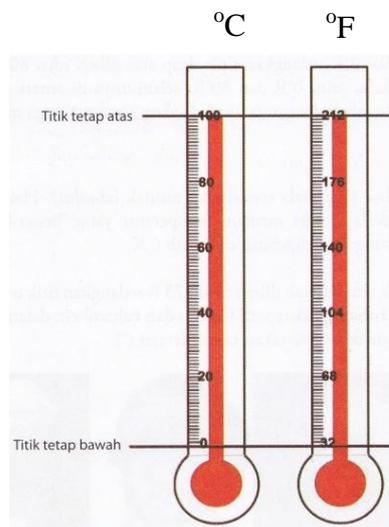
$$t_C = \frac{X_\theta - X_0}{X_{100} - X_0} \times 100^\circ \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan (2.1) menunjukkan t_C adalah suhu Celsius, X_θ adalah panjang kolom air raksa, X_0 adalah panjang kolom air raksa pada titik lebur es pada suhu 0°C, dan X_{100} adalah panjang kolom air raksa pada titik didih air pada suhu 100°C.

⁶⁷ Douglas C. Giancoli, *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*, Jakarta: Erlangga, 2001, h. 451

2) Skala Fahrenheit

Skala Fahrenheit mendefinisikan suhu titik beku air 32°F dan titik didih air 212°F . Skala Fahrenheit memiliki jarak antara kedua tanda dibagi menjadi 180 selang yang sama. Skala Fahrenheit biasa digunakan di Amerika Serikat dan skala Celsius digunakan dalam pekerjaan ilmiah dan di seluruh negara lainnya di dunia, maka perlu mengubah suhu antara kedua skala ini.



Gambar 2.4 Perbandingan Skala Celsius dan Fahrenheit

Gambar 2.4 menunjukkan skala Celsius memiliki 100 derajat dan skala Fahrenheit memiliki 180 derajat antara titik beku dan titik didihnya. Oleh karena itu, perubahan suhu sebesar satu derajat Fahrenheit lebih kecil daripada perubahan satu derajat Celsius sama dengan perubahan $9/5$ derajat Fahrenheit. Hubungan umum antara suhu Fahrenheit dan suhu Celsius adalah:⁶⁸

$$t_F = \frac{9}{5} t_C + 32 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

⁶⁸ Paul A. Tipler, *Fisika...*, h. 563

⁶⁹ Young dan Freedman, *Fisika Universitas...*, h. 459

Untuk mengubah Fahrenheit ke Celsius, dengan menurunkan persamaan 2.2 maka diperoleh

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32^\circ) \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan 2.3 menunjukkan dengan mengurangi 32° untuk memperoleh derajat Fahrenheit (t_F) di atas titik beku, lalu kalikan $5/9$ untuk mendapatkan besar derajat Celsius (t_C) di atas titik beku, yaitu suhu Celsius.

3) Skala Reamur

Termometer dengan skala Reamur masih digunakan untuk beberapa keperluan meskipun tidak banyak. Prinsip penentuan skala pada termometer Reamur tidak berbeda dengan kedua skala sebelumnya. Pada skala termometer Reamur, titik tetap bawah di beri nilai 0°R sedangkan titik tetap atas diberi nilai 80°R . Setelah diperoleh dua titik skala, yaitu 0°R dan 80°R , selanjutnya di antara kedua titik tetap tersebut dibagi kembali dengan jarak skala yang sama sehingga menjadi 100 skala.⁷⁰ Perbedaan termometer Reamur dengan termometer Celsius adalah titik didih air pada tekanan udara normal yang diberi nilai 80. Hubungan perbandingan termometer Reamur dengan termometer Celsius dapat dituliskan seperti persamaan berikut.

$$t_R = \frac{4}{5}t_C \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk mengubah Reamur ke Celsius, dengan menurunkan persamaan 2.4 maka diperoleh

$$t_C = \frac{5}{4}t_R \dots\dots\dots(2.5)$$

⁷⁰Mohamad Ishaq, *Menguak Rahasia Alam dengan Fisika*, Bandung : PT Albana, 2008, h. 189

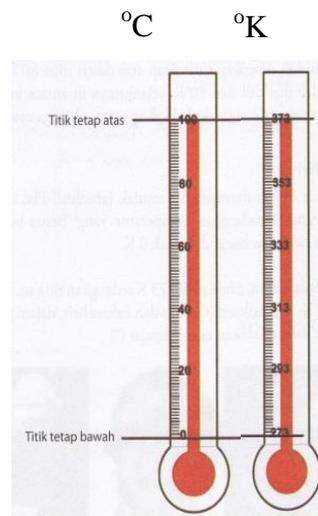
Pada persamaan 2.4 dan 2.5 menunjukkan perbandingan skala termometer Reamur dan termometer Celcius dengan perbandingan $t_C : t_R = 5 : 4$, sehingga untuk memperoleh derajat Reamur dengan mengalikan $4/5$ dari derajat Celcius, begitu juga sebaliknya.

