

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Efektivitas Pembelajaran

Efektivitas berasal dari kata bahasa Inggris yaitu *Effective* yang berarti berhasil, dan tepat. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia efektivitas adalah segala sesuatu yang memiliki pengaruh atau akibat yang ditimbulkan, manjur, membawa hasil serta merupakan keberhasilan dari suatu usaha atau tindakan. Yang dimaksud dengan efektivitas adalah sebuah ukuran yang telah menyatakan sejauh mana sasaran atau tujuan (kualitas, kuantitas, serta waktu) yang telah dicapai. Efektivitas merupakan penilaian yang dibuat sehubungan dengan sebuah prestasi individu, kelompok organisasi, semakin dekat pencapaian prestasi yang diharapkan agar lebih efektif hasil penilaiannya (Komariah & Triatna, 2005). Sedangkan menurut Edward Alfian, *et. al* (2020) suatu pembelajaran dikatakan efektif apabila tercapainya tujuan dalam belajar yaitu ditunjukkannya dengan kemampuan siswa dalam mencapai hasil belajar secara maksimal.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa efektivitas pembelajaran merupakan sebuah tingkatan keberhasilan seorang guru dalam membelajarkan siswanya guna mencapai tujuan pembelajaran yang telah diharapkan.

2.1.2 Metode Pembelajaran

Suatu pembelajaran tidak akan berlangsung tanpa ada metode didalamnya. Menurut Fazilla (2017) metode merupakan suatu cara yang dipergunakan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Selanjutnya menurut Mukrimah (2014) metode memiliki peran yang sangat strategis dalam mengajar. Menurut Djamarah & Zain (2010) kedudukan metode dalam mengajar yaitu sebagai alat motivasi ekstrinsik, sebagai strategi pengajaran, dan sebagai alat untuk mencapai tujuan.

Sedangkan menurut Hamzah (2016) variabel metode pembelajaran diklasifikasikan lebih lanjut menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu: (1) strategi pengorganisasian; (2) strategi penyampaian; serta (3) strategi pengelolaan. Menurut Sanjaya (2008) metode merupakan cara yang digunakan untuk

mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam kegiatan nyata agar tujuan yang telah disusun tercapai secara optimal. Sementara itu, menurut Hamalik (2003) metode adalah cara atau seperangkat cara, jalan dan teknik yang digunakan oleh pendidik dalam proses pembelajaran agar siswa dapat mencapai tujuan pembelajaran atau kompetensi tertentu yang dirumuskan dalam silabus pembelajaran.

Lebih jauh Menurut Sudjana (2005) metode pembelajaran merupakan salah satu strategi pembelajaran yang dapat dilakukan oleh guru agar mencapai tujuan pengajaran dapat tercapai dengan baik. Menurut Nurdyansyah, dkk. (2016) metode pembelajaran adalah cara mengajar secara umum yang dapat diterapkan pada semua mata pelajaran. Sementara itu, menurut Sulastri (2019) metode pembelajaran berupa prosedur yang hendaknya diikuti dalam rangka mencapai tujuan pembelajaran.

Berdasarkan beberapa pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode pembelajaran merupakan serangkaian sistem pembelajaran, karena keberhasilan pembelajaran bergantung pada pemilihan metode yang tepat.

2.1.3 Metode Pembelajaran *Brainstorming*

Brainstorming merupakan sebuah metode yang dikemukakan oleh Alex Osborn pada tahun 1953. *Brainstorming* dalam Bahasa Indonesia disebut sebagai curah gagasan atau curah pendapat atau sumbang saran. Dengan demikian keutamaan metode *brainstroming* ini adalah penggunaan kapasitas otak dalam menjabarkan gagasan atau menyampaikan suatu ide. Selama proses *brainstorming* berlangsung, seseorang akan dituntut untuk mengeluarkan semua gagasan sesuai dengan kapasitas wawasannya.

Brainstorming merupakan sebuah cara yang tepat untuk memunculkan banyak ide. *Brainstorming* merupakan suatu cara mengajar yang dilaksanakan oleh guru di dalam kelas, dengan cara guru melontarkan masalah kepada siswa, kemudian siswa menjawab dan menyatakan pendapatnya atau komentarnya sehingga masalah tersebut berkembang menjadi masalah baru, atau dapat diartikan juga sebagai suatu upaya guna mendapatkan banyak ide dari sekelompok manusia dalam waktu yang singkat (Roestiyah, 2008).

Menurut Wilson (2013) *brainstorming* merupakan sebuah metode individu atau kelompok guna menghasilkan sebuah ide, meningkatkan kemampuan kreatif, atau menemukan solusi untuk suatu masalah. Metode *Brainstorming* digunakan untuk menguras habis apa yang dipikirkan oleh siswa dalam menanggapi masalah yang telah dilontarkan oleh guru di dalam pembelajaran.

Selanjutnya, Fazilla (2017) mengemukakan bahwa *brainstorming* memberikan jalan untuk berinisiatif, kreatif, anak didik didorong untuk mencurahkan semua ide yang timbul dari pikirannya dalam jangka waktu tertentu berkenaan dengan beberapa masalah, dan tidak diminta untuk menilainya selama curah pendapat berlangsung. Konsep metode curah pendapat (*brainstorming*) terkandung suatu upaya yang menjadikan proses belajar menarik dan bisa mendorong siswa aktif dalam belajar dan mengemukakan pendapatnya (Amin, 2016).

Metode *brainstorming* melatih siswa untuk memecahkan masalah secara aktif dengan menyumbangkan saran atau pendapat untuk menyelesaikan suatu masalah. Berbeda dengan diskusi, metode *brainstorming* memberikan kesempatan bagi siswa untuk menyatakan pendapat maupun gagasan mereka mengenai materi pembelajaran, akan tetapi gagasan yang diberikan tidak untuk dikritik oleh siswa lainnya (Ningrum, Hernawan, & Ramdani, 2019).

Menurut Subana (dalam Karim, 2107) tujuan penggunaan metode *brainstorming* adalah untuk menguras habis segala sesuatu yang dipikirkan oleh siswa dalam menanggapi masalah yang telah dilontarkan oleh guru. Agar tujuan dalam penerapan metode *brainstorming* ini dapat tercapai maka perlu adanya aturan yang diperhatikan.

Abdullah Sani (2013) mengemukakan pendapat mengenai aturan dari *brainstorming* yaitu:

- a. Tidak ada kritik, guru tidak boleh mengkritik ide yang disampaikan dan setiap ide diperbolehkan dicatat. Siswa juga tidak boleh menilai atau mengkritik ide dalam tahap mengeluarkan ide. Penilaian ditangguhkan hingga tahap evaluasi ide, hambatan dalam menyampaikan ide dapat diatasi sehingga potensi kreatif individu atau kelompok dapat berkembang.

- b. Bebas dan Santai, setiap siswa bebas untuk menyumbangkan ide setiap saat dan membangun ide-ide lain bagi dirinya.
- c. Fokus Pada Kuantitas Kuantitas Ide (Bukan Kualitas), tujuan kegiatan adalah untuk menghasilkan ide sebanyak mungkin. Pada tahap awal kegiatan, sangat penting untuk menggali ide sebanyak mungkin tanpa memperhatikan kualitas ide yang disampaikan siswa.
- d. Setiap Ide Harus Dicatat, Setiap ide harus ditulis, walaupun bukan merupakan ide yang bagus atau mirip dengan ide yang telah disampaikan sebelumnya, asalkan dikemukakan dengan cara yang berbeda.
- e. Inkubasi Sebelum Mengevaluasi, siswa harus diberi kesempatan untuk berhenti atau istirahat setelah tahap mengemukakan ide.