4) Skala Kelvin

Skala suhu yang didefinisikan dengan mencocok sistem cairan dalam tabung dan termometer tahanan selalu tergantung pada suatu sifat khusus dari bahan yang digunakan. Secara ideal dapat didefinisikan skala suhu yang tidak bergantung terhadap sifat bahan tertentu. Untuk menentukan skala yang benar-benar tidak bergantung terhadap bahan, digunakan prinsip termodinamika yang mendiskusikan tentang sebuah termometer yang mendekati ideal, yaitu termometer gas.⁷¹

Prinsip termometer gas adalah bahwa tekanan gas pada volume konstan akan bertambah seiring dengan perubahan suhu. Jumlah gas yang ditempatkan dalam wadah bervolume konstan, dan tekanannya diukur dengan salah satu alat ukur. Untuk mengkalibrasi sebuah termometer gas volume-konstan, dengan mengukur tekanan pada dua suhu. Dari hasil ekstrapolasi ditemukan ada suatu suhu hipotesis, yaitu $-273,15^{\circ}\text{C}$, dengan tekanan mutlak gas menjadi nol. Skala suhu Kelvin disebut sebagai dasar skala suhu pada tekanan nol.

⁷¹ Young dan Freedman, *Fisika Universitas...*, h.460



Gambar 2.5 Perbandingan Skala Celsius dan Skala Kelvin

Gambar 2.5 menunjukkan perbandingan skala Celsius dan skala Kelvin. Skala Celsius memiliki 100 derajat dan skala Kelvin memiliki 100 derajat antara titik beku dan titik didihnya. Satu skala pada Kelvin sama dengan satu kali skala Celsius. Skala Kelvin memiliki satuan yang sama besar dengan skala Celsius, tetapi harga nol digeser sehingga $0 \text{ K} = -0^{\circ}\text{C}$ dan $273,15 \text{ K} = 0^{\circ}\text{C}$, atau dituliskan dengan persamaan:

$$t_K = t_C + 273,15 \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Pada satuan SI, “derajat” tidak digunakan pada skala Kelvin. Suhu ruangan biasa adalah sekitar 293 K dibaca “293 Kelvin”, bukan “derajat Kelvin”. Kelvin dituliskan dengan huruf kapital dan ditetapkan satuan untuk suhu adalah *kelvin*.⁷²

3. Pemuaiian

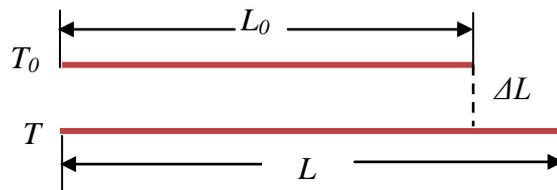
Zat sebagian besar ketika dipanaskan akan mengalami ekspansi atau biasa disebut memuai dan zatakan menyusut ketika didinginkan. Besarnya pemuaiian dan penyusutan bervariasi, bergantung pada materi itu sendiri. Pemuaiian termal adalah peristiwa penambahan ukuran benda karena perubahan suhu. Perubahan

⁷²*Ibid...*, h. 460-461

benda bisa berupa perubahan panjang, luas atau volume. Hampir seluruh benda atau zat mengalami pemuaian termal, yaitu zat padat, cair, maupun gas.⁷³

a. Pemuaian Panjang

Sebuah batang berpenampang kecil, dengan panjang L_0 pada suhu T_0 . Saat batang dipanaskan suhu berubah sebesar ΔT . Batang tersebut akan memuai atau bertambah panjang sebesar ΔL . Percobaan menunjukkan bahwa jika ΔT tidak terlalu besar, ΔL akan berbanding lurus dengan ΔT . Sebagaimana yang diharapkan, perubahan panjang juga sebanding dengan panjang awal L_0 . Seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.6 Pemuaian panjang

Gambar 2.6 menunjukkan batang mengalami perubahan suhu yang sama, tetapi yang satu lebih panjang dua kali daripada yang lainnya, maka perubahan panjangnya juga akan dua kali lipat. Dengan demikian ΔL juga harus berbanding dengan L_0 . Dengan konstanta α (yang berbeda untuk bahan yang berlainan), dapat dinyatakan hubungannya dalam persamaan:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Pada persamaan (2.7) menunjukkan ΔL adalah pertambahan panjang dalam satuan (m), α sebagai koefisien muai panjang yang satuannya $(C^\circ)^{-1}$, L_0 adalah panjang mula-mula, dan ΔT adalah selisih suhu ($T - T_0$) dalam satuan $^\circ C$.

⁷³ Young dan Freedman, *Fisika Universitas*, h. 462

Jika sebuah benda memiliki panjang L_0 pada suhu T_0 , maka panjang L pada suhu $T = T_0 + \Delta T$ adalah

$$L = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Konstanta α menjelaskan sifat ekspansi termal dari bahan tertentu, disebut koefisien ekspansi linier (*coefficient of linier expansion*). Satuan α adalah K^{-1} atau $(^\circ C)^{-1}$. Adapun koefisien pemuaian untuk berbagai jenis zat dapat dilihat pada Tabel 2.3.⁷⁴

Tabel 2.3 Koefisien Pemuaian pada Berbagai Jenis Zat⁷⁵

Zat	Koefisien Muai Panjang α ($^\circ C$) ⁻¹	Koefisien Muai Panjang β ($^\circ C$) ⁻¹
Padat		
Aluminium	25×10^{-6}	75×10^{-6}
Kuningan	19×10^{-6}	56×10^{-6}
Besi atau baja	12×10^{-6}	35×10^{-6}
Timah hitam	29×10^{-6}	87×10^{-6}
Kaca (Pyrex)	3×10^{-6}	9×10^{-6}
Kaca (biasa)	9×10^{-6}	27×10^{-6}
Kwarsa	$0,4 \times 10^{-6}$	1×10^{-6}
Beton dan bata	$\approx 12 \times 10^{-6}$	$\approx 36 \times 10^{-6}$
Marmer	$1,4 - 3,5 \times 10^{-6}$	$4 - 10 \times 10^{-6}$
Cair		
Bensin		950×10^{-6}
Air raksa		180×10^{-6}
Ethyl alcohol		1100×10^{-6}
Gliserin		500×10^{-6}
Air		210×10^{-6}
Gas		
Udara (dan sebagian besar gas pada tekanan atmosfer)		3400×10^{-6}