Pelaksanaan metode *brainstorming* ini dimana tugas guru adalah memberikan masalah yang mampu merangsang pikiran siswa, sehingga mereka bisa menanggapi, serta guru tidak boleh mengomentari bahwa pendapat siswa itu benar atau salah. Disamping itu, pendapat yang dikemukakan tidak perlu langsung disimpulkan, guru hanya mendukung semua pertanyaan pendapat siswa, sehingga semua siswa di dalam kelas mendapatkan giliran. Selama pengungkapan pendapat tidak perlu komentar atau evaluasi secara langsung. Sedangkan peran siswa dalam proses *brainstorming* ini adalah bertugas memiliki bekal pengetahuan untuk menanggapi masalah, mengemukakan pendapat, bertanya, atau mengemukakan masalah baru melalui proses imajinasi yang dimilikinya. Siswa belajar melatih merumuskan pendapatnya dengan bahasa dan kalimat yang baik, sehingga mereka mampu memperoleh suatu kesimpulan yang tepat setelah pembelajaran. Siswa yang kurang aktif harus dipancing melalui pertanyaan dari guru agar berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran berlangsung serta berani dalam mengemukakan pendapat (Karim, 2017).

Adapun kelebihan dan kelemahan dari metode *brainstorming*, yaitu:

- a. Kelebihan Metode *Brainstorming*

Djamarah dan Zain (2006) mengemukakan bahwa kegagalan guru mencapai tujuan pembelajaran akan terjadi apabila pemilihan serta penentuan suatu metode tidak dilakukan dengan pengenalan karakteristik dari masing-masing metode itu

sendiri. Roestiyah (2012) memaparkan keunggulan dari metode *brainstorming* ini, yaitu:

- 1) Siswa aktif berfikir untuk menyatakan pendapatnya
 - 2) Melatih siswa berfikir dengan cepat dan tersusun logis
 - 3) Merangsang siswa untuk selalu siap berpendapat yang berhubungan dengan masalah yang telah diberikan oleh guru
 - 4) Meningkatkan partisipasi siswa dalam menerima pembelajaran
 - 5) Siswa yang kurang aktif mendapatkan bantuan dari temannya yang sudah pandai atau dari guru
 - 6) Terjadi persaingan yang sehat
 - 7) Anak merasa bebas dan gembira
 - 8) Dapat menumbuhkan suasana yang demokratis dan disiplin.
- b. Kelemahan Metode *Brainstorming*

Disamping kelebihan dari metode *brainstorming* ini, terdapat pula kelemahan dari metode *brainstorming*. Menurut Roestiyah (2012) kelemahan dari metode *brainstorming* ini, yaitu:

- 1) Guru kurang memberikan waktu yang cukup kepada siswa untuk berpikir dengan baik.
- 2) Anak yang berkemampuan rendah selalu tertinggal.
- 3) Guru hanya menampung pendapat dan tidak merumuskan kesimpulan.
- 4) Siswa tidak segera tahu apakah pendapatnya itu betul atau salah.
- 5) Masalah bisa berkembang ke arah yang tidak diharapkan.

Tentu saja kekurangan-kekurangan tersebut dapat teratasi apabila guru dapat menambah waktu yang lebih kepada siswa dan berusaha untuk terus menggali pendapat dari siswa yang berkemampuan rendah serta membaca dan menguasai situasi untuk mencari solusi yang terbaik. Guru juga harus menjadi penengah serta mengatur situasi sebaik mungkin.

Menurut Abdullah Sani (2013) tahapan-tahapan memulai pembelajaran dengan menggunakan metode *brainstorming* disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Langkah-Langkah Metode *Brainstorming*

Langkah – langkah Metode <i>Brainstorming</i>	Keterangan
Pemberian Informasi	Pada tahap ini guru menjelaskan masalah yang akan dibahas dan latar belakangnya, kemudian siswa dibentuk menjadi beberapa kelompok beranggotakan 4-5orang. Guru juga mengajak siswa agar aktif untuk memberikan keterangannya
Identifikasi	Siswa diajak memberikan sumbang saran pemikiran sebanyak-banyaknya pada masing-masing kelompok. Semua saran yang diberikan siswa ditampung, ditulis, dan jangan dikritik. Pemimpin kelompok dan peserta lain diperbolehkan mengajukan pertanyaan hanya untuk meminta penjelasan
Klasifikasi	Mengklasifikasi berdasarkan kriteria yang dibuat dan disepakati oleh kelompok. Klasifikasi bisa juga berdasarkan struktur/faktor-faktor lain
Verifikasi	Kelompok secara bersama meninjau kembali sumbang saran yang telah diklasifikasikan. Setiap sumbang saran diuji relevansinya dengan permasalahan yang dibahas. Apabila terdapat kesamaan maka yang diambil adalah salah satunya dan yang tidak relevan dicoret.
Konklusi (Penyepakatan)	Guru bersama siswa menyimpulkan butir-butir alternatif pemecahan masalah yang telah disetujui. Lalu guru mengambil kesepakatan terakhir cara pemecahan masalah yang dianggap paling tepat.

2.1.4 Hasil Belajar

Interaksi antara guru dengan siswa yang dilakukan secara sadar, terencana baik di dalam maupun di luar ruangan untuk meningkatkan kemampuan siswa ditentukan oleh hasil belajar. Hasil belajar merupakan kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa setelah menerima pengalaman belajar yang dapat diamati dan diukur perubahannya.

Hamalik (2009) mengemukakan bahwa perubahan tingkah laku pada orang dari tidak tahu menjadi tahu, dari tidak mengerti menjadi mengerti, dan dari belum mampu ke arah sudah mampu. Hasil belajar akan tampak pada beberapa aspek lain: pengetahuan, pengertian, kebiasaan, keterampilan, apresiasi, emosional, hubungan sosial, jasmani, etis atau budi pekerti, dan sikap. Seseorang yang telah

melakukan perbuatan belajar maka akan terlihat terjadinya perubahan dalam salah satu atau beberapa aspek tingkah laku sebagai akibat dari hasil belajar. Sedangkan menurut Sudjana (2009) menyatakan bahwa hasil belajar adalah kemampuan yang telah dimiliki oleh siswa setelah siswa mengalami proses belajarnya.

Tingkah laku sebagai hasil belajar dirumuskan dalam bentuk kemampuan dan kompetensi yang dapat diukur atau dapat ditampilkan melalui *performance* siswa. Istilah-istilah tingkah laku dapat diukur sehingga menggambarkan indikator hasil belajar adalah mengidentifikasi (*identify*), menyebutkan (*name*), menyusun (*construct*), menjelaskan (*describe*), mengatur (*order*), dan membedakan (*different*). Sedangkan istilah-istilah untuk tingkah laku yang tidak menggambarkan indikator hasil belajar adalah mengetahui, menerima, memahami, mencintai, mengira-ngira, dan lain sebagainya (Sanjaya, 2006).

Hasil belajar akan tampak pada setiap perubahan pada pengetahuan, pemahaman, kebiasaan, keterampilan, emosional, hubungan sosial, jasmani, budi pekerti (etika) sikap dan lain sebagainya (Karim, 2017). Menurut Bloom (dalam Purwanto, 2007) menyatakan bahwa terdapat tiga ranah pengelompokkan yang perlu diperhatikan dalam setiap proses belajar mengajar. Tiga ranah tersebut adalah ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik. Ranah kognitif mencakup hasil belajar yang berhubungan dengan ingatan, pengetahuan, dan kemampuan intelektual. Ranah afektif mencakup hasil belajar yang berhubungan dengan sikap, nilai-nilai, perasaan, dan minat. Ranah psikomotorik mencakup hasil belajar yang berhubungan dengan keterampilan fisik atau gerak yang ditunjang oleh kemampuan psikis.

Anderson dan Kratwohl (2017) menyatakan bahwa revisi dari taksonomi Bloom pada dimensi proses kognitif dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Taksonomi Bloom Sesudah Revisi

Kategori dan Proses Kognitif	Nama-nama Lain
<u>(C1) Mengingat</u> Mengambil pengetahuan dari memori jangka panjang	
a. Mengenali	Mengidentifikasi
b. Mengingat kembali	Mengambil
<u>(C2) Memahami</u> Mengkonstruksi makna dari materi pembelajaran, termasuk apa yang diucapkan, ditulis dan digambar oleh guru	
a. Menafsirkan	Mengklarifikasi, memparafrasakan, mempresentasikan, serta menerjemahkan
b. Mencontohkan	Mengilustrasikan, memberi contoh
c. Mengklasifikasikan	Mengkategorikan, mengelompokkan
d. Merangkum	Mengabstraksi, menggeneralisasi
e. Menyimpulkan	Menyarikan, mengekstrapolasi, menginterpolasi, memprediksi
f. Membandingkan	Mengkontraskan, memetakan, mencocokkan
g. Menjelaskan	Membuat model
<u>(C3) Mengaplikasikan/Menerapkan</u> Menerapkan atau menggunakan suatu prosedur dalam keadaan tertentu	
a. Mengeksekusi	Melaksanakan
b. Mengimplementasi	Menggunakan, mengurutkan
<u>(C4) Menganalisis</u> Memeca-mecah materi jadi bagian-bagian penyusunannya dan menentukan hubungan-hubungan antar bagian itu dan hubungan antara bagian-bagian tersebut dan keseluruhan struktur atau tujuan	
a. Membedakan	Menyendirikan, memilah, memfokuskan, memilih
b. Mengorganisasi	Menemukan, koherensi, memadukan, membuat garis besar, mendeskripsikan, menstrukturkan
c. Mengantri	Mendekonstruksi
<u>(C5) Mengevaluasi</u> Mengambil keputusan berdasarkan kriteria dan/atau standar	

a. Memeriksa	Mengkordinasi, mendeteksi, memonitor, menguji
b. Mengkritik	Menilai
(C6) Menciptakan Memadukan bagian-bagian untuk membentuk sesuatu yang baru dan koheren atau untuk membuat suatu produk yang original	
a. Merumuskan	Membuat hipotesis
b. Merencanakan	Mendesain
c. Memproduksi	Mengkontruksi

Berdasarkan beberapa uraian mengenai hasil belajar dapat disimpulkan bahwa, hasil belajar merupakan hasil yang didapat oleh siswa melalui pengalaman setelah mengikuti proses pembelajaran yang mengakibatkan adanya perubahan tingkah laku baik dari aspek pengetahuan, keterampilan, maupun sikap. Hasil belajar mencakup kemampuan kognitif, afektif, serta psikomotorik. Proses kognitif terdiri dari mengingat (C1), memahami (C2), mengaplikasikan (C3), menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), serta mencipta (C6).

2.1.5 Suhu dan Kalor

A. Suhu

Suhu adalah ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Suhu tidak dapat diukur dengan indera peraba, sehingga untuk mengukur suhu diperlukan alat ukur, yaitu termometer. Termometer berupa pipa kapiler yang terbuat dari kaca dan berisi cairan raksa atau alkohol. Contoh yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah termometer klinis dan termometer ruangan. Banyak besaran fisika suatu benda yang berubah akibat pengaruh suhu. Contohnya adalah panjang zat, volume zat cair, dan tekanan gas. Sifat besaran fisika yang diukur untuk menyatakan suhu disebut *sifat termometrik*. Satuan untuk mengukur suhu adalah derajat ($^{\circ}$). Satuan suhu yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- Derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$)
- Derajat Reamur ($^{\circ}\text{R}$)
- Derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)
- Derajat Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)

Berikut adalah perbandingan antara skala Celcius (C), Reamur (R), Fahrenheit (F), dan Kelvin (K).



Gambar 2.1 Perbandingan Jenis Skala Termometer

Perbandingan besar skala thermometer Celcius, Reamur, dan Fahrenheit dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C : R : (F - 32) = 100 : 80 : 180$$

$$C : R : (F - 32) = 5 : 4 : 3 \quad (1)$$

Atau

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{4}{5}t^{\circ}\text{R} = \frac{9}{5}t + 32^{\circ}\text{F} \quad (2)$$

$$t^{\circ}\text{R} = \frac{5}{4}t^{\circ}\text{C} = \frac{9}{4}t + 32^{\circ}\text{F} \quad (3)$$

$$t^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}(t - 32)^{\circ}\text{C} = \frac{4}{9}(t - 32)^{\circ}\text{R} \quad (4)$$

Suhu adalah ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Suhu tidak dapat diukur dengan indera peraba, sehingga untuk mengukur suhu diperlukan alat ukur, yaitu termometer.

Berdasarkan Gambar 2.1, es melebur pada suhu 0°C. Jika dinyatakan dalam Kelvin, titik lebur es adalah 273K. Pada Gambar 2.1 juga terlihat air mendidih pada suhu 100°C atau pada suhu 373K. Berdasarkan informasi tersebut, dapat disimpulkan hubungan skala Kelvin dan Celcius dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$$

$$0\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 t^{\circ}\text{C} &= t^{\circ}\text{K} - 273 \\
 t^{\circ}\text{K} &= t^{\circ}\text{C} + 273
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Konversi antar 4 skala tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Konversi Skala Antar Suhu

	(°C)	(°R)	(K)	(°F)
(°C)		$R = \frac{4}{5}C$	$K = C + 273$	$F = \frac{9}{5}C + 32$
(°R)	$C = \frac{5}{4}R$		$K = C + 273$ $K = (\frac{5}{4})R + 273$	$F = \frac{9}{4}R + 32$
(°F)	$C = \frac{5}{9}(F - 32)$	$R = \frac{4}{9}(F - 32)$	$K = \frac{5}{9}(F - 32) + 273$	
(K)	$C = K - 273$	$R = \frac{4}{5}(K - 273)$		$F = \frac{9}{5}(K - 273) + 32$