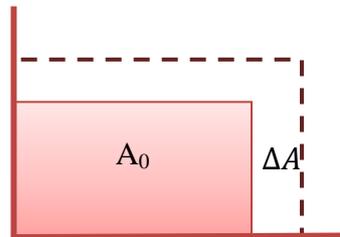
b. Pemuaian Luas

Pemuaian luas terjadi pada benda dua dimensi yang jika dipanaskan maka benda tersebut akan mengalami pemuaian dalam arah melebar dan memanjang.

⁷⁴*Ibid.*

⁷⁵ Douglas C. Giancoli, *Fisika ...*, h. 455

Oleh karena itu, benda tersebut dikatakan mengalami pemuaian luas yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.7 Pemuaian Luas

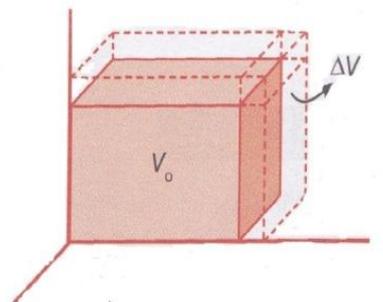
Gambar 2.7 menunjukkan pertambahan luas yang dialami benda saat memuai. Persamaan untuk pertambahan luas yang dialami benda dapat dituliskan:

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Persamaan (2.9) menunjukkan ΔA adalah pertambahan luas dalam satuan m^2 , β adalah koefisien muai luas dalam satuan C^{-1} , A_0 adalah panjang mula-mula dalam satuan m^2 , dan ΔT adalah selisih suhu ($T - T_0$) dalam satuan $^{\circ}C$.

c. Pemuaian Volume

Pemuaian volume terjadi pada benda tiga dimensi yang diakibatkan oleh peningkatan suhu. Pemuaian volume ini berlaku pada bahan padat maupun cair dan gas. Pemuaian yang terjadi dalam arah panjang lebar, dan tinggi pada benda tersebut. Oleh karena itu, benda tersebut dikatakan mengalami pemuaian volume.



Gambar 2.8 Pemuaian Volume

Gambar 2.8 menunjukkan bahwa jika perubahan suhu ΔT terlalu besar (kurang dari $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, atau di sekitarnya), kenaikan volume ΔV dapat dianggap berbanding lurus dengan perubahan suhu dan volume awal. Maka dapat dituliskan persamaannya:⁷⁶

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

Persamaan (2.10) menunjukkan ΔV adalah pertambahan volume dalam satuan m^3 , β adalah koefisien muai volume ($^{\circ}\text{C}^{-1}$), V_0 adalah panjang mula-mula (m^3), ΔT adalah selisih suhu ($T - T_0$) ($^{\circ}\text{C}$).

Konstanta β menggambarkan sifat pemuaian volume pada bahan tertentu disebut sebagai koefisien ekspansi volume (*coefficient of volume expansion*). Pada pemuaian volume koefisien ekspansi volume berubah terhadap suhu, sehingga sejumlah bahan yang mengalami perubahan suhu yang kecil atau rendah membuat harga β menurun. Beberapa nilai β pada suhu ruang dijabarkan pada tabel 2.3.

Terdapat hubungan koefisien muai volume dan muai panjang α . Untuk menurunkan hubungan ini, tinjau sebuah kubus dengan bahan tertentu dengan panjang rusuk L dan volume $V = L^3$. Pada suhu ruang, kubus tersebut adalah L_0 dan V_0 . Saat suhu bertambah sebanyak dT , panjang rusuk bertambah dL dan volume bertambah dV sebanyak:⁷⁷

$$dV = \frac{dV}{dL} dL = 3L^2 dL \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

⁷⁶ Young dan Freedman, *Fisika Universitas*, h. 463

⁷⁷ *Ibid.*, h. 464

Kemudian gantikan L dan V dengan nilai awal L_0 dan V_0 . Dari persamaan 2.7, ΔL adalah:

$$dL = \alpha L_0 dT \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Karena $V_0 = L_0^3$, artinya ΔV juga dapat dituliskan sebagai:

$$dV = 3L_0^2 \alpha L_0 dT = 3 \alpha V_0 dT \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Hal ini sesuai dengan bentuk persamaan 2.8, $dV = \beta V_0 dT$, sehingga didapatkan:

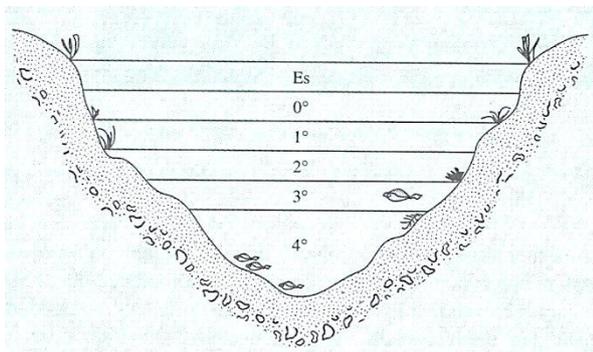
$$\beta = 3\alpha \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Suatu benda akan bertambah tiap bagiannya pada saat terjadi perubahan suhu tertentu yang sebanding dengan ukuran mula-mula bagian benda itu. Jadi, jika penggaris baja dinaikkan suhunya, maka pengaruhnya akan serupa dengan pembesaran fotografis.