B. Pemuaiian Zat

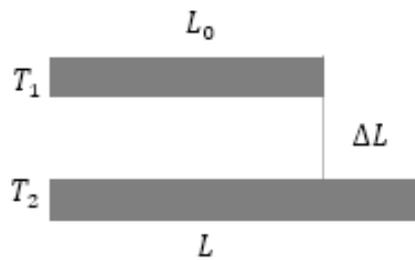
Salah satu akibat dari pengaruh suhu adalah besaran fisik dari suatu benda berubah seperti panjang dan volumenya. Pada umumnya setiap zat, baik padat, cair, dan gas jika dipanaskan akan memuai karena molekul-molekul benda akan bergetar dan menyebabkan antar molekulnya saling mendorong, sehingga jarak molekulnya semakin lebar. Jika benda didinginkan, jarak antar molekulnya semakin kecil dan benda akan menyusut. Peristiwa pemuaiian atau penyusutan suatu benda banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya pada kereta api sengaja dibuat agak renggang dan sambungan rel kereta api sengaja dibuat agak renggang untuk menghindari pemuaiian dan penyusutan. Ada 3 macam pemuaiian, yaitu pemuaiian pada zat padat, cair dan gas.

1) Pemuaiian Zat Padat

Jika zat padat dipanaskan, panjang, luas, dan volumenya akan mengalami perubahan karena pemuaiian.

a. Pemuaiian Panjang

Batang logam sepanjang L_0 bersuhu T_1 dipanaskan sehingga suhunya naik menjadi T_2 . Kenaikan suhu menyebabkan batang tersebut memuai panjangnya menjadi L seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pemuaian Panjang

Besarnya pertambahan panjang batang logam tergantung pada:

- Panjang batang mula-mula (L_0)
- Koefisien muai panjang (α)
- Koefisien suhu (ΔT)

Besar pertambahan panjang logam ($\Delta \ell$) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \quad (6)$$

Oleh karena besar pertambahan panjang adalah $\Delta L = L - L_0$

Untuk mencari panjang akhir batang (L) persamaan (6) dapat disubstitusikan, sehingga didapat persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L &= L_0 + \Delta L \\ L &= L_0 + L_0 \alpha \Delta T \\ L &= L_0 (1 + \alpha \Delta T) \end{aligned} \quad (7)$$

Keterangan:

L_0 = Panjang benda (m atau cm).

L = Panjang logam pada suhu T_2 (m atau cm).

ΔL = Pertambahan panjang batang (m atau cm).

$\Delta T = T_2 - T_1$ (Kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$)), dan

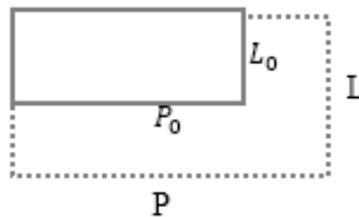
α = Koefisien muai panjang ($/^{\circ}\text{C}$ atau $^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Tabel 2.4 Koefisien Muai Panjang Suatu Zat

Nama Zat Padat	Koefisien Muai Panjang (/°C) x 10 ⁻⁵
Aluminium	1,2
Tembaga	1,7
Besi	1,1
Baja	1,1
Platina	1,0
Pyrex	0,3

b. Pemuaian Luas

Pemuaian luas terjadi pada benda berbentuk bidang, misalnya pada keping logam. Keping logam tersebut pada suhu T_1 mempunyai panjang dan lebar P_0 dan L_0 , setelah logam dipanaskan sampai suhu T_2 , panjang dan lebarnya menjadi P dan L seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.3.

**Gambar 2.3 Pemuaian Luas Suatu Benda**

Panjang dan lebar benda setelah mengalami kenaikan suhu adalah:

$$P = P_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

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

Sehingga, luas keping logam setelah dipanaskan menjadi:

$$P \times L = P_0 (1 + \alpha \Delta T) \times L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$= P_0 L_0 (1 + 2\alpha \Delta T + \alpha^2 \Delta T^2)$$

$$A = A_0 (1 + 2\alpha \Delta T + \alpha^2 \Delta T^2)$$

Oleh karena besar koefisien muai panjang umumnya sangat kecil, besar nilai α^2 akan mendekati nol, sehingga persamaannya menjadi:

$$A = A_0 (1 + \beta \Delta T) \quad (8)$$

Perubahan luas benda setelah terjadi kenaikan suhu dinyatakan dengan persamaan:

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T \quad (9)$$

Keterangan;

A_0 = Luas benda mula-mula pada suhu T_1 (m^2).

A = Luas benda setelah suhu dinaikkan (m^2).

$\beta = 2\alpha$ = Koefisien muai luas ($^{\circ}C$ atau $^{\circ}C^{-1}$).

$\Delta T = T_2 - T_1$ (Kenaikan suhu ($^{\circ}C$)).

c. Pemuai Volume

Benda berbentuk ruang ketika dipanaskan akan memuai, sehingga volumenya akan bertambah besar. Misalkan logam berbentuk balok dipanaskan, maka panjang, lebar, dan tingginya akan memuai, sehingga volumenya adalah:

$$P = P_0(1 + \alpha\Delta T)$$

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

$$T = T_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$L \times T = P_0(1 + \alpha\Delta T) \times L_0(1 + \alpha\Delta T) \times T_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$x L \times T = P_0 L_0 T_0 (1 + 3\alpha\Delta T + 3\alpha^2\Delta T^2 + \alpha^3\Delta T^3)$$

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

Oleh karena α^2 dan α^3 mendekati nol, persamaan pemuai volume balok menjadi:

$$V = V_0(1 + 3\alpha\Delta T) \quad (10)$$

Koefisien 3α pada persamaan (10) adalah koefisien muai volume yang disimbolkan dengan γ . Persamaan 10 menjadi:

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta T) \quad (11)$$

Perubahan volume dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\Delta V = V - V_0$$

$$\Delta V = V_0(1 + \gamma\Delta T) - V_0$$

$$\Delta V = V_0 + V_0\gamma\Delta T - V_0$$

$$\Delta V = V_0\gamma\Delta T \quad (12)$$

Keterangan:

V_0 = Volume benda mula-mula (m^3 atau cm^3).

ΔV = Perubahan volume benda (m^3 atau cm^3).

V = Volume akhir benda (m^3 atau cm^3)

γ = Koefisien muai volume ($/^\circ C$ atau C^{-1})

$\Delta T = T_2 - T_1$ Perubahan suhu ($^\circ C$).

2) Pemuai Zat Cair

Pada umumnya, zat cair akan memuai jika dipanaskan. Zat cair hanya mempunyai muai ruang sehingga volume zat cair akan bertambah jika dipanaskan.

Perubahan zat cair akibat pemuai dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \quad (13)$$

Sedangkan volume akhir zat cair dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V - V_0 &= V_0 \gamma \Delta T \\ V &= V_0 + V_0 \gamma \Delta T \\ V &= V_0(1 + \gamma \Delta T) \end{aligned} \quad (14)$$

Keterangan:

V_0 = Volume zat cair mula-mula (m^3 atau cm^3).

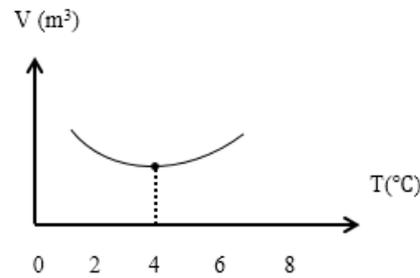
$\Delta V = V - V_0$ Perubahan volume (m^3 atau cm^3).

V = Volume zat cair setelah dipanaskan (m^3 atau cm^3).

γ = Koefisien muai volume zat cair ($/^\circ C$ atau C^{-1}).

$\Delta T = T_2 - T_1$ Perubahan suhu ($^\circ C$).

Zat cair hanya mempunyai muai volume saja. Tidak semua zat cair jika dipanaskan akan memuai. Khusus untuk air jika dipanaskan dari suhu $0^\circ C$ sampai $4^\circ C$ volume akan berkurang (menyusut) dan di atas suhu $4^\circ C$ volume air akan bertambah karena mulai memuai. Peristiwa ini disebut dengan *anomaly air* yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2.4. Peristiwa anomali air ini menyebabkan ikan-ikan di daerah kutub dapat bertahan hidup.



Gambar 2.4 Anomali Air

3) Pemuaiian Gas

Perbedaan antara zat padat, zat cair, dan gas yang paling terlihat dan mudah diamati adalah mengenai perubahan volumenya. Volume gas mudah berubah-ubah, sedangkan zat padat dan zat cair sulit berubah. Ada tiga besaran yang harus diperhatikan dalam pemuaiian gas, yaitu tekanan (P), volume (V), dan suhu (T) ketiga besaran tersebut dapat berubah-ubah.

Pada tahun 1787, Gay Lussac (1746-1823) melakukan percobaan yang menghasilkan kesimpulan bahwa semua gas memuai dengan koefisien muai ruang yang sama.

Ada tiga proses dalam pemuaiian pada gas, yaitu:

- a. Pemuaiian gas pada tekanan tetap (Isobarik)
- b. Pemuaiian gas pada volume tetap (Isokhorik), dan
- c. Pemuaiian gas pada suhu tetap (Isotermis)

Besar koefisien muai gas adalah:

$$\gamma_{gas} = \frac{1}{273} / ^\circ\text{C}$$

4) Persamaan Gas Ideal

Apabila tekanan, volume, dan suhu gas mula-mula P_1, V_1, T_1 , kemudian gas dipanaskan pada suhu tetap T_1 , kemudian gas dipanaskan pada tekanan tetap P_2 , maka akan dihasilkan persamaan berikut:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (15)$$

Atau

$$\frac{PV}{T} = C \quad (16)$$

C. Kalor dan Perubahan Wujud

1. Pengertian Kalor

. Benda yang mengandung lebih banyak zat alir mempunyai suhu lebih tinggi daripada benda yang mengandung zat alir lebih sedikit. Setelah dilakukan pengukuran-pengukuran kalor secara teliti oleh beberapa ahli, maka teori zat alir tidak dapat dipertahankan lagi kebenarannya. Para ahli yang telah berhasil mengadakan pengukuran kalor yang kebenarannya sudah diakui saat ini adalah sebagai berikut

a. Yoseph black (1728-1799)

Black adalah orang yang pertama menemukan cara untuk mengukur kalor. Dari hasil pengukurannya, Black mengemukakan suatu asas yang berbunyi *“Kalor yang diterima oleh benda sama dengan kalor yang dilepaskannya”*.

b. Robert Mayer (1814-1873)

Mayer adalah salah satu orang yang menentang teori zat alir. Ia mengemukakan bahwa kalor adalah salah satu bentuk energi. Salah satu percobaannya adalah pada sebotol air, jika air digoncangkan, air akan menjadi hangat sehingga suhunya naik.

c. James Prescott Joule (1814-1899)

Joule adalah sarjana dari Inggris yang telah beberapa kali melakukan percobaan yang semuanya menunjukkan bahwa kalor adalah suatu bentuk energi. Salah satu percobaannya yang paling terkenal adalah percobaan pengaduk air oleh sudu-sudu yang dapat berputar karena dihubungkan dengan beban yang dijatuhkannya. Dari hasil percobaannya, Joule berhasil memperoleh kesetaraan antara energi mekanik dengan kalor, yaitu:

$$1 \text{ Kalori} = 4,2 \text{ Joule}$$

Dari hasil percobaan beberapa ahli tersebut dapat disimpulkan bahwa kalor adalah suatu bentuk energi yang pindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu

rendah. Kalor dapat ditimbulkan dari energi mekanik, energi listrik, energi kimia, dan lainnya. Sifat kalor dapat dipindahkan dari satu benda ke benda lain. Umumnya setiap benda jika menerima kalor (panas), suhunya akan naik, sebaliknya jika benda melepaskan kalor, suhunya akan turun. Jadi pengertian kalor tidak sama dengan suhu. Berdasarkan kesetaraan antara energi mekanik dengan kalor, kalor dapat didefinisikan sebagai berikut.

Jumlah kalor yang diterima atau dilepaskan oleh benda dipengaruhi oleh massa benda (m), kenaikan atau penurunan suhu (Δt), dan jenis benda atau kalor jenis (c). Kalor yang diterima atau dilepaskan benda secara matematis dapat ditulis dengan persamaan energi yang berpindah akibat perbedaan suhu.

$$Q = mc\Delta T \quad (17)$$

Keterangan:

m = Massa benda (kg atau g).

ΔT = Kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$).

c = Kalor jenis ($\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$).

Q = Kalor (Joule atau kal).

Terdapat dua besaran mengenai kalor, yaitu besaran kapasitas kalor dan kalor jenis. Kedua besaran tersebut merupakan besaran yang pasti mempengaruhi hubungan antara penyerapan atau pelepasan kalor terhadap perubahan suhu suatu benda.

a. Kapasitas Kalor (C)

Kapasitas kalor suatu zat adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan atau menurunkan suhu zat itu sebesar 1°C . Kapasitas kalor itu sendiri merupakan perbandingan antara jumlah energi yang diserap atau dilepaskan terhadap perubahan suhu. Secara matematis, kapasitas kalor dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (18)$$

Keterangan:

Q = Kalor (Joule).

ΔT = Perubahan suhu.

C = Kapasitas kalor (Joule/°C atau kal/°C).

b. Kalor Jenis (c)

Jika zat menerima kalor, suhu zat tersebut akan naik. Besar kenaikan suhu zat berbanding lurus dengan kalor yang diterima dan berbanding terbalik dengan massa dan kalor jenis zat tersebut. Jika kalor jenis zat makin besar, maka untuk menaikkan suhu zat sebesar 1°C diperlukan kalor yang besar. Jadi, kalor jenis adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1kg zat tersebut sebesar 1°C. Kalor jenis itu sendiri merupakan perbandingan antara kapasitas kalor dengan kalor jenis. Secara matematis, kalor jenis dapat ditulis:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (19)$$

Keterangan:

Q = Kalor (Joule).

m = Massa benda (kg atau g).

ΔT = Perubahan suhu (°C).

C = Kapasitas kalor (J/°C atau kal/°C).

c = Kalor jenis (J/kg°C atau kal/g°C).