d. Anomali Air

Sebagian besar zat kurang lebih memuai secara beraturan terhadap pertambahan suhu. Pada zat cair tidak mengikuti pola yang biasa. Jika air pada 0°C dipanaskan, volumenya menurun sampai mencapai 4°C . Air akan berperilaku normal pada suhu di atas 4°C dan volumenya memuai terhadap petambahan suhu. Air memiliki massa jenis yang paling tinggi pada saat 4°C . Perilaku air yang menyimpang ini sangat penting dan berguna untuk kehidupan air selama musim dingin.⁷⁸

⁷⁸ Douglas C. Giancoli, *Fisika ...*, h. 457



Gambar 2.9 Suhu Air dalam Sebuah Danau yang ditutupi Es

Gambar 2.9 menunjukkan ketika suhu air di danau mencapai suhu di bawah 4°C , pemuaian volume air akan memperkecil massa jenis air yang lebih dingin sehingga air dingin yang mempunyai massa jenis lebih kecil naik ke permukaan danau. Air yang bersuhu 4°C yang massa jenisnya lebih besar akan tenggelam ke dasar danau. Akibatnya, air di permukaan danau akan membeku terlebih dahulu, karena air di permukaan mencapai suhu 0°C . Air yang di permukaan akan terbentuk lapisan es. Air di bawah lapisan es pada danau yang dalam tidak pernah membeku, sehingga ikan dan tumbuh-tumbuhan di dalam danau mampu bertahan hidup menghadapi musim dingin.⁷⁹

e. Pemuaian Gas

Gas juga memiliki sifat pemuaian termal seperti zat padat dan zat cair. Pemuaian pada gas tidak hanya dipengaruhi oleh suhu, tetapi faktor tekanan udara pun ikut berpengaruh besar. Gas memiliki tiga besaran yang saling berhubungan, yaitu suhu T , tekanan P , dan volume V . Ketiga besaran tersebut saling berhubungan, sehingga jika tekanan berubah, maka suhu akan berubah, dan jika volume berubah, maka tekanan dan suhu bisa berubah. Hubungan seperti

⁷⁹*Ibid*

ini disebut persamaan keadaan.⁸⁰ Dengan melakukan eksperimen untuk jumlah gas tertentu melalui beberapa pendekatan maka diperoleh hukum gas ideal.

1) Hukum Gas Ideal

Hukum-hukum gas dari Boyle, Charles dan Gay-Lussac didapat dengan bantuan teknik yang sangat berguna di sains, yaitu menjaga satu atau lebih variabel tetap konstan untuk melihat akibat dari perubahan satu variabel saja. Hukum-hukum ini dapat digabungkan menjadi satu hubungan yang lebih umum antara tekanan, volume, dan suhu dari gas dengan jumlah tertentu.⁸¹

$$PV = CT \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Persamaan (2.15) menunjukkan nilai C adalah konstanta kesebandingan yang sesuai dengan suatu macam gas tertentu. Misalkan, dua wadah yang masing-masing berisi jumlah gas yang sama dari gas yang sama pada suhu yang sama. Jika kedua wadah digabungkan, maka akan didapatkan dua kali volume gas pada tekanan yang sama dan suhu yang sama. Dengan kata lain, C sebanding dengan jumlah gas, yang dapat dituliskan.⁸²

$$C = kN \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan demikian, persamaan(2.16) dapat diubah menjadi:

$$PV = NkT \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

⁸⁰ Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 459

⁸¹ *Ibid.*, h. 462

⁸² Paul A. Tipler, *Fisika...*, h. 572-573

Konstanta k dinamakan konstanta Boltzmann. Secara eksperimen ditemukan bahwa konstanta ini mempunyai nilai yang sama untuk tiap jenis atau jumlah gas. Dalam sistem SI nilainya adalah $k = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$.⁸³

Satu mol sebuah zat adalah jumlah zat tersebut yang mengandung atom-atom atau molekul-molekul sejumlah bilangan Avogadro. Bilangan Avogadro N_A di definisikan sebagai jumlah atom carbon dalam 12 gram ^{12}C . Nilai bilangan Avogadro adalah $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ molekul/mol.

Gas ideal didefinisikan sebagai gas yang PV/nT konstan untuk seluruh tekanan. Untuk gas ideal, tekanan, volume dan suhu dihubungkan oleh.

$$PV = nRT \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Persamaan (2.18) disebut hukum gas ideal, atau persamaan keadaan untuk gas ideal. Konstanta pembanding R yang biasa disebut konstanta gas universal karena nilainya secara eksperimen ternyata sama untuk semua gas. Nilai R , pada beberapa set satuan (hanya yang pertama yang merupakan satuan SI yang benar), adalah⁸⁴

$$\begin{aligned} R &= 8,315 \text{ J}/(\text{mol.K}) && \text{[Satuan SI]} \\ &= 0,0821 \text{ (L.atm)}/(\text{mol.K}) \\ &= 1,99 \text{ kalori}/(\text{mol.K}) \end{aligned}$$