Tabel 2.5 Kalor Jenis Untuk Berbagai Zat

Zat	Kalor Jenis	
	Kal/g°C	Joule/kg°C
Es	0,50	2100
Air	1,0	4200
Besi/baja	0,11	450
Aluminium	0,21	900
Emas	0,30	130
Gliserin	0,5	2400
Tembaga	0,09	3850
Raksa	0,033	230

2. Azas Black

Alat yang digunakan untuk mengukur kalor adalah kalorimeter. Pengukuran kalor sering digunakan untuk menentukan kalor jenis zat. Salah satu cara yang sering digunakan untuk mengukur kalor adalah dengan cara mencampurkan dua jenis zat ke dalam kalorimeter yang diketahui salah satu massa jenisnya. Kalor yang

dilepas oleh suatu benda bersuhu tinggi sama dengan kalor yang diterima oleh benda yang bersuhu lebih rendah. Sebagai contohnya, Suatu benda panas bermassa m_1 , dengan suhu T_1 , dan kalor jenis c_1 dimasukkan ke dalam bejana berisi air dingin (suhu lebih rendah dari besi) dengan suhu T_2 , massa m_2 , dan kalor jenis c_2 . Berdasarkan Azas Black berlaku hubungan berikut:

Kalor yang dilepas benda = kalor yang diterima air

Q lepas oleh benda = Q terima oleh air

Q lepas = Q terima

$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$

$$m_1 c_1 (T_1 - T_a) = m_2 c_2 (T_a - T_2) \quad (20)$$

Keterangan:

m_1 = Massa benda (kg atau g).

c_1 = Kalor jenis benda (J/kg°C atau kal/g°C).

T_1 = Suhu benda (°C).

m_2 = Massa air (kg atau g).

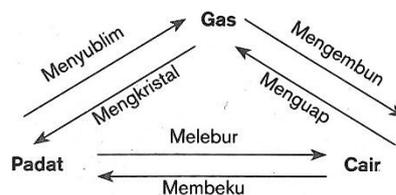
c_2 = Kalor jenis benda (J/kg°C atau kal/g°C)

T_2 = Suhu air (°C)

T_a = Suhu campuran setelah tercapai kesetimbangan (°C)

3. Perubahan Wujud Zat

Suatu zat memiliki wujud, yaitu padat, cair, dan gas. Masing-masing zat dapat mengalami perubahan wujud. Perubahan wujud zat tersebut dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.5



Gambar 2.5 Diagram Perubahan Wujud

Pada peristiwa melebur, menguap, dan menyublim diperlukan kalor dan pada peristiwa membeku, mengembun, dan mengkristal selalu melepaskan kalor. Pada saat terjadi perubahan wujud zat, suhu zat tidak berubah (terjadi perubahan

isotermis) karena kalor yang diperlukan tidak untuk menaikkan suhu, namun digunakan untuk mengubah wujud zat.

Jadi, jika zat menerima kalor, zat tersebut akan ada dua kemungkinan, yaitu mengalami kenaikan suhu atau mengalami perubahan wujud zat.

a. Melebur dan Membeku

Perubahan dari wujud padat ke wujud cair disebut melebur dan perubahan sebaliknya disebut membeku. Zat padat melebur dan membeku pada suhu yang sama sehingga titik lebur sama dengan titik beku. Kalor yang diserap untuk melebur disebut dengan kalor laten peleburan (kalor lebur), sedangkan kalor yang dilepaskan pada waktu membeku disebut kalor laten pembeku (kalor beku). Besar kalor lebur untuk satu jenis zat sama dengan kalor bekunya. Jadi, kalor lebur suatu zat merupakan kalor yang diperlukan zat tersebut untuk melebur per satuan massa. Jika massa zat adalah m dan kalor yang diperlukan adalah Q , besar kalor leburnya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$L = \frac{Q}{m} \text{ atau } Q = mL \quad (21)$$

Keterangan:

Q = Kalor yang diperlukan (Joule atau kal)

m = Massa zat (kg atau g)

L = Kalor lebur (J/kg atau Kal/g)

Besar kalor lebur es pada tekanan 1 atm dan suhu 0°C adalah 80kal/g, setara dengan $3,36 \times 10^5$ J/kg.

b. Menguap dan Mengembun

Menguap adalah peristiwa perubahan wujud zat dari cair ke gas dan perubahan yang sebaliknya disebut mengembun. Pada peristiwa penguapan, zat menyerap kalor sedangkan pada peristiwa pengembunan zat melepaskan kalor. Pada satu jenis zat yang sama, kalor yang diperlukan untuk menguap sama dengan kalor yang diperlukan untuk mengembun. Kalor yang diperlukan untuk menguap disebut kalor uap dan kalor yang diperlukan untuk mengembun disebut kalor embun. Jadi, kalor uap suatu zat merupakan kalor yang diperlukan zat tersebut

untuk menguap per satuan massa. Besar kalor uap atau kalor embun secara matematis dapat ditulis sebagai berikut

$$L = \frac{Q}{m} \text{ atau } Q = mL \quad (22)$$

Keterangan:

Q = Kalor yang diperlukan atau dilepas (Joule atau kal).

m = Massa zat (kg atau g).

L = Kalor uap atau kalor embun (J/kg atau Kal/g).

Pada tekanan 1 atm dan suhu 0°C besar kalor uap air adalah 540kal/g , setara dengan $2,268 \times 10^6 \text{ J/kg}$.

Selain perubahan wujud zat seperti yang sudah dijelaskan diatas, masih ada perubahan zat lain. Perubahan tersebut diantaranya sebagai berikut:

c. Melarut

Melarut adalah perubahan wujud padat ke cair karena dimasukkan pelarut ke dalam cairan zat cair. Titik didih zat naik jika ke dalam zat dilarutkan zat lain.

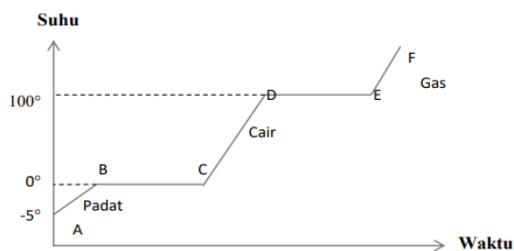
d. Mengkristal

Mengkristal adalah perubahan wujud cair ke padat, dari benda yang mulanya dilarutkan dalam zat cair, kemudian zat pelarutnya diuapkan

e. Mendidih

Mendidih adalah penguapan yang terjadi pada seluruh bagian zat cair, baik pada bagian permukaan, maupun di dalam zat cair tersebut.

Berikut merupakan proses perubahan es menjadi uap



Gambar 2.6 Grafik Perubahan Wujud Zat

Garis AB : Es menerima kalor untuk menaikkan suhu dari -5°C sampai 0°C .

Garis BC : Es menerima kalor untuk melebur pada suhu 0°C .

$$Q_{BC} = mL_{es}$$

$$L_{es} = \text{k calor lebur es} = 80 \text{ kal/g}$$

Garis CD : Es telah menjadi air dan menerima kalor untuk menaikkan suhu dari 0°C sampai 100°C.

$$Q_{CD} = mc_{air}\Delta T$$

$$Q_{CD} = mc_{air}(100^\circ - 0^\circ)$$

Garis DE : Air menerima kalor untuk menguap pada suhu 100°C.

$$Q_{DE} = mL_{uap}$$

$$L_{uap} = \text{k calor uap} = 540 \text{ kal/g}$$

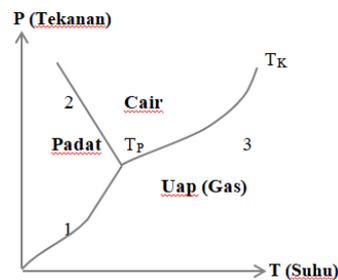
Garis EF : Air telah menjadi uap air dan kalor yang diterima digunakan untuk menaikkan suhu uap air.

$$Q_{EF} = mc_{uap}\Delta T$$

Berdasarkan grafik perubahan wujud zat, dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Titik beku = titik lebur
- Kalor lebur = kalor beku
- Titik didih = titik embun
- Kalor didih (uap) = kalor embun

Sifat suatu zat pada berbagai tekanan dan suhu dapat diketahui dengan menggunakan diagram P-T pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Grafik Sifat Suatu Zat Pada Berbagai Tekanan dan Suhu

Keterangan:

- 1 = Garis sublimasi
- 2 = Garis lebur
- 3 = Garis uap

T_K = Titik kritis (uap jenuh gas tidak dapat diuapkan lagi)

T_P = Titik *triple* (Keseimbangan antara padat, cair, dan gas)

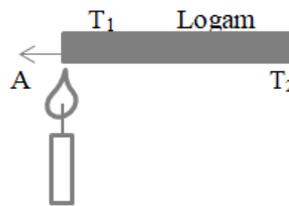
Grafik tersebut berlaku untuk H₂O (air), Fe (besi), Ag (perak), dan Bi (bismut).

D. Perpindahan Kalor

Apabila dua benda yang suhunya berbeda saling bersinggungan, akan terjadi perpindahan kalor dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Cara perpindahan kalor digolongkan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

a. Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor tanpa adanya perpindahan zat perantara. Misalnya, sebatang logam ujung kirinya dipanaskan sehingga ujung yang kanan juga menjadi panas.



Gambar 2.8 Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Berdasarkan Gambar 2.8 dapat diketahui bahwa jumlah kalor yang mengalir pada setiap sekon pada suatu penghantar adalah:

- Berbanding lurus dengan permukaan penghantar (A).
- Berbanding Berbanding lurus dengan perubahan suhu kedua ujung konduktor atau penghantarnya (ΔT).
- Berbanding terbalik dengan panjang penghantar (L).
- Bergantung pada jenis penghantar (k)

Pernyataan di atas secara sistematis dapat ditulis:

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{L} \quad (23)$$

Atau

$$H = \frac{kA\Delta T}{L} \quad (24)$$

Keterangan:

$A = \pi^2 = \frac{1}{3}\pi^2 =$ luas permukaan penghantar (m^2, cm^2).

$L =$ Panjang penghantar (m, cm).

$\Delta T = T_2 - T_1 =$ Perbedaan suhu ($^{\circ}C$).

$H = \frac{Q}{t} =$ Hantaran kalor = Jumlah kalor yang mengalir tiap satuan waktu (J/s , kal/s).

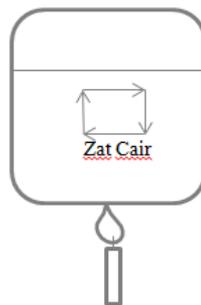
$k =$ Koefisien konduksi termal (J/s $m^{\circ}C$, kal/s $cm^{\circ}C$).

Koefisien konduksi termal suatu benda juga disebut sebagai *Konduktivitas termal*. Benda yang mempunyai koefisien konduksi termal besar disebut *konduktor*. Sebaliknya, benda yang mempunyai koefisien konduksi termal kecil disebut *isolator*.

Dalam kehidupan sehari-hari, perpindahan kalor secara konduksi terjadi ketika kita memasak air, dengan panci aluminium sebagai zat perantara logam (zat padat).

b. Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat perantara karena adanya perbedaan rapat massa. Sebagai zat perantaranya adalah zat cair atau gas.



Gambar 2.9 Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Besar kalor yang mengalir tiap satuan waktu sesuai dengan persamaan berikut.

$$H = hA\Delta T \quad (25)$$

Keterangan:

$A =$ Luas permukaan fluida (m^2, cm^2).

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$).

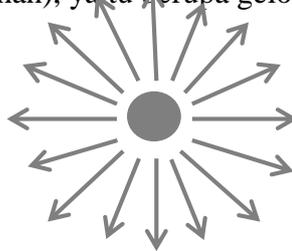
$H = \frac{Q}{t}$ = Kalor yang mengalir tiap satuan waktu (J/s , kal/s).

h = koefisien konveksi (J/s m^2C , kal/s cm^2C).

Penerapan perpindahan kalor secara konveksi adalah pada tungku-tungku pabrik yang menggunakan cerobong asap dari pendingin kendaraan bermotor yang menggunakan kompresor.

c. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Radiasi adalah perpindahan kalor secara pancaran tanpa melalui zat perantara (tanpa melalui bahan), yaitu berupa gelombang elektromagnetik.



Gambar 2.10 Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Berdasarkan *Hukum Stefan-Boltzmann* dinyatakan bahwa jumlah energi yang dipancarkan tiap satuan luas dan tiap satuan waktu berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya.

$$W = e\sigma T^4 \quad (26)$$

Keterangan:

$W = \frac{Q}{At}$ = Energi yang dipancarkan tiap satuan luas tiap satuan waktu (J/ m^2s = watt/ m).

T = Suhu mutlak (K).

σ = Tetapan Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ watt/ $\text{m}^2 \text{K}^4$).

e = Emisivitas (tanpa satuan) $0 < e \leq 1$.

Jika $e = 1$, benda hitam sempurna sebagai penyerap dan pemancar energi terbaik. Jika $e = 0$, benda merupakan penyerap buruk, tetapi pemantul sempurna. Apabila suhu di sekeliling benda yang berpijar T_2 , besar energi yang dipancarkan sesuai dengan persamaan berikut.

$$W = e\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad (27)$$

Keterangan:

W = Intensitas radiasi yang dipancarkan (W/m^2).

e = Emisivitas ($0 < e \leq 1$).

T_1 = Temperatur mutlak benda hitam (K).

T_2 = Temperatur mutlak lingkungan (K).