⁸³*ibid*

⁸⁴ Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 463

4. Kalor

Kalor mengalir dari suatu benda yang suhunya lebih tinggi ke suhu yang rendah. Kalor berhubungan dengan kerja dan energi. Energi yang berpindah dari interaksi antar sistem menyebabkan perubahan suhu disebut panas (*heat*).⁸⁵ Satuan yang umum untuk kalor, yang digunakan sekarang, dinamakan kalori. Satuan ini disebut kalori (kal) dan didefinisikan sebagai “kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 gram air sebesar 1 derajat Celsius”. Kalori yang lebih sering digunakan adalah kilokalori(kkal), yang besarnya 1000 kalori. Dengan demikian, “1 kkal adalah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 kg air sebesar 1 C^o”.⁸⁶ Kalor adalah energi yang berpindah, maka ada hubungan pasti antara satuan kuantitas panas dan satuan energikinetik, misalnya joule, seperti dibawah ini.

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

$$1 \text{ kkal} = 1000 \text{ kal} = 4186 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft} \cdot \text{lb} = 252 \text{ kal} = 1055 \text{ J}$$

Satuan joule adalah sebagai satuan dasar energi dalam semua bentuk, termasuk kalor. Sehingga dapat disimpulkan kalor bukan sebagai zat, dan bahkan bukan sebagai bentuk energi. Melainkan, kalor merupakan “transfer energi” ketika kalor mengalir dari benda panas ke yang lebih dingin, energilah yang ditransfer dari yang panas ke yang dingin. Dengan demikian, kalor

⁸⁵ Young dan Freedman, *Fisika Universitas*, h. 467

⁸⁶ Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 489

merupakan “energi yang ditransfer dari satu benda ke yang lainnya karena adanya perbedaan temperatur”.⁸⁷

a. Kalor Jenis

Kalor jenis c dari zat didefinisikan sebagai energi (atau kalor) yang dibutuhkan untuk merubah suhu massa satuan zat sebesar 1 derajat. Dalam bentuk persamaan dapat dituliskan⁸⁸

$$Q = mc \Delta T \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Persamaan (2.19) menunjukkan Q adalah kalor yang diserap atau dikeluarkan(J), ΔT adalah penambahan atau pengurangan suhu (K), dan m adalah massa zat (kg).

**Tabel 2.4 Kalor Jenis untuk Berbagai Jenis Zat
(pada tekanan konstan 1 atm dan 20°C)⁸⁹**

Zat	Kalor Jenis, c	
	kcal/kg.C°	J/kg.C°
Aluminium	0,22	900
Tembaga	0,03	390
Kaca	0,20	840
Besi atau baja	0,11	450
Timah hitam	0,031	130
Marmer	0,21	860
Perak	0,056	230
Kayu	0,4	1700
Alkohol (ethyl)	0,58	2400
Air raksa	0,03	140
Air		
Es (-5°C)	0,50	2100
Cair (15°C)	1,00	4186
Uap (110°C)	0,48	2010
Tubuh manusia (rata-rata)	0,83	3470
Protein	0,4	1700

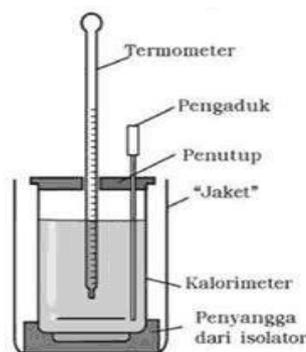
⁸⁷*Ibid...*, h. 490

⁸⁸*Ibid...*, h. 492

⁸⁹*Ibid*

b. Kalorimetri

Kalorimetri berarti mengukur panas. Ketika bagian-bagian yang berbeda dari sistem yang terisolasi berada pada suhu yang berbeda, kalor akan mengalir dari bagian dengan suhu yang lebih tinggi ke bagian suhu yang lebih rendah. Jika seluruh sistem terisolasi dari sekitarnya, maka kalor yang keluar dari benda sama dengan kalor yang masuk ke air dan wadahnya. Prosedur ini dinamakan kalorimetri. Wadah tempat pencampuran antara dua zat yang terisolasi dinamakan kalorimeter, perhatikan gambar 2.12.⁹⁰



Gambar 2.11 Kalorimeter

Gambar 2.11 menunjukkan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kalor jenis suatu zat. Kalorimeter ini terdiri dari termometer, pengaduk, dan sebuah bejana logam yang kalor jenisnya diketahui. Bejana ini biasanya ditempatkan di dalam bejana lain yang agak lebih besar. Kedua bejana dipisahkan oleh bahan penyekat, seperti gabus atau wol. Kegunaan bejana luar adalah sebagai isolator agar pertukaran kalor dengan sekitar kalorimeter dapat dikurangi. Kalorimeter juga dilengkapi dengan batang pengaduk yang berfungsi sebagai mencampurkan dua zat yang suhunya berbeda.

⁹⁰ Tipler, *Fisika...*, h. 601

c. Asas Black

Kalor mempengaruhi suhu akhir suatu zat. Misalkan m adalah massa benda, c adalah kalor jenis, dan T_{i0} adalah suhu awal. Jika T_f adalah suhu akhir benda dalam bejana air, maka kalor yang keluar dari benda adalah⁹¹

$$Q_{\text{keluar}} = m c (T_{i0} - T_f) \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Cara yang sama jika T_{ia} adalah suhu awal air dan wadahnya, dan T_f adalah suhu akhirnya (suhu akhir benda dan air adalah sama, karena keduanya dalam keadaan setimbang), maka kalor yang diserap oleh air dan wadahnya adalah

$$Q_{\text{masuk}} = m_a c_a (T_f - T_{ia}) + m_w c_w (T_f - T_{ia}) \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

dengan m_a dan $c_a = 4,18 \text{ kJ/kg.K}$ adalah massa dan kalor jenis air, dan m_w dan c_w adalah massa dan kalor wadah. Jika benda yang dipanaskan ditempatkan ke dalam air yang lebih dingin, maka suhu akhir T_f akan lebih besar daripada suhu awal bejana air dan lebih kecil daripada suhu awal benda. Jumlah panas ini sama, panas jenis c benda dapat dihitung dengan menuliskan panas yang keluar dari benda sama dengan panas yang masuk air dan wadahnya.

$$Q_{\text{keluar}} = Q_{\text{masuk}} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

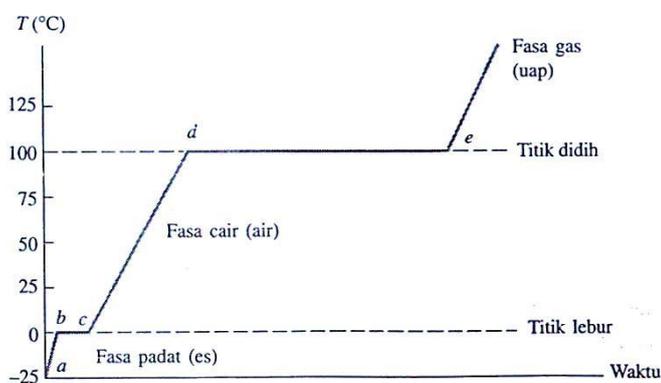
$$m c (T_{i0} - T_f) = m_a c_a (T_f - T_{ia}) + m_w c_w (T_f - T_{ia})$$

Persamaan (2.22) menunjukkan banyaknya kalor yang dilepas (keluar) oleh benda bersuhu tinggi akan sama dengan banyak kalor yang diserap (masuk) oleh benda bersuhu rendah. Pernyataan ini dikenal sebagai Asas Black.

⁹¹ Tipler, *Fisika...*, h. 601

d. Perubahan Fasa dan Kalor Laten

Fasa (*phase*) adalah istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan keadaan tertentu dari suatu bahan seperti padat, cair, atau gas. Sebagai contoh, campuran H₂O eksis dalam fasa padatan sebagai es, dalam fasa cair sebagai air, dan dalam fasa gas sebagai uap. Untuk tekanan tertentu, perubahan fasa terjadi pada suhu tertentu, yang umumnya disertai dengan absorpsi atau emisi panas dan perubahan volume dan densitas.⁹²



Gambar 2.12 Grafik Suhu terhadap Waktu pada Perubahan Fasa Zat

Gambar 2.12 menunjukkan perubahan fasa zat yang diakibatkan suhu berubah ketika ditambahkan panas secara kontinu pada spesimen es dengan suhu awal di bawah 0°C (titik *a*). Suhu naik hingga titik lebur (titik *b*). Panas terus ditambahkan mengakibatkan suhu tetap konstan hingga seluruh es mencair (titik *c*). Suhu akan mulai naik lagi sampai suhu didih tercapai (titik *d*). Pada titik ini suhu kembali konstan hingga seluruh air berubah menjadi gas (titik *e*). Laju masukan panas konstan sehingga terlihat kemiringan garis pada fasa padat (es) lebih curam daripada garis untuk fasa cair (air).

⁹² Young dan Freedman, *Fisika Universitas...*, h. 470

Panas yang diberikan pada suatu zat dengan tekanan konstan, akan terjadi kenaikan suhu zat. Zat dapat menyerap panas dalam jumlah yang besar tanpa mengalami perubahan apa pun pada suhunya. Peristiwa ini terjadi selama perubahan fasa, artinya ketika kondisi fisis zat berubah dari satu bentuk menjadi bentuk lain. jenis-jenis perubahan fasa yaitu;⁹³

1. Pembekuan, merupakan jenis perubahan fasa cairan menjadi padatan.
2. Penguapan, merupakan perubahan fasa cairan menjadi uap atau gas.
3. Sublimasi, merupakan perubahan padat langsung menjadi gas.

Sejumlah energi panas tertentu dibutuhkan untuk mengubah fasa sejumlah zat tertentu. Kalor yang dibutuhkan sebanding dengan massa zat. Secara matematis dirumuskan:

$$Q = m L_f \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

Persamaan (2.23) menunjukkan Q adalah kalor yang diserap atau dikeluarkan(J), m adalah massa zat (kg), dan L_f adalah kalor lebur zat (J/K).

Kalor laten adalah bilangan yang menunjukkan jumlah kalor yang dibutuhkan untuk mengubah fase suatu zat tiap satu satuan waktu. Persamaan 2.22 menunjukkan kalor lebur zat. Kalor lebur (L_f) adalah kalor yang dibutuhkan untuk meleburkan 1 kg zat padat menjadi fase cair.⁹⁴

Bila perubahan fasa adalah cairan menjadi gas, maka kalor yang dibutuhkan adalah

$$Q = m L_v \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

⁹³*Ibid.*

⁹⁴ Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 497

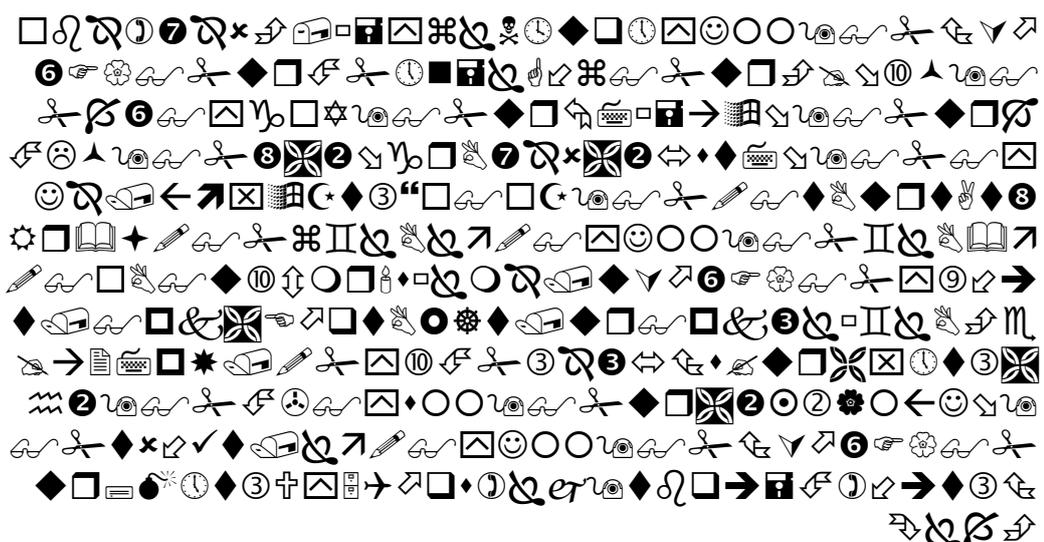
Kalor penguapan (L_v) merupakan kalor yang dibutuhkan untuk merubah 1 kg zat dari fase cair ke gas juga merupakan energi yang dikeluarkan ketika zat berubah dari uap ke cair.⁹⁵Tabel 2.5memberikan kalor laten peleburan dan penguapan pada 1 atm untuk berbagai zat.

Tabel 2.5 Kalor Laten (pada 1atm)

Zat	Titik Lebur (°C)	Kalor Lebur		Titik Didih (°C)	Kalor Penguapan	
		kcal/kg	J/kg		kcal/kg	J/kg
Oksigen	-218,8	3,3	$0,14 \times 10^5$	-183	51	$2,1 \times 10^5$
Nitrogen	-210,0	6,1	$0,26 \times 10^5$	-195,8	48	$2,00 \times 10^5$
Ethyl alkohol	-114	25	$1,04 \times 10^5$	78	204	$8,5 \times 10^5$
Amonia	-77,8	8,0	$0,33 \times 10^5$	-33,4	33	$1,37 \times 10^5$
Air	0	79,7	$3,33 \times 10^5$	100	539	$22,6 \times 10^5$
Tumah hitam	327	5,9	$0,25 \times 10^5$	1750	208	$8,7 \times 10^5$
Perak	961	21	$0,88 \times 10^5$	2193	558	23×10^5
Besi	1808	69,1	$2,89 \times 10^5$	3023	1520	$63,4 \times 10^5$
Tungsten	3410	44	$1,84 \times 10^5$	5900	1150	48×10^5

Nilai-nilai numerik dalam kkal/kg sama dengan kal/g

Perubahan wujud ini sebenarnya merupakan karunia Allah yang sangat berharga bagi kehidupan di bumi, sebagaimana firman Allah SWT pada surah Al-Baqarah ayat 164 yang berbunyi.



⁹⁵Ibid.

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupakan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan”.

Dari ayat tersebut mengandung makna tersirat yang berhubungan dengan kenyataan yang telah diketahui manusia. Dari kata *apa yang Allah turunkan dari langit berupa air*, baik yang cair maupun yang membeku. Yakni memerhatikan proses turunnya hujan dalam siklus yang berulang-ulang, bermula dari air laut yang menguap dan berkumpul menjadi awan, menebal. Menjadi dingin, dan akhirnya turun menjadi hujan, serta memerhatikan pula angin dan fungsinya. Yang kesemuanya merupakan kebutuhan bagi kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan.⁹⁶ Perubahan wujud yang dikenal sebagai penguapanlah yang membuat air laut yang asin dan dapat menjadi air hujan yang rasanya tawar. Sungguh merupakan karunia Allah yang sangat penting untuk disyukuri.

5. Perpindahan Kalor

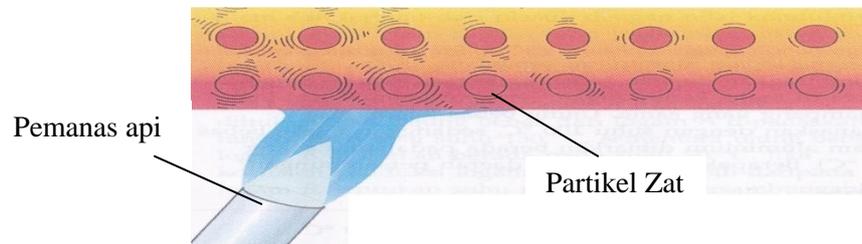
Kalor berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya rendah. Energi kalor ditransfer dari satu tempat ke tempat lain melalui tiga proses, yaitu; konduksi, konveksi, dan radiasi.

a. Konduksi

Konduksi adalah energi kalor ditransfer lewat interaksi antara atom-atom atau molekul, walaupun atom-atom atau molekulnya sendiri tidak berpindah. Jadi

⁹⁶ M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Misbah Volume 1*, Jakarta: Lentera Hati, 2002, h.448

konduksi adalah proses perpindahan kalor yang ditandai dari tumbukan molekul-molekul tanpa disertai perpindahan partikel. Perhatikan gambar 2.13.



Gambar 2.13 Partikel zat yang dipanaskan

Gambar 2.13 menunjukkan sebuah logam yang tersusun atas beberapa partikel zat dipanaskan. Pemanasan pada satu ujung zat menyebabkan partikel-partikel pada ujung itu bergetar lebih cepat dan suhunya naik, atau energi kinetiknya bertambah. Selanjutnya partikel-partikel ini memberikan sebagian energi kinetiknya ke partikel-partikel tetangga berikutnya. Demikian seterusnya sampai kalor mencapai ujung yang dingin (tidak dipanasi).⁹⁷

Kecepatan aliran kalor dipengaruhi oleh ukuran benda, bentuk benda, suhu, dan konduktifitas termal zat. Konduktifitas termal zat (k) adalah ukuran kemampuan zat mengantarkan kalor, semakin besar k maka makin cepat perpindahan kalor. Laju kalor konduksi adalah banyak kalor yang melalui dinding selama selang waktu t . Dirumuskan secara matematis:

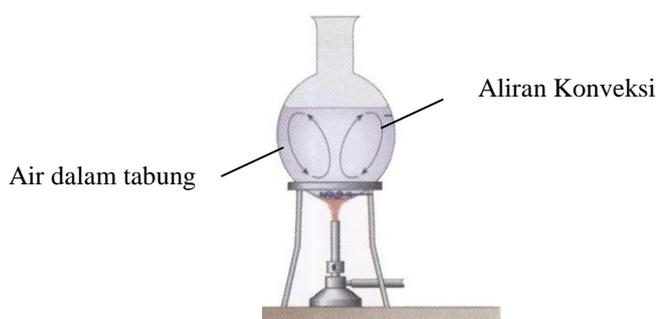
$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l} \dots\dots\dots (2.25)$$

Persamaan (2.25) menunjukkan H adalah laju kalor konduksi (J/s atau Watt), k adalah koefisien konduktifitas (J/(s.m².K), A adalah luas permukaan benda (m²), T_1 dan T_2 adalah suhu benda (K), dan l adalah ketebalan (m²).

⁹⁷ Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 504

b. Konveksi

Konveksi (*convection*) adalah transfer energi dengan cara perpindahan massa menempuh jarak yang cukup jauh.⁹⁸ Jadi, konveksi adalah perpindahan kalor yang dilakukan oleh pergerakan fluida akibat perpindahan massa jenis dari satu daerah ruang ke daerah lainnya.



Gambar 2.14 Peristiwa perpindahan kalor secara konveksi

Gambar 2.14 menunjukkan perpindahan kalor secara konveksi disertai gerakan massa atau gerakan partikel-partikel zat penghantar. Perpindahan tersebut terjadi karena adanya perbedaan massa jenis. Massa jenis zat air tersebut akan berkurang dan partikel-partikelnya yang memiliki massa jenis yang lebih besar yaitu yang suhunya lebih rendah akan mengalir kebawah. Demikian seterusnya hingga air didalam tabung akan berputar terus naik dan turun.⁹⁹

Laju kalor (Q/t) dalam suatu benda bergantung pada luas benda yang bersentuhan dengan fluida (A) dan beda suhu antara benda dengan lingkungan (ΔT). Secara matematis dituliskan sebagai:

⁹⁸ Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 504

⁹⁹ Young dan Freedman, *Fisika Universitas...*, h. 478

$$\frac{Q}{t} = hA\Delta T \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

Persamaan (2.25) menunjukkan Q/t adalah kelajuan kalor (Js^{-1}), h adalah koefisien konveksi dengan nilai yang bergantung pada bentuk dan kedudukan permukaan yang didapat dari percobaan ($\text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), A adalah luas permukaan (m^2), dan ΔT adalah perubahan suhu ($^\circ\text{C}$).

c. Radiasi

Radiasi (*radiation*) adalah perpindahan panas oleh gelombang elektromagnetik.¹⁰⁰ Gelombang elektromagnetik seperti cahaya tampak, infra merah, dan radiasi ultra ungu. Radiasi yang tidak membutuhkan adanya materi, adalah transfer energi oleh gelombang elektromagnetik adalah seperti dari matahari. Semua benda memancarkan energi dengan jumlah yang sebanding dengan pangkat empat temperatur Kelvinnya (T^4) dan dengan luas permukaannya. Energi yang dipancarkan atau diserap juga bergantung pada sifat permukaan (permukaan gelap menyerap dan memancarkan lebih dari yang mengkilat), yang dikarakterisasikan oleh emisivitas, e .¹⁰¹ Laju radiasi energi dapat dirumuskan secara matematis sebagai berikut:

$$H = \frac{dQ}{dt} = Ae\sigma T^4 \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

Persamaan (2.27) menunjukkan laju radiasi energi (H) dari permukaan berbanding lurus dengan luas penampang A . Laju peningkatan sangat cepat seiring kenaikan suhu, tergantung pada pangkat empat dari suhu Kelvin,

¹⁰⁰*Ibid.*

¹⁰¹Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 507

emisivitas warna benda (e), konstanta Stefan-Boltzman yang bernilai ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}_4$).