σ = Tetapan Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ watt/m}^2 \text{ K}^4$)

2.2 Hasil yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu mengenai penerapan metode *brainstorming* pada pembelajaran fisika pada materi wujud zat yang dilakukan oleh Dwi Sunandar, *et. al* (2018), dalam penelitiannya diketahui bahwa hasil belajar fisika dengan menggunakan metode *brainstorming* memiliki rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajaran yang tanpa menggunakan metode *brainstorming*, yakni 81,66 dan 71,00. Kemudian, penelitian yang dilakukan oleh Ika Aristawati (2020) dengan judul peningkatan hasil belajar fisika dengan metode *brainstorming*, diketahui bahwa terdapat peningkatan hasil belajar siswa pada siklus I, siklus II sebesar 11,42% dari 74,29% menjadi 85,71% . Selanjutnya menurut penelitian yang dilakukan oleh Maryules Hendra (2018) dengan judul upaya meningkatkan hasil belajar siswa dalam mata pelajaran fisika melalui metode curah pendapat (*brainstorming*) pada siswa kelas XII IPA SMAN 1 Pasaraman diketahui bahwa terdapat peningkatan hasil belajar siswa dari siklus I ke siklus II, dimana hasil belajar siswa pada siklus I sebesar 57,85% (cukup) meningkat menjadi 84,77 (baik) dengan peningkatan sebesar 26,92%. Selanjutnya menurut penelitian yang dilakukan oleh Edward Alfian, *et. al* (2020) dengan judul efektivitas metode *brainstorming* dalam meningkatkan hasil belajar matematika siswa diketahui rata-rata hasil belajar kelas eksperimen sebelum perlakuan yaitu 60,74. Sedangkan rata-rata hasil belajar siswa kelas kontrol sebelum perlakuan yaitu 64,73. Setelah perlakuan nilai rata-rata hasil belajar matematika kelas

eksperimen meningkat menjadi 81,73, sedangkan rata-rata hasil belajar matematika kelas kontrol setelah perlakuan yaitu 58. Berdasarkan hasil uji hipotesis diperoleh bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau $(7,39 > 1,96)$, artinya rata-rata hasil belajar matematika siswa dengan perlakuan metode *brainstorming* lebih baik daripada rata-rata hasil belajar matematika siswa yang tanpa perlakuan metode *brainstorming*. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa metode *brainstorming* efektif dalam meningkatkan hasil belajar matematika siswa. Selanjutnya dalam penelitiannya menurut Mairisna (2017) diketahui metode *brainstorming* dapat meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran kimia sub materi tipe menentukan jenis garam yang mengalami hidrolisis dalam air serta mengukur dan menghitung pH larutan garam di SMAN 1 Talamau. Terdapat peningkatan hasil belajar siswa pada siklus I ke siklus II. Hasil belajar siswa pada siklus I adalah 57,85 (cukup) meningkat menjadi 84,77 (baik) dengan peningkatan sebesar 26,92%.

Pembaharuan yang menjadikan penelitian ini berbeda dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya terletak pada tempat penelitian yang berbeda dan materi yang diteliti. Penelitian akan dilaksanakan di SMA Negeri 5 Tasikmalaya, dan materi yang akan digunakan dalam penelitian adalah suhu dan kalor.

2.3 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual merupakan argumentasi logis untuk sampai pada penemuan jawaban sementara atas masalah yang dirumuskan. Kerangka konseptual berguna untuk mengintegrasikan teori-teori dan hasil penelitian yang terpisah-pisah menjadi satu rangkaian utuh dengan menggunakan logika deduktif yang mengarah pada penemuan jawaban sementara yang disebut hipotesis. Kerangka konseptual disampaikan dalam bentuk uraian (naratif) disertai bagan atau *flow chart*.

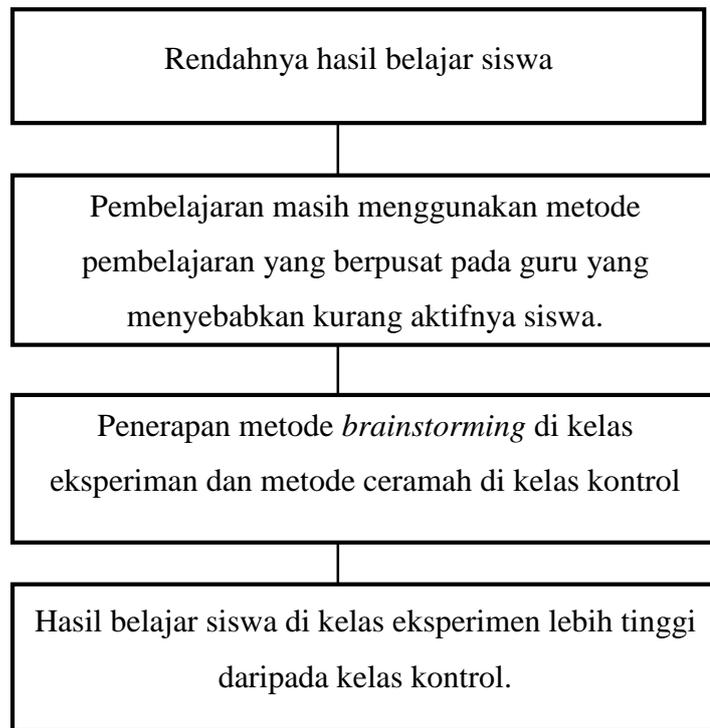
Pembelajaran yang efektif dapat tercapai jika guru dapat mengkondisikan proses pembelajaran secara optimal. Pembelajaran akan berjalan optimal apabila siswa terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan hasil observasi di SMA Negeri 5 Tasikmalaya menunjukkan bahwa pembelajaran belum optimal. Hal ini ditunjukkan dari hasil belajar siswa yang rendah. Saat proses pembelajaran guru selalu menggunakan metode

pembelajaran yang masih berpusat pada guru dan kurangnya mengandalkan siswa selama proses pembelajaran berlangsung, sehingga siswa tidak dilibatkan dan tidak aktif dalam proses pembelajaran. Kegiatan pembelajaran yang berpusat pada guru mengakibatkan kurangnya antusias siswa dalam proses pembelajaran. Hal ini terlihat dari hanya beberapa siswa saja yang menjawab, bertanya, dan mengemukakan pendapatnya, sedangkan siswa yang lainnya hanya diam dan mendengarkan tanpa adanya keinginan untuk menyampaikan pendapatnya.

Pembelajaran seperti itu menunjukkan bahwa guru masih mendominasi dalam pembelajaran dan membuat proses pembelajaran menjadi tidak optimal. Berdasarkan masalah tersebut, maka peneliti berusaha mencari pemecahan masalahnya dengan menerapkan metode pembelajaran yang mampu membangkitkan keaktifan siswa dalam proses pembelajaran. Salah satu usaha untuk meningkatkan hasil belajar siswa adalah dengan menerapkan metode pembelajaran *brainstorming*. Metode *brainstorming* ini merupakan salah satu metode yang melibatkan siswa dalam proses pembelajaran dimana siswa belajar untuk menyampaikan pendapat, ide, atau gagasannya tanpa takut dikritik oleh siswa yang lain.

Dalam pembelajaran fisika kelas XI SMA Negeri 5 Tasikmalaya pada materi suhu dan kalor, akan ada dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dua kelas tersebut diidentifikasi memiliki kondisi yang hampir sama baik dari fasilitas di dalam kelas. Sebelum pembelajaran kedua kelas mengikuti *pretest*, kemudian mengikuti pembelajaran fisika materi suhu dan kalor dengan dua metode yang berbeda. Pada kelas eksperimen menggunakan metode *brainstorming* dan kelas kontrol menggunakan metode ceramah. Setelah materi selesai dipelajari selama tiga minggu pertemuan, diakhiri pembelajaran kedua kelas dengan mengikuti *posttest*. Dari alur yang sudah dijelaskan, diduga hasil belajar kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Berdasarkan uraian di atas, maka kerangka berpikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kerangka Penelitian

2.4 Hipotesis Penelitian dan Pertanyaan Penelitian

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- H_o : Metode *Brainstorming* tidak efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor.
- H_a : Metode *Brainstorming* efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor.