

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### A. Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi Dwi jananti dengan judul “*Implementasi TGT Berbasis Percobaan Fisika Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif dan Hasil Belajar Siswa*”. Dapat memberikan kesimpulan Penerapan Model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* berbasis percobaan fisika sudah mampu mengembangkan kemampuan berpikir kreatif siswa hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji ketuntasan individual dan klasikal bahwa kelas eksperimen tuntas secara individual dan klasikal. Secara individual artinya kelas eksperimen tuntas secara individual dari ketuntasan yang ditetapkan 68 dan tuntas secara klasikal artinya kelas eksperimen tuntas secara klasikal dengan ketuntasan yang diperoleh 91,67% dapat dikatakan model pembelajaran *TGT* berbasis percobaan fisika lebih efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kreatif.<sup>18</sup>

Penelitian yang dilakukan oleh Lestari Andika Sari dengan judul pengaruh pembelajaran fisika model kooperatif tipe *TGT* dan model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* terhadap prestasi belajar Ditinjau dari motivasi belajar siswa SMA. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) tidak ada perbedaan pengaruh antara penggunaan

---

<sup>18</sup>Pratiwi Dwijananti, mahasiswi Universitas Negeri Semarang Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan judul ‘*Implementasi Teams Games Tournament Berbasis Percobaan Fisika Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif dan Hasil Belajar Peserta Didik*’.

model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* dan *STAD* terhadap kemampuan kognitif Fisika siswa pada sub pokok bahasan Hukum Kirchoff di SMA. Model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* dapat menjadi model pembelajaran yang efektif dari pada model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* terhadap kemampuan kognitif Fisika siswa pada sub pokok bahasan Hukum Kirchoff, (2) ada perbedaan pengaruh antara motivasi belajar siswa kategori tinggi dan rendah terhadap kemampuan kognitif Fisika siswa pada sub pokok bahasan Hukum Kirchoff. Motivasi belajar siswa kategori tinggi lebih efektif dari pada motivasi belajar siswa kategori rendah terhadap kemampuan kognitif Fisika siswa pada sub pokok bahasan Hukum Kirchoff, (3) tidak ada interaksi antara pengaruh penggunaan model pembelajaran kooperatif dan motivasi belajar siswa terhadap kemampuan kognitif Fisika siswa pada sub pokok bahasan hukum kirchoff.<sup>19</sup>

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Dul Rohim dengan judul “*Studi Komparasi Hasil Belajar Matematika antara Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD dan Tipe TGT pada Materi Pokok Persamaan Kuadrat Peserta Didik Kelas X Semester 1 MA Al Asror Gunungpati Semarang Tahun Pelajaran 2009/2010*”. Dapat disimpulkan bahwa hasil belajar matematika peserta didik dengan model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* lebih baik dari hasil belajar matematika peserta didik dengan model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* pada materi pokok persamaan kuadrat. Ditunjukkan dengan rata-rata hasil belajar kelas eksperimen 1 setelah

---

<sup>19</sup> Lestari Andika Sari dengan judul *pengaruh pembelajaran fisika model kooperatif tipe TGT (teams game tournament) dan STAD (student teamsAchievement division) terhadap prestasi belajar Ditinjau dari motivasi belajar siswa SMA*.

mendapatkan model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* adalah 79,58 dan nilai rata-rata hasil belajar kelas eksperimen 2 setelah mendapatkan model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* adalah 71,38 dengan jumlah peserta didik 46 peserta didik.<sup>20</sup>

## **B. Diskripsi Teoritik**

### **1. Pengertian Belajar**

Belajar adalah suatu proses usaha yang dilakukan seseorang untuk memperoleh suatu perubahan tingkah laku yang baru secara keseluruhan sebagai hasil pengalamannya sendiri maupun interaksi dengan lingkungannya.<sup>21</sup> Pengetahuan yang dimiliki seseorang terkait erat dengan pengalamannya. Tanpa pengalaman seseorang tidak dapat membentuk pengetahuannya, sehingga dalam pembelajaran amatlah penting memberikan siswa pengalaman tentang suatu teori hingga siswa dapat membentuk sendiri pengetahuan.

Morgan dalam buku *Introduction to Psychology* mengemukakan "Belajar adalah setiap perubahan yang relatif menetap dalam tingkah laku yang terjadi sebagai suatu hasil dari latihan atau pengalaman."<sup>22</sup>

H.C.Whitherington menjelaskan belajar adalah sebagai suatu perubahan

---

<sup>20</sup> Ahmad Dul Rohim, "Studi Komparasi Hasil Belajar Matematika antara Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *STAD* dan Tipe *TGT* pada Materi Pokok Persamaan Kuadrat Peserta Didik Kelas X Semester I MA Al Asror Gunungpati Semarang Tahun Pelajaran 2009/2010", Skripsi, Semarang: IAIN Walisongo, t.d

<sup>21</sup> Slameto, *belajar dan faktor – faktor yang mempengaruhinya*, Jakarta : Rineka Cipta, 2003, h. 2

<sup>22</sup> Eveline Siregar, Hartini Nara, *Teori Belajar dan Pembelajaran*, Bogor: Ghalia Indonesia, 2002, h. 4

didalam kepribadian yang menyatakan diri sebagai suatu pola baru dari reaksi berupa kecakapan, sikap, kebiasaan kepribadian. Gage Berlinger mendefinisikan belajar sebagai suatu proses dimana suatu organisme berubah perilakunya sebagai akibat dari pengalaman.<sup>23</sup> Dienes mengemukakan mengenai belajar bahwa pembelajaran akan berhasil jika dilakukan dalam berbagai jenis permainan<sup>24</sup>. Sedangkan menurut Jean Piaget mengemukakan bahwa pembelajaran harus melibatkan aktivitas pengalaman (experience).

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

## **2. Apek-Aspek Yang Mendukung Proses Belajar**

Belajar tentunya tidak terlepas dari aspek-aspek yang mendukung proses belajar. Adapun aspek-aspek dalam belajar, yaitu bertambahnya jumlah pengetahuan, adanya kemampuan mengingat dan mereproduksi, ada penerapan pengetahuan, menyimpulkan makna, menafsirkan dan mengaitkannya dengan realitas, adanya perubahan pada pribadi.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup>*Ibid*, Eveline Siregar, Hartini Nara, h. 4-5

<sup>24</sup> Hudojo, Teori Pembelajaran, Bogor: Ghalia Indonesia, 2003, h. 23

<sup>25</sup>*Ibid*,...

Selain memiliki aspek-aspek belajar yang mendukung proses belajar, dalam prosesnya belajar juga memiliki ciri-ciri yang dapat dilihat dari pelaksanaannya. Adapun ciri-ciri belajar sebagai berikut:

- a) Ada kemampuan baru atau perubahan yang bersifat kognitif, psikomotor, dan afektif.
- b) Perubahan tidak berlangsung sesaat, tetapi menetap atau dapat disimpan.
- c) Perubahan terjadi dengan usaha akibat dari interaksi dengan lingkungan. Perubahan tidak semata-mata disebabkan oleh perubahan fisik atau kedewasaan, tidak karena kelelahan, penyakit atau pengaruh obat-obatan.<sup>26</sup>

## C. Pembelajaran Kooperatif (*Cooperative Learning*)

### 1. Pengertian Pembelajaran Kooperatif

Pembelajaran kooperatif (*cooperative learning*) merupakan bentuk pembelajaran dengan cara siswa belajar dan bekerja dalam kelompok-kelompok kecil secara kolaboratif yang anggotanya terdiri dari empat sampai enam orang dengan struktur kelompok yang bersifat heterogen. Dalam pembelajaran ini akan tercipta sebuah interaksi yang lebih luas, yaitu interaksi dan komunikasi yang dilakukan antara guru dengan siswa, siswa dengan siswa, dan siswa dengan guru (*multi way traffic communication*).<sup>27</sup>

Pembelajaran kooperatif adalah strategi pembelajaran yang melibatkan partisipasi siswa dalam satu kelompok kecil untuk saling

---

<sup>26</sup>*Ibid...* h.5

<sup>27</sup> Rusman, *Model-Model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru*, Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2011, cetakan ke-4, h. 202

berinteraksi. Dalam sistem belajar yang kooperatif, siswa belajar bekerja sama dengan anggota lainnya. Dalam model ini siswa memiliki tanggung jawab, yaitu belajar untuk dirinya sendiri dan membantu sesama anggota kelompok untuk belajar.<sup>28</sup>

*Cooperative learning* adalah teknik pengelompokan yang di dalamnya siswa bekerja terarah pada tujuan belajar bersama dalam kelompok kecil yang umumnya terdiri dari 4-5 orang. Belajar kooperatif adalah pemanfaatan kelompok kecil dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa bekerja sama untuk memaksimalkan belajar dengan anggota lainnya dalam kelompok tersebut. Pengelompokan siswa dalam pembelajaran kooperatif di tentukan berdasarkan:

- a. Minat dan bakat siswa.
- b. Latar belakang kemampuan siswa.
- c. Perpaduan antara minat dan bakat siswa serta latar kemampuan siswa.<sup>29</sup>

Pembelajaran kooperatif dicirikan oleh struktur tugas, tujuan, dan penghargaan kooperatif. Siswa yang bekerja dalam situasi pembelajaran kooperatif didorong atau untuk bekerja sama pada suatu tugas bersama dan harus mengoordinasikan usahanya untuk menyelesaikan tugasnya. Dalam penerapan pembelajaran kooperatif, dua atau lebih siswa saling tergantung satu sama lain untuk mencapai satu penghargaan bersama.<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup>*Ibid...* h.203

<sup>29</sup>*Ibid*, Rusman, h. 204

<sup>30</sup>*Ibid ...* h.208

## 2. Prinsip-prinsip Pembelajaran Kooperatif

Roger dan David Jonhson mengemukakan ada lima unsur dalam pembelajaran kooperatif yaitu:

- a) Prinsip ketergantungan positif (*positive interdependence*), yaitu dalam pembelajaran kooperatif, keberhasilan dalam penyelesaian tugas tergantung pada usaha yang dilakukan oleh kelompok tersebut. Keberhasilan kerja kelompok ditentukan oleh kinerja masing-masing anggota kelompok. Oleh karena itu, semua anggota dalam kelompok akan merasakan saling ketergantungan.
- b) Tanggung jawab perseorangan (*individual accountability*), yaitu keberhasilan kelompok sangat tergantung dari masing-masing anggota kelompok. Oleh karena itu, setiap anggota kelompok mempunyai tugas dan tanggung jawab yang harus dikerjakan dalam kelompok tersebut.
- c) Interaksi tatap muka (*face to face promotion interaction*), yaitu memberikan kesempatan yang luas kepada setiap anggota kelompok untuk bertatap muka melakukan interaksi dan diskusi untuk saling memberi dan menerima informasi dan anggota kelompok lain.
- d) Partisipasi dan komunikasi (*participation communication*), yaitu melatih siswa untuk dapat berpartisipasi aktif dan berkomunikasi dalam kegiatan pembelajaran.

- e) Evaluasi proses kelompok, yaitu menjadwalkan waktu khusus bagi kelompok untuk mengevaluasi proses kerja kelompok dan hasil kerja sama mereka, agar selanjutnya bisa bekerja sama dengan lebih efektif.<sup>31</sup>

### 3. Tahap-tahap Model Pembelajaran Kooperatif

Ada enam langkah utama atau tahapan di dalam pembelajaran kooperatif. Tahapan pembelajaran kooperatif tersebut adalah sebagai berikut:<sup>32</sup>

**Tabel 2.1 Tahapan Model Pembelajaran Kooperatif**

Fase-Fase	Aktivitas Guru
<b>Fase 1</b> Menyampaikan tujuan dan memotivasi siswa	Guru menyampaikan semua tujuan pelajaran yang ingin dicapai pada pembelajaran tersebut dan memotivasi siswa belajar.
<b>Fase 2</b> Menyajikan informasi	Guru menyampaikan informasi kepada siswa dengan jalan demonstrasi atau lewat bahan bacaan.
<b>Fase 3</b> Mengorganisasikan siswa ke dalam kelompok-kelompok belajar	Guru menjelaskan kepada siswa bagaimana caranya membentuk kelompok belajar dan membentuk setiap kelompok melakukan transisi secara efisien.
<b>Fase 4</b> Membimbing kelompok bekerja dan belajar	Guru membimbing kelompok-kelompok belajar pada saat mereka mengerjakan tugas mereka.
<b>Fase 5</b> Evaluasi	Guru meng evaluasi hasil belajar tentang materi yang telah dipelajari atau masing-masing kelompok mempersentasikan hasil pekerjaannya.
<b>Fase 6</b> Memberikan penghargaan	Guru mencari cara-cara untuk menghargai baik upaya maupun hasil belajar individu dan kelompok.

<sup>31</sup> *Ibid*, Rusman, h. 212

<sup>32</sup> *Ibid* ... h. 211



#### **4. Kategori Tujuan Dalam Pembelajaran Kooperatif**

Pembelajaran kooperatif memiliki beberapa kategori tujuan yang harus dicapai. Adapun kategori tujuan tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Individual, yaitu keberhasilan seseorang yang ditentukan oleh orang itu sendiri tidak dipengaruhi oleh orang lain.
- b) Kompetitif, yaitu keberhasilan seseorang dicapai karena kegagalan orang lain (ada ketergantungan negatif).
- c) Kooperatif, yaitu keberhasilan seseorang karena keberhasilan orang lain, orang lain tidak dapat mencapai keberhasilan dengan sendirian<sup>33</sup>.

#### **D. Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *TGT***

##### **1. Pengertian Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *TGT***

Model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* merupakan salah satu model pembelajaran kooperatif yang telah dikembangkan oleh Robert E. Slavin pada tahun 1994 di John Hopkins University, Baltimor, Maryland. Model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* merupakan suatu model pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran kooperatif, dimana para siswa dikelompok-kelompokkan 4-6 orang per kelompok secara heterogen berdasarkan jenis kelamin, agama, etnis/suku, sehingga dapat dilatih kecakapan sosial. Slavin menemukan bahwa model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* berhasil meningkatkan kemampuan dasar, pencapaian, interaksi

---

<sup>33</sup>Isjoni, *Cooperative Learning*. Bandung : Alfabeta, 2009, h. 21

positif antar siswa, harga diri, dan sikap penerimaan pada siswa-siswa lain yang berbeda.<sup>34</sup>

Model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* adalah salah satu tipe atau model pembelajaran kooperatif yang mudah diterapkan. Melibatkan aktivitas seluruh siswa tanpa harus ada perbedaan status, melibatkan peran aktif siswa sebagai tutor sebaya dan mengandung unsur permainan penguatan, siswa dapat belajar lebih rileks. Aktivitas model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* dengan permainan yang dirancang memungkinkan siswa dapat belajar lebih rileks disamping menumbuhkan tanggung jawab, kerjasama, persaingan sehat dan keterlibatan belajar. Saling ketergantungan dan menciptakan suasana yang menyenangkan serta menumbuhkan minat belajar, sehingga diharapkan terjadi peningkatan hasil belajar siswa.<sup>35</sup>

## **2. Prinsip-prinsip Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *TGT***

Terdapat tiga prinsip model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* yaitu antara lain:

### **a) Interaksi simultan**

Interaksi simultan diantara para siswa terjadi pada model pembelajaran kooperatif tipe *TGT*. Pada saat pembelajaran, siswa berpartisipasi aktif atau terlibat langsung pada kegiatan pembelajaran, sehingga siswa tidak mengalami kejenuhan.

### **b) Ketergantungan positif**

---

<sup>34</sup> Miftahul Huda, *Model-model Pengajaran dan Pembelajaran*, Yogyakarta:Pustaka Pelajar, 2013, h. 197

<sup>35</sup> *Ibid ...*

Ketergantungan positif timbul pada saat ketergantungan individu atau kelompok berhubungan secara positif. Keberhasilan salah satu siswa berhubungan dengan keberhasilan yang diperoleh siswa lain, maka individu mengalami ketergantungan secara positif. Jika kesuksesan anggota lain (jika salah satu anggota gagal maka semua gagal), maka terbentuklah suatu bentuk ketergantungan positif yang kuat. Sehingga anggota termotivasi memastikan bahwa anggota kelompok lainnya melakukan yang terbaik.

c) Pertanggungjawaban individu

Pertanggungjawaban individu dituntut oleh guru, walaupun belajar dan mengerjakan tugas selalu dalam kelompok, jenis penilaiannya tetap individual. Sikap siswa yang dapat dibangun antara lain; siswa termotivasi, terdukung, dihargai, bangga, antusias, bahagia, merasa aman dan siswa dapat mengendalikan rasa kecewa, sedih serta mengembangkan kejujuran, mandiri, kerjasama, suka memberi, adil dan terbuka.

### 3. Tahap-tahap Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *TGT*

Ada 5 (lima) tahapan dalam model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* ini yaitu sebagai berikut: <sup>36</sup>

**Tabel 2.2 Tahapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *TGT***

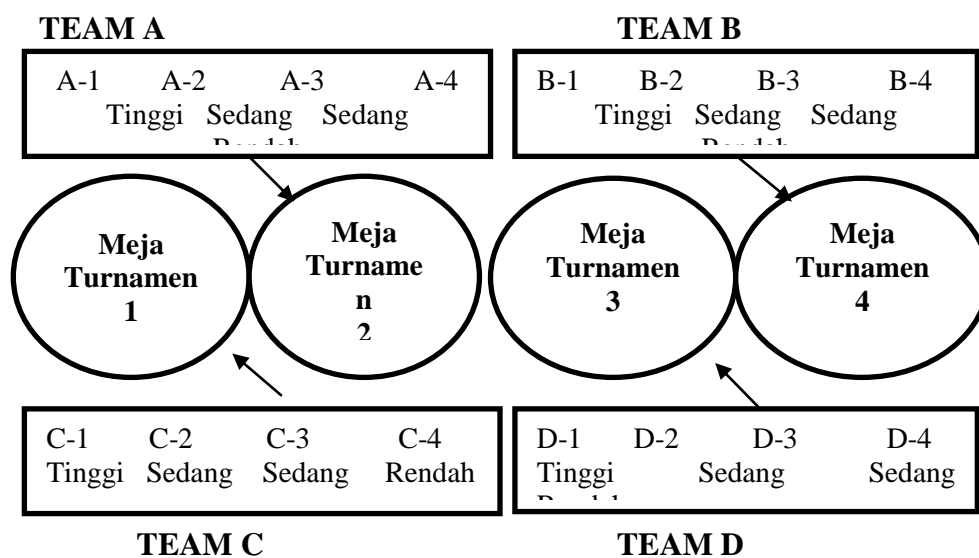
1. Presentasi di Kelas	1. Pada awal pembelajaran guru menyampaikan materi dalam penyajian kelas, biasanya dilakukan dengan pengajaran langsung atau dengan ceramah, diskusi yang dipimpin guru. Pada saat penyajian kelas ini siswa harus benar-benar memperhatikan dan memahami materi yang disampaikan guru, karena
------------------------	--

<sup>36</sup>Robert E. Slavin, *Cooperative Learning*, Bandung : Nusa Media, 2005, h. 166

2. Tim	akan membantu siswa bekerja lebih baik pada saat kerja kelompok dan saat <i>game</i>
3. Game	2. Kelompok biasanya terdiri dari empat sampai lima orang siswa yang anggotanya heterogen dilihat dari prestasi akademik, jenis kelamin dan ras atau etnik. Fungsi kelompok adalah untuk lebih mendalami materi bersama teman kelompoknya dan lebih khusus untuk mempersiapkan <i>game</i> .
4. Turnamen	3. Game terdiri dari pertanyaan-pertanyaan yang dirancang untuk menguji pengetahuan yang didapat siswa dari penyajian kelas dan belajar kelompok. Siswa yang menjawab benar pertanyaan itu akan mendapat nilai. Nilai ini yang dikumpulkan untuk turnamen mingguan.
5. Rekognisi Tim	4. Biasanya turnamen dilakukan pada akhir minggu atau pada setiap unit setelah guru melakukan presentasi kelas dan kelompok sudah mengerjakan latihan soal. 5. Guru kemudian mengumumkan kelompok yang menang, kelompok dengan nilai tertinggi akan mendapatkan hadiah dan pujian.

#### 4. Skema Turnamen Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *TGT*

Skema *game* turnamen ini terdiri dari: pembaca, penantang 1, 2, 3, dan 4, serta pengecek jawaban. Pada skema ini disediakan 4 meja turnamen yang diisi masing-masing kelompok. Karena pada penelitian ini siswa kelas eksperimen 1 berjumlah 40 siswa, maka dilakukan 2 kali pertandingan pada babak penyisihan dikarenakan jumlah kelompok berjumlah 8 tim. Kemudian dari kedelapan tim diambil 4 kelompok yang mempunyai skor tertinggi kemudian ditanding kembali. Adapun skema tournament model team *game* turnamen seperti pada gambar 2.1 dibawah ini :



**Gambar 2.1 Penempatan pada meja turnamen**<sup>37</sup>

Siswa dalam turnamen berperan sebagai berikut :

a) Pembaca (*reader*)

Untuk pembaca soal yaitu guru, kemudian semua kartu nomor dikocok lalu diletakkan diatas meja turnamen dan masing-masing tim mengambil nomor sebagai penentuan meja tim. Setelah meja tim ditentukan masing-masing tim mengambil undian soal berdasarkan urutan meja turnamen.

b) Penantang pertama (*1<sup>st</sup> challenger*)

Tim yang berada pada meja turnamen 1.

c) Penantang kedua (*2<sup>nd</sup> challenger*)

Tim yang berada pada meja turnamen 2. Tim 2 dapat menjawab soal tim 1 apabila tim 1 tidak dapat menjawab.

d) Penantang ketiga (*3<sup>th</sup> challenger*)

Tim yang berada pada meja turnamen 3. Tim 3 dapat menjawab soal tim 3 apabila tim 1 tidak dapat menjawab

<sup>37</sup>Robert E.Slavin, *Cooperative Learning*, h. 168

e) Penantang keempat (4<sup>th</sup> *challenger*)

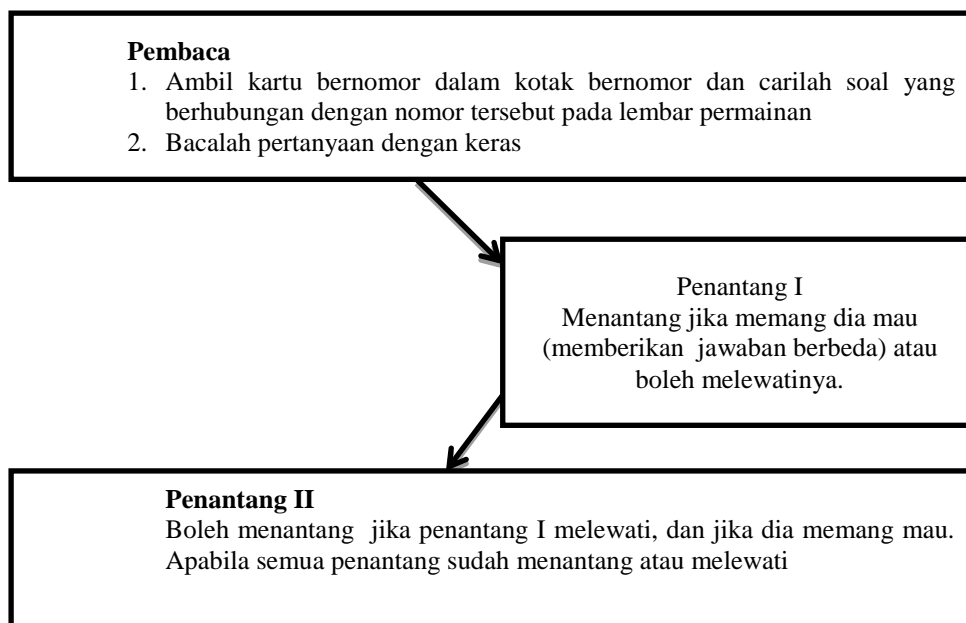
Tim yang berada pada meja turnamen 4. Tim 4 dapat menjawab soal tim 3 apabila tim 1 tidak dapat menjawab

f) Pengecek jawaban (*checker*)

Guru yang menuliskan skor masing-masing tim di papan tulis.

### 5. Aturan Permainan *Team Game Tournament*

Aturan permainan tipe *Team Game Tournament* yaitu seperti pada gambar 2.2:



**Gambar 2.2 Aturan main Model Pembelajaran Kooperatif Tipe TGT**

### 6. Skor dan Penghargaan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe TGT

Dalam model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* ini memiliki skor dan penghargaan tersendiri seperti pada tabel 2.3 di bawah ini merupakan contoh lembar skor *game* dan perhitungan poin turnamen.

Tabel 2.3 Lembar Skor *Game*

**Meja** : .....

**Ronde** : .....

Pemain	Tim	Game 1	Game 2	Game 3	Game 4	Total	Poin

## 7. Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe

### *TGT*

#### a. Kelebihan

Kelebihan dari model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* antara lain:

- 1) Melalui interaksi dengan anggota kelompok, semua memiliki kesempatan untuk belajar mengemukakan pendapatnya atau memperoleh pengetahuan dari hasil diskusi dengan anggota kelompoknya.
- 2) Pengelompokan siswa secara heterogen dalam hal tingkat kemampuan, jenis kelamin, maupun ras diharapkan dapat membentuk rasa hormat dan saling menghargai diantara siswa.
- 3) Dengan belajar kooperatif siswa mendapat keterampilan kooperatif yang tidak dimiliki pada pembelajaran lain.
- 4) Dengan diadakannya turnamen dapat membentuk siswa mempunyai kebiasaan bersaing sportif dan selanjutnya menumbuhkan keberanian dalam berkompetisi, akibatnya siswa selalu dalam posisi unggul dan memunculkan sikap kreatifnya.

- 5) Dengan pembelajaran kooperatif tipe *TGT*, dapat menanamkan betapa pentingnya kerjasama dalam pencapaian tujuan belajar baik untuk dirinya maupun seluruh anggota kelompok.
- 6) Kegiatan belajar mengajar berpusat pada siswa sehingga dapat menumbuhkan keaktifan siswa.

**b. Kekurangan**

Kekurangan dari model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* antara lain:

- 1) Penggunaan waktu yang relatif lama dan biaya yang besar.
- 2) Jika kemampuan guru sebagai motivator dan fasilitator kurang memadai atau sarana tidak cukup tersedia maka model pembelajaran kooperatif tipe *TGT* sulit dilaksanakan.
- 3) Apabila sportifitas siswa kurang, maka keterampilan berkompetisi siswa yang terbentuk bukanlah yang diharapkan.

**E. Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *STAD***

**1. Pengertian Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *STAD***

Model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* dikembangkan dan diteliti oleh John Hopkins University oleh Robert Slavin. Ide dari *STAD* adalah untuk memasukkan penyelesaian pekerjaan-pekerjaan siswa ke dalam kelompok pembelajaran kooperatif untuk mencapai tujuan akademik. Model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* merupakan pendekatan pembelajaran alternatif yang dapat dipergunakan di dalam kelas untuk bahan kajian yang cukup luas secara efektif. Model pembelajaran



kooperatif tipe *STAD* dapat dipergunakan secara bersama dengan model pembelajaran koopeeratif lainnya.

Tujuan utama model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* adalah untuk meningkatkan pencapaian hasil belajar siswa secara keseluruhan.<sup>38</sup> Dalam pembelajaran kooperatif tipe *STAD* siswa dibagi menjadi empat kelompok, dengan komposisi yang setara, baik jenis kelamin, tingkat kemampuan, maupun latar belakang etnis atau rasialnya. Kelompok yang seimbang adalah suatu keharusan.<sup>39</sup>

## **2. Langkah- langkah Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *STAD***

Dalam pelaksanaannya model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* terdiri dari lima komponen, yakni presentasi kelas, pembentukan tim, kuis, perubahan/perkembangan skor individu dan pengakuan tim.<sup>40</sup> Selain itu ada tiga hal penting yang menunjang proses model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* yaitu, imbalan/penghargaan bagi kelompok, akuntabilitas individual, dan peluang yang sama untuk mencapai keberhasilan.

Keberhasilan kelompok bergantung pada setiap anggotanya mempelajari bahan-bahan pembelajaran.<sup>41</sup> Model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* memiliki beberapa langkah-langkah proses pembelajaran.

---

<sup>38</sup> Ngalimun, Femeir Liadi, Aswan, *Strategi dan Model Pembelajaran Berbasis PAIKEM*, Banjarmasin: Pusataka Banua, 2013, h. 146

<sup>39</sup> *Ibid*, Ngalimun, Femeir Liadi, Aswan, h. 146

<sup>40</sup> Yatim Riyanto, *Paradigma Baru Pembelajaran*, Jakarta: Kencana, 2009, h. 272

<sup>41</sup> *Ibid*, Ngalimun, Femeir Liadi, Aswan, h. 147

Adapun langkah-langkah pembelajaran model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* yaitu seperti pada tabel 2.4 berikut ini :

**Tabel 2.4 Tahapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *STAD*<sup>42</sup>**

<b>Tahap</b>	<b>Tingkah Laku Guru</b>
<b>Fase-1 Pengajaran</b>	1. Menyajikan materi pelajaran (Biasanya dengan format ceramah-diskusi. Di mana siswa seharusnya diajarkan tentang apa yang akan mereka pelajari dan mengapa pelajaran tersebut penting).
<b>Fase-2 Tim Studi</b>	2. Membagi siswa ke dalam beberapa kelompok (para anggota kelompok bekerja secara kooperatif untuk menyelesaikan lembar kerja dan lembar jawaban yang telah disediakan oleh guru)
<b>Fase-3 Tes</b>	(Setiap siswa secara individual menyelesaikan kuis) 3. Men- <i>score</i> kuis tersebut dan mencatat pemerolehan hasilnya saat itu serta hasil kuis pada pertemuan sebelumnya. (Hasil dari tes individu akan diakumulasikan untuk skor tim mereka)
<b>Fase-4 Rekognisi</b>	4. Memberikan penghargaan atau <i>reward</i> kepada kelompok. (Tim menerima penghargaan atau <i>reward</i> bergantung pada nilai skor rata-rata)

### **3. Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *STAD***

#### **a. Kelebihan**

Kelebihan dari model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* antara lain:

- 1) Seluruh siswa menjadi lebih siap dan menjadi lebih inovatif baik dalam kelompok maupun tugas individu siswa.
- 2) Melatih dan meningkatkan kerjasama dengan baik, sehingga siswa dapat menerima berbagai perbedaan individual menjadi lebih baik.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Miftahul Huda, *Model-model Pengajaran dan Pembelajaran*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2013, h. 201

<sup>43</sup> Iif Khoiru Ahmadi, dkk, *Strategi Pembelajaran Sekolah Terpadu*, Jakarta: PT Prestasi Pustaka, 2011, h. 65

- 3) Model ini dapat mengurangi sifat individualitas siswa karena setiap siswa dituntut untuk dapat bekerjasama dengan rekannya.
- 4) Siswa memiliki dua bentuk tanggung jawab belajar, yaitu belajar untuk dirinya sendiri dan membantu sesama anggota kelompok untuk belajar.

#### **b. Kekurangan**

Kekurangan dari model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* antara lain:

- 1) Apabila tidak ada kerjasama dalam kelompok dan belum bisa menyesuaikan diri dengan anggota lain maka anggota kelompok semua mengalami kesulitan.
- 2) Bila situasi diskusi masing-masing kelompok gaduh maka akan mengganggu kelas yang lain.
- 3) Model ini memerlukan kemampuan khusus dari guru. Guru dituntut sebagai fasilitator, mediator, motivator dan evaluator.

### **F. Motivasi**

#### **1. Pengertian Motivasi**

Motivasi berasal dari kata “motif” yang dapat diartikan sebagai kekuatan yang terdapat dalam diri individu, yang menyebabkan individu tersebut bertindak atau berbuat.<sup>44</sup> Motif dapat dikatakan sebagai daya penggerak dari dalam dan di dalam subjek untuk melakukan aktivitas-aktivitas tertentu demi mencapai suatu tujuan. Motivasi dan belajar merupakan dua hal yang saling mempengaruhi. Belajar adalah perubahan

---

<sup>44</sup> Hamzah B. Uno, *Teori Motivasi dan Pengukurannya.....* h. 3

tingkah laku secara relatif permanen dan secara potensial terjadi sebagai hasil dari praktik atau penguatan (*reinforced practice*) yang dilandasi dengan tujuan untuk mencapai tujuan tertentu.

Motivasi menurut Mc. Donald adalah perubahan energi dalam diri seseorang yang ditandai dengan munculnya "feeling" dan didahului dengan tanggapan terhadap adanya tujuan.<sup>45</sup> Secara umum dapat disimpulkan bahwa motivasi dapat dikatakan sebagai serangkaian usaha untuk menyediakan kondisi-kondisi tertentu, sehingga seseorang mau dan ingin melakukan sesuatu, dan bila tidak suka, maka akan berusaha untuk meniadakan atau mengelakkan perasaan tidak suka itu.

## **2. Hakekat Motivasi**

Hakekat motivasi belajar adalah dorongan internal dan eksternal pada siswa yang sedang belajar untuk mengadakan perubahan tingkah laku pada umumnya dengan beberapa indikator yang meliputi : (1) adanya hasrat dan keinginan berhasil; (2) adanya dorongan dan kebutuhan dalam belajar; (3) adanya harapan dan cita-cita masa depan; (4) adanya penghargaan dalam belajar; (5) adanya kegiatan yang menarik dalam belajar; (6) adanya lingkungan belajar yang kondusif sehingga memungkinkan siswa dapat belajar dengan baik.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup>Sardiman, *Interaksi dan Motivasi Belajar Mengajar*, Jakarta: PT Grafindo Persada, 2000, h. 73

<sup>46</sup>Hamzah B. Uno, *Teori Motivasi dan Pengukurannya.....* h. 31

### **3. Peran Motivasi dalam Belajar dan Pembelajaran**

Motivasi pada dasarnya dapat membantu dalam memahami dan menjelaskan perilaku siswa, termasuk perilaku individu siswa yang sedang belajar. Ada beberapa peranan penting dari motivasi dalam belajar dan pembelajaran, yaitu antara lain : (1) menentukan hal-hal yang dapat dijadikan penguat belajar; (2) memperjelas tujuan belajar yang hendak dicapai; (3) menentukan ragam kendali terhadap rangsangan belajar; (4) menentukan ketekunan belajar.<sup>47</sup>

### **4. Upaya-upaya Motivasi Belajar**

Motivasi dalam belajar kadangkala naik begitu pesat dan bias turun begitu drastis. Oleh karena itu, perlu ada semacam upaya untuk memotivasi pembelajar. Ali Imran mengemukakan empat upaya yang dapat dilakukan oleh guru guna meningkatkan motivasi belajar yaitu :

- a) Mengoptimalkan penerapan prinsip-prinsip belajar.
- b) Mengoptimalkan unsur-unsur dinamis pembelajaran.
- c) Mengoptimalkan pemanfaatan upaya guru dalam pembelajaran.

### **G. Hasil Belajar**

Hasil belajar merupakan kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa setelah menerima dan memahami pengalaman belajarnya.<sup>48</sup> Siswa akan mendapatkan pengalaman belajar serta perubahan tingkah laku pada

---

<sup>47</sup>Ibid... h. 27

<sup>48</sup> Nana Sudjana, *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2010, h. 22

diri siswa dan sebagai umpan balik dalam upaya memperbaiki proses belajar mengajar untuk mencapai tujuan instruksional.<sup>49</sup> Hasil belajar merupakan perubahan tingkah laku yang mencakup bidang kognitif.

Siswa akan mendapatkan pengalaman belajar serta perubahan tingkah laku pada diri siswa dan sebagai umpan balik dalam upaya memperbaiki proses belajar mengajar untuk mencapai tujuan instruksional.<sup>50</sup> Horward Kingsley membagi tiga macam hasil belajar, yakni (a) kemampuan dan kebiasaan, (b) pengetahuan dan pengertian, (c) sikap dan cita-cita. Sedangkan Gagne membagi lima kategori hasil belajar, yakni (a) informasi verbal, (b) kemampuan intelektual, (c) strategi kognitif, (d) sikap, dan (e) kemampuan motoris.<sup>51</sup> Hasil belajar memiliki peran penting dalam proses belajar mengajar. Penilaian di dalam hasil belajar dapat memberikan informasi kepada guru mengenai kemajuan siswa dalam upaya mencapai tujuan pembelajaran sampai sejauh mana kemajuan ilmu pengetahuan yang telah mereka kuasai.

Hasil belajar fisika siswa merupakan suatu indikator untuk mengukur keberhasilan siswa dalam proses pembelajaran fisika. Dalam proses belajar mengajar fisika, biasanya kemampuan yang diharapkan lebih banyak berhubungan dengan aspek kognitif. Ranah kognitif berkenaan dengan hasil belajar intelektual yang terdiri dari lima aspek, yakni

---

<sup>49</sup>*Ibid...* h.1-3

<sup>50</sup>*Ibid...* h. 1-3

<sup>51</sup>*Ibid...* h. 22

pengetahuan atau ingatan, pemahaman, aplikasi, analisis, dan sintesis.<sup>52</sup> Hasil belajar fisika merupakan penguasaan materi pelajaran fisika oleh siswa setelah mengikuti kegiatan belajar mengajar sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan dan merupakan hasil dari evaluasi (pengukuran dan penilaian).

Horward Kingsley membagi tiga macam hasil belajar, yakni (a) kemampuan dan kebiasaan, (b) pengetahuan dan pengertian, (c) sikap dan cita-cita. Sedangkan Gagne membagi lima kategori hasil belajar, yakni (a) informasi verbal, (b) kemampuan intelektual, (c) strategi kognitif, (d) sikap, dan (e) kemampuan motoris.<sup>53</sup> Dari berbagai pengertian para ahli dapat disimpulkan bahwa hasil belajar merupakan kemampuan-kemampuan yang didapatkan siswa setelah terlaksananya proses pembelajaran dalam ranah kognitif yaitu pengetahuan intelektual masing-masing siswa.

## **H. Suhu dan Kalor**

### **1. Temperatur dan Termometer**

#### **a) Temperatur**

Temperatur merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya benda atau secara tepatnya temperatur merupakan ukuran energi kinetik molekuler internal rata-rata sebuah benda<sup>54</sup>. Oven yang panas dikatakan bertemperatur tinggi, sementara es di danau yang beku dikatakan memiliki

---

<sup>52</sup>*Ibid...*

<sup>53</sup>*Ibid*, Nana Sudjana, h. 22

<sup>54</sup>Paul A. Tipler, *Fisika untuk sains dan teknik*, Jakarta:Erlangga, 1998, h. 560

temperatur rendah. Banyak sifat zat yang berubah terhadap temperatur.<sup>55</sup> Dengan demikian, temperatur menggambarkan gerakan molekul-molekul benda. Pada saat memanaskan atau mendinginkan suatu benda sampai pada suhu tertentu, beberapa sifat fisik benda tersebut berubah. Sifat-sifat benda yang bisa berubah akibat adanya perubahan suhu disebut sifat *termometrik*.

### **b) Termometer**

Pembuatan termometer didasarkan pada beberapa sifat termometrik zat seperti pemuaian zat padat, pemuaian zat cair, pemuaian gas, tekanan zat cair, tekanan udara, regangan zat padat, hambatan zat terhadap arus listrik, dan intensitas cahaya (radiasi benda). Beberapa jenis termometer yang biasa digunakan untuk pengukuran suhu diantaranya, yaitu termometer raksa, termometer alkohol, termometer gas, termometer bimetal, termometer hambatan, termokopel dan pirometer.

Prinsip termometer gas adalah bahwa tekanan gas pada volume konstan akan bertambah seiring dengan perubahan suhu<sup>56</sup>. 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. Termometer volume konstan adalah termometer yang berfungsi untuk menghasilkan skala temperatur yang digunakan secara umum di dalam kerja ilmiah.<sup>57</sup>

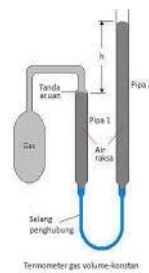
---

<sup>55</sup>Douglas C.Giancoli, *Fisika jilid 1 edisi kelima*, Jakarta : Erlangga , 2001, h. 449

<sup>56</sup>Paul A. Tipler, *Fisika untuk sains dan teknik.....*h. 565

<sup>57</sup>Halliday Resnick, *Fisika edisi ketiga jilid-1*, Jakarta:Erlangga, 1978, h. 702





**Gambar 2.3 Termometer gas volume konstan**

Gambar 2.3 menjelaskan sebuah termometer gas volume konstan. Selama air raksa di dalam tabung manometer kiri tetap pada kedudukan yang sama pada skala (no1) maka volume gas yang dibatasi tersebut akan konstan.<sup>58</sup>

### c) Skala Suhu

Suhu dapat diukur secara kuantitatif yaitu dengan mendefinisikan semacam skala numerik<sup>59</sup>. 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. Berikut adalah penjelasan dari skala-skala termometer:

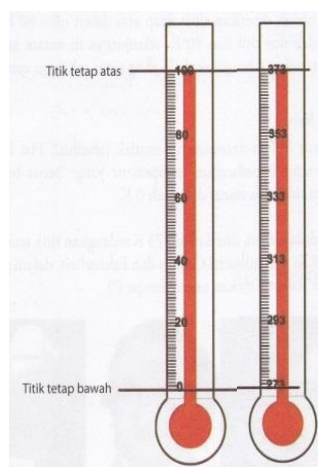
#### 1) Skala Kelvin

Skala kelvin ditemukan oleh Lord Kelvin pada tahun 1960 penemuannya tentang termometer yang ditetapkan sebagai satuan Sistem Internasional (SI). Skala kelvin memiliki titik bawah dan titik atas, titik bawahnya yaitu 273 K dan titik atasnya yaitu 373 K. Setiap skala suhu yang didefinisikan dengan mencocok sistem cairan dalam tabung dan termometer

<sup>58</sup> *ibid*.....h.702

<sup>59</sup> Young dan Freedman, *Fisika Universitas*, Jakarta: Erlangga, 2000, h. 459

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<sup>60</sup>.



**Gambar 2.4 Perbandingan Skala Celsius dan Skala Kelvin**

Gambar 2.4 menunjukkan 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 atau dituliskan dengan persamaan:

$$t_K = t_C + 273,15 \quad \dots\dots (2.1)$$

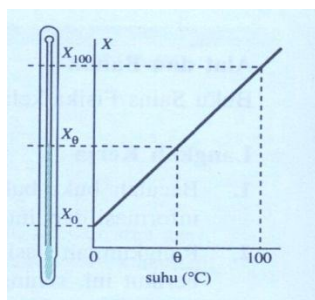
Pada satuan SI, “derajat” tidak digunakan pada skala Kelvin. Suhu ruangan biasa adalah sekitar 293 K dibaca “293 Kelvin”, bukan “derajat

<sup>60</sup>Halliday Resnick.....h.701

Kelvin”. Kelvin dituliskan dengan huruf kapital dan ditetapkan satuan untuk suhu adalah *kelvin*.<sup>61</sup>

## 2) Skala Celsius

Skala celsius sebelumnya dinamakan skala *centigrade*, ditemukan oleh Anders celcius (1701-1744) beliau merupakan astronom Swedia yang membuat skala celcius pada tahun 1742. Skala celsius mendefinisikan suhu titik tetap dari air, yaitu titik beku dan titik didih air yang keduanya diambil pada tekanan atmosfer. Pada skala celsius memiliki titik beku  $0^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $100^{\circ}\text{C}$ . Untuk skala celsius, jarak antara kedua tanda dibagi menjadi seratus selang yang sama yang dipisahkan oleh tanda-tanda kecil yang menyatakan setiap derajat antara  $0^{\circ}\text{C}$  dan  $100^{\circ}\text{C}$  (itulah sebabnya diberi nama skala “*centigrade*” yang berarti “seratus langkah”).<sup>62</sup> Berikut gambar 2.5 yang menerangkan mengenai hubungan panjang kolom raksa  $x$  dan suhu dalam skala celsius :



**Gambar 2.5 Hubungan Panjang Kolom Raksa  $X$  dan Suhu dalam Skala Celsius**

<sup>61</sup> Young dan Freedman, *Fisika Universitas*, Jakarta: Erlangga, 2000, h. 460-461

<sup>62</sup> Douglas C. Giancoli, *Fisika...*, h. 451

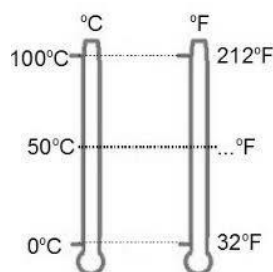
Gambar 2.5 menunjukkan suhu benda yang dapat diukur dengan menempatkan termometer air raksa agar berada dalam kontak termal dengannya, menunggu sampai kesetimbangan termal tercapai, dan mencatat posisi kolom air raksa. Maka dapat dinyatakan persamaan sebagai berikut.

$$t_C = \frac{X_\theta - X_0}{X_{100} - X_0} \times 100^\circ \quad \dots\dots (2.2)$$

Dimana  $t_C$  adalah suhu celsius,  $X_\theta$  menyatakan panjang kolom air raksa,  $X_0$  adalah panjang kolom air raksa pada titik lebur es ( $0^\circ\text{C}$ ), dan  $X_{100}$  adalah panjang kolom air raksa pada titik didih air ( $100^\circ\text{C}$ ).

### 3) Skala Fahrenheit

Skala fahrenheit ditemukan oleh seorang ilmuan yang bernama Danien Gabriel Fahrenheit. Skala fahrenheit telah mendefinisikan suhu titik beku air  $32^\circ\text{F}$  dan titik didih air  $212^\circ\text{F}$ <sup>63</sup>. 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 2.6 Perbandingan Skala Celsius dan Fahrenheit**

<sup>63</sup>Paul A. Tipler, *Fisika untuk sains dan teknik*.....h.563

Gambar 2.6 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 dari pada perubahan satu derajat celsius sama dengan perubahan 9/5 derajat fahrenheit. Hubungan umum antara suhu fahrenheit dan suhu celsius adalah:<sup>64</sup>

$$t_F = \frac{9}{5}t_C + 32^\circ \quad \text{.....(2.3)}$$

Untuk mengubah fahrenheit ke celsius, dengan menurunkan persamaan 2.3 maka diperoleh ;

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32^\circ) \quad \text{.....(2.4)}$$

Dengan  $t_f$  adalah suhu fahrenheit dan  $t_c$  adalah suhu celsius.

Persamaan (2.4) menunjukkan dengan mengurangi 32° untuk memperoleh derajat fahrenheit di atas titik beku, lalu kalikan 5/9 untuk mendapatkan besar derajat celsius di atas titik beku, yaitu suhu celsius.

#### 4) Skala Reamur

Skala reamur ditemukan oleh Rene Antonie Ferchault de Reamur, yang pertama mengusulkannya pada tahun 1731. Titik beku air 0°R, titik didih air 80°R. Jadi, satu derajat reamur sama dengan 1,25 derajat celsius atau kelvin. Skala ini mulanya dibuat dengan alcohol, jadi thermometer reamur yang dibuat dengan raksa sebenarnya bukan thermometer sejati. Reamur memilih angka 80 karena dapat dibagi dua sebanyak 4 kali dengan

---

<sup>64</sup> *Ibid...*

<sup>65</sup> Young dan Freedman, *Fisika Universitas edisi ke-10 jilid 1.....h. 459*

hasil bilangan bulat (40, 20, 10, 5) sedangkan 100 hanya dapat dibagi 2 kali dengan hasil bilangan bulat (50, 25).

## 2. Kesetimbangan Termal dan Hukum Termodinamika ke-0

Jika dua benda pada temperatur yang sama diletakkan dalam kotak termal (sehingga energi dapat berpindah dari satu ke yang lainnya), kedua benda tersebut pada akhirnya akan mencapai temperatur yang sama. Kedua benda tersebut dikatakan mengalami kesetimbangan termal. sebagai contoh, sepotong es batu yang dimasukkan ke dalam gelas besar berisi air panas akan meleleh menjadi air, yang secara keseluruhan pada akhirnya mencapai temperatur yang sama. Saat tangan dimasukkan ke air danau sedingin es, maka dapat merasakan temperatur tangan akan menurun, sewaktu energi mengalir ke luar dari tangan ke air yang dingin (sebaliknya tarik tangan sebelum dicapai kesetimbangan termal). Dua benda ini didefinisikan berada dalam *kesetimbangan termal* jika, ketika diletakkan dalam kotak termal, tidak ada energi yang mengalir dari satu ke yang lainnya, dan temperatur tidak berubah.

Misalkan ada 3 sistem yaitu A, B dan C dalam suatu keadaan. Sistem A dan B berada dalam kesetimbangan termal maka sistem C juga akan dalam kesetimbangan termal. Seperti bunyi hukum termodinamika ke-0 yaitu bahwa “jika dua sistem berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka mereka berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain”.<sup>66</sup> .

---

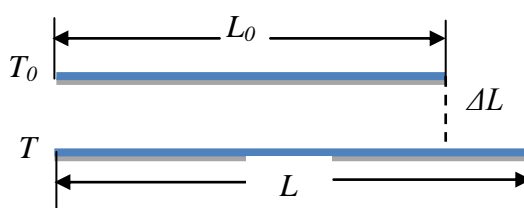
<sup>66</sup>Douglas C. Giancoli....h. 453

### 3. Pemuaian Termal

Sebagian besar zat ketika dipanaskan akan mengalami ekspansi atau biasa disebut memuai dan zat akan menyusut ketika didinginkan. Besarnya pemuaian dan penyusutan bervariasi, bergantung pada materi itu sendiri. Pemuaian termal adalah peristiwa penambahan ukuran benda karena perubahan suhu. Perubahan benda bisa berupa perubahan panjang, luas atau volume. Hampir seluruh benda atau zat mengalami pemuaian termal, yaitu zat padat, cair, maupun gas.<sup>67</sup>

#### a. Pemuaian Panjang

Sebuah batang berpenampang kecil, dengan panjang  $L_0$  pada suhu  $T_0$ . Saat batang dipanaskan suhu berubah sebesar  $\Delta T$ . Batang tersebut akan memuai atau bertambah panjang sebesar  $\Delta L$ . Percobaan menunjukkan bahwa jika  $\Delta T$  tidak terlalu besar,  $\Delta L$  akan berbanding lurus dengan  $\Delta T$ . Sebagaimana yang diharapkan, perubahan panjang juga sebanding dengan panjang awal  $L_0$ . Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Pemuaian panjang**

Gambar 2.7 terlihat 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  $\Delta L$  juga

<sup>67</sup>Douglas C. Giancoli....hal. 454

harus berbanding dengan  $L_0$ . Dengan konstanta  $\alpha$  (yang berbeda untuk bahan yang berlainan), dapat dinyatakan hubungannya dalam persamaan:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

Dengan  $\Delta L$  adalah pertambahan panjang (m),  $\alpha$  adalah koefisien muai panjang ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ),  $L_0$  adalah panjang mula-mula (m), dan  $\Delta T$  adalah selisih suhu ( $T - T_0$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ ). Jika sebuah benda memiliki panjang  $L_0$  pada suhu  $T_0$ , maka panjang  $L$  pada suhu  $T = T_0 + \Delta T$  adalah:

$$L = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Konstanta  $\alpha$  menjelaskan sifat ekspansi termal dari bahan tertentu, disebut koefisien ekspansi linier (*coefficient of linier expansion*). Satuan  $\alpha$  adalah  $\text{K}^{-1}$  atau  $(^{\circ}\text{C})^{-1}$ . Adapun koefisien pemuaian untuk berbagai jenis zat dapat dilihat pada Tabel 2.5.<sup>68</sup>

**Tabel 2.5 Koefisien Pemuaian pada Berbagai Jenis Zat<sup>69</sup>**

Zat	Koefisien Muai Panjang $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	Koefisien Muai Volume $\beta$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Padat		
Aluminium	$25 \times 10^{-6}$	$75 \times 10^{-6}$
Kuningan	$19 \times 10^{-6}$	$56 \times 10^{-6}$
Besi atau baja	$12 \times 10^{-6}$	$35 \times 10^{-6}$
Timah hitam	$29 \times 10^{-6}$	$87 \times 10^{-6}$
Kaca (Pyrex)	$3 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$
Kaca (biasa)	$9 \times 10^{-6}$	$27 \times 10^{-6}$
Kwarsa	$0,4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$
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		$950 \times 10^{-6}$
Air raksa		$180 \times 10^{-6}$
Ethyl alcohol		$1100 \times 10^{-6}$

<sup>68</sup> Doulas C. Giancoli.....hal. 455

<sup>69</sup> *Ibid*...h. 454



Gliserin		$500 \times 10^{-6}$
Air		$210 \times 10^{-6}$
Gas		
Udara (dan sebagian besar gas pada tekanan atmosfer)		$3400 \times 10^{-6}$

### b. Pemuaian Luas

Pemuaian luas terjadi pada benda dua dimensi yang jika dipanaskan pemuaiannya dalam arah melebar dan memanjang, sehingga terjadi pemuaian luas.



**Gambar 2.8 Pemuaian Luas**

Gambar 2.8 menunjukkan pertambahan luas yang dialami benda maka dapat dituliskan persamaan secara matematisnya:

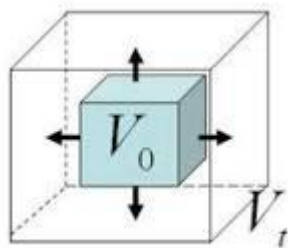
$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan  $\Delta A$  adalah pertambahan luas ( $m^2$ ),  $\beta$  adalah koefisien muai luas ( $^{\circ}C$ )<sup>-1</sup>,  $A_0$  adalah panjang mula-mula ( $m^2$ ) dan  $\Delta T$  menyatakan selisih suhu ( $T - T_0$ ) ( $^{\circ}C$ )

### 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. Gambar 2.9 menunjukkan bahwa jika perubahan suhu

$\Delta T$  terlalu besar (kurang dari  $100\text{ C}^\circ$ , atau di sekitarnya), kenaikan volume  $\Delta V$  dapat dianggap berbanding lurus dengan perubahan suhu dan volume awal. Seperti pada gambar 2.9 merupakan pemuaian volume:



**Gambar 2.9 Pemuaian Volume**

Secara matematis maka persamaannya dapat ditulis:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad \dots\dots(2.8)$$

Dengan  $\Delta V$  adalah pertambahan volume ( $\text{m}^3$ ),  $\beta$  adalah koefisien muai volume ( $\text{C}^\circ$ )<sup>-1</sup>,  $V_0$  adalah panjang mula-mula ( $\text{m}^3$ ) dan  $\Delta T$  adalah selisih suhu ( $T - T_0$ ) ( $^\circ\text{C}$ ). Konstanta  $\beta$  menggambarkan sifat pemuaian volume pada bahan tertentu disebut sebagai koefisien ekspansi volume (*coefficient o volume expansion*). Pada pemuaian volume koefisien ekspansi volume berubah terhadap suhu, sehingga sejumlah bahan yang mengalami perubahan suhu yang kecil atau rendah membuat harga  $\beta$  menurun. Beberapa nilai  $\beta$  pada suhu ruang dijabarkan pada Tabel 2.6.

Koefisien muai volume dan muai panjang terdapat hubungan yaitu  $\alpha$ . Untuk menurunkan hubungan ini, lihat 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:

$$dV = \frac{dV}{dL} L^3 = 3L^2 dL \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Kemudian gantikan  $L$  dan  $V$  dengan nilai awal  $L_0$  dan  $V_0$ . Dari persamaan (2.5),  $\Delta L$  adalah:

$$dL = \alpha L_0 dT \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Karena  $V_0 = L_0^3$ , artinya  $\Delta V$  juga dapat dituliskan sebagai:

$$\begin{aligned} dV &= 3L_0^2 \alpha L_0 dT \quad \dots\dots\dots (2.11) \\ &= 3 \alpha V_0 dT \end{aligned}$$

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

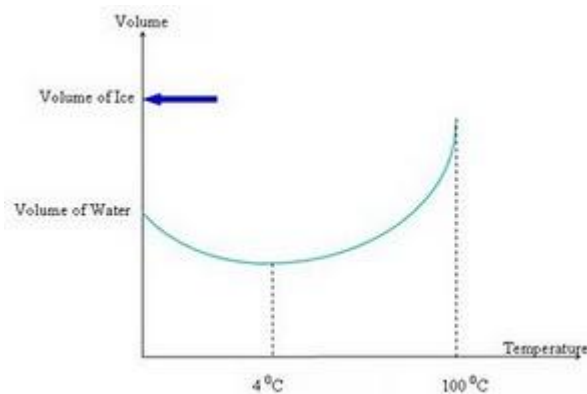
$$\beta = 3\alpha \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Suatu benda akan bertambah tiap bagiannya pada saat terjadi perubahan suhu tertentu yang sebanding dengan ukuran mula-mula bagian benda itu.

#### **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  $0^\circ\text{C}$  dipanaskan, volumenya menurun sampai mencapai  $4^\circ\text{C}$  air akan berperilaku normal pada suhu di atas  $4^\circ\text{C}$  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.<sup>70</sup>



**Gambar 2.10 Grafik anomali air**

Gambar 2.10 menunjukkan ketika suhu mencapai 4°C pemuaian volume air akan memperkecil massa jenis air sehingga lebih dingin dibandingkan dengan air yang bersuhu 100°C massa jenisnya lebih besar maka terasa lebih panas. Sebagai contoh ketika temperatur air di danau atau sungai di atas 4°C akan mulai mendingin karena kontak dengan udara yang dingin. Air di permukaan terbenam karena massa jenisnya yang lebih besar dan digantikan oleh air yang lebih hangat dari bawah. Air tidak hanya memuai pada waktu mendingin dari 4°C sampai 0°C, air juga memuai lebih banyak lagi sementara membeku menjadi es. Inilah sebabnya mengapa es batu terapung di air dan pipa pecah ketika air di dalamnya membeku.<sup>71</sup>

<sup>70</sup> Douglas C. Giancoli, *Fisika...*, h. 457

<sup>71</sup> *Ibid....*

#### 4. Pemuaian Gas dan Hukum-Hukum Gas

Pada umumnya 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 ini disebut persamaan keadaan.<sup>72</sup> Jumlah gas tertentu dapat ditemukan melalui eksperimen dengan menggunakan pendekatan yang cukup baik, volume gas berbanding terbalik dengan keadaan tekanan yang diberikan padanya ketika temperatur dijaga konstan.

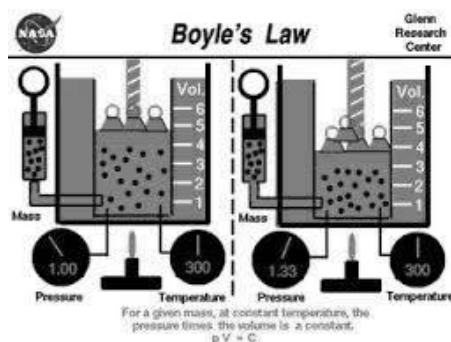
##### a. Hukum Boyle

Seorang fisikawan bernama Robert Boyle (1627 – 1691) yang pertama kali menyatakan atas dasar percobaannya sendiri pada gambar 2.14. Dari hasil percobaannya menyatakan bahwa “volume gas berbanding terbalik dengan tekanan yang diberikan padanya ketika suhu dijaga konstan”, yaitu:

$$V \propto \frac{1}{P} \quad [T \text{ konstan}]$$

---

<sup>72</sup> Douglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 459



**Gambar 2.11 Percobaan Boyle**

Gambar 2.11 menunjukkan suatu gas berada di dalam tabung dengan tutup yang dapat diturunkan atau dinaikkan yang sedang diukur tekanannya. Gambar 2.11 terlihat bahwa saat tuas tutup tabung ditekan, volume gas akan mengecil dan mengakibatkan tekanan gas yang terukur oleh alat pengukur menjadi membesar. Hubungan antara tekanan dan volume suatu gas yang berada di ruang tertutup ini dikenal sebagai Hukum Boyle, yang juga dapat dituliskan.

$$PV = \text{konstan} \quad [T \text{ konstan}] \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Persamaan (2.13) ini menunjukkan bahwa jika tekanan maupun volume gas dibiarkan berubah yang suhunya dijaga konstan, variabel yang satunya juga berubah sehingga hasilnya kali  $PV$  tetap konstan.<sup>73</sup> Temperatur juga mempengaruhi volume gas, tetapi hubungan antara  $V$  dan  $T$  belum ditemukan dimasa Boyle. Tekanan  $VS$  volume gas pada temperatur konstan menunjukkan hubungan berbanding terbalik sebagaimana dinyatakan oleh hukum Boyle sementara volume bertambah dan tekanan berkurang.

---

<sup>73</sup>*Ibid...*hal. 460

## b. Hukum Charles

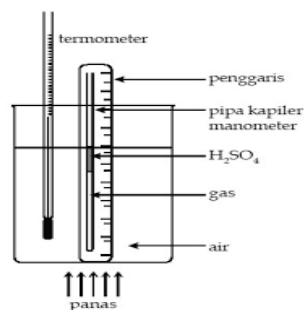
Seorang ilmuwan berkebangsaan Perancis yang bernama Jacques Charles (1746 – 1823) menemukan bahwa ketika tekanan tidak terlalu tinggi dan dijaga konstan, volume gas akan bertambah terhadap suhu dengan kecepatan yang hampir konstan. Dari hasil percobaannya menyatakan bahwa “volume gas dengan jumlah tertentu berbanding lurus dengan temperatur mutlak ketika tekanan dijaga konstan”. Pernyataan ini dikenal sebagai hukum Charles dan dituliskan.<sup>74</sup>

$$V \propto T \quad [P \text{ konstan}]$$

Kesimpulan Charles itu dapat diartikan sebagai hasil bagi antara besarnya volume zat dengan suhunya akan selalu menunjukkan hasil yang sama atau konstan. Sehingga dapat dituliskan dengan persamaan.

$$\frac{V}{T} = \text{konstan} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan (2.14) ini menunjukkan bahwa jika volume dan suhu dibiarkan berubah maka tekanannya dijaga konstan. Percobaan yang dilakukan Charles yaitu seperti pada gambar 2.12:

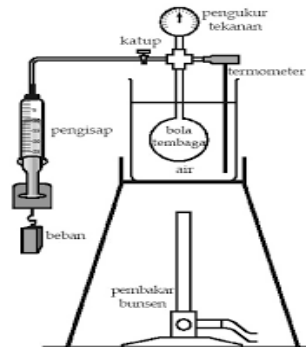


**Gambar 2.12 Percobaan Charles**

<sup>74</sup>Ibid...

### c. Hukum Gay-Lussac

Joseph Gay-Lussac (1778 – 1850) menemukan hukum gas yang ketiga meneliti hubungan antara volume gas dan suhu gas pada tekanan tetap. Perhatikan Gambar 2.13.



**Gambar 2.13 percobaan Gay Lussac**

Berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan bahwa “pada volume konstan, tekanan gas berbanding lurus dengan temperatur mutlak”. Pernyataan ini dikenal sebagai hukum Gay-Lussac, dan dituliskan.<sup>75</sup>

$$P \propto T \quad [V \text{ konstan}]$$

Dari hubungan variabel ini, jika dituliskan dengan sebuah persamaan diperoleh hasil:

$$\frac{P}{T} = \text{konstan} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Hukum Boyle, Charles dan Gay-Lussac sebenarnya hanya merupakan pendekatan yang akurat untuk gas riil sepanjang tekanan dan massa jenis (kerapatan) gas tidak terlalu tinggi, dan gas tidak mendekati kondensasi.

### d. Hukum Gas Ideal

---

<sup>75</sup>*Ibid...*



Hukum 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.<sup>76</sup>

$$PV = CT \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Persamaan (2.16) 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. Dari persamaan (2.16) didapatkan bahwa  $C$  harus bertambah dua kali lipat. Dengan kata lain,  $C$  sebanding dengan jumlah gas, yang dapat dituliskan.<sup>77</sup>

$$C = kN \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan demikian, persamaan(2.17) dapat diubah menjadi:

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

Konstanta  $k$  dinamakan konstanta Boltzmann. Secara eksperimen ditemukan bahwa konstanta ini mempunyai nilai yang sama untuk tiap jenis atau jumlah gas. Dalam sitem SI nilainya adalah  $k = 1,381 \times 10^{-23}$  J/K.<sup>78</sup> Satu

---

<sup>76</sup> Douglas C. Giancoli, *FISIKA*..... hal. 462

<sup>77</sup> Paul A. Tipler, *Fisika*.....,hal. 572-573

<sup>78</sup>*Ibid*

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  $^{12}\text{C}$ . 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.

$$PV = nRT \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Persamaan (2.19) 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.<sup>79</sup>

## 5. Kalor

Kalor merupakan energi yang berpindah karena adanya perbedaan suhu. Dengan kata lain jika ada perbedaan suhu antara dua benda maka akan terjadi perpindahan kalor. Perpindahan kalor pada umumnya lebih mudah diamati jika terjadi kontak langsung antara kedua benda yang berbeda suhu. Benda – benda yang bersuhu lebih rendah dari pada lingkungannya akan menerima kalor dari lingkungan sehingga suhunya mendekati lingkungan. Saat membiarkan es diruang terbuka maka lama kelamaan es akan mencair dan suhunya akan mendekati suhu lingkungan. Kalor mengalir dari suatu benda yang suhunya lebih tinggi ke suhu yang rendah.

---

<sup>79</sup> Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 463

Kalor berhubungan dengan kerja dan energi. Energi yang berpindah dari interaksi antar sistem menyebabkan perubahan suhu disebut panas (*heat*).<sup>80</sup> 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 kilo kalori (kkal), yang besarnya 1000 kalori. Dengan demikian, “1 kkal adalah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 kg air sebesar 1 C<sup>o</sup>”.<sup>81</sup> Kalor adalah energi yang berpindah, maka ada hubungan pasti antara satuan kuantitas panas dan satuan energi kinetic.

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 merupakan “energi yang ditransfer dari satu benda ke yang lainnya karena adanya perbedaan temperatur”.<sup>82</sup>

#### **a. Perbedaan antara Suhu, Kalor, dan Energi Dalam**

Energi termal atau energi dalam yaitu jumlah total dari semua energi pada semua molekul disebuah benda. Kalor bukan merupakan energi yang

---

<sup>80</sup> Young dan Freedman, *Fisika Universitas...*, h. 467

<sup>81</sup> Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 489

<sup>82</sup> *Ibid.*, h. 490

dimiliki sebuah benda, melainkan mengacu ke jumlah energi yang ditransfer dari satu benda ke benda yang lainnya pada temperatur yang berbeda.<sup>83</sup>

Berdasarkan teori kinetik gas, terdapat perbedaan yang jelas antara suhu, kalor, dan energi dalam. Suhu (dalam Kelvin) merupakan pengukuran dari energi kinetik rata-rata dari molekul secara individu. Energi termal dan energi dalam mengacu pada energi total dari semua molekul pada benda. Arah aliran kalor di antara kedua benda bergantung pada suhu benda tersebut, bukan pada berapa banyak energi dalam yang dimiliki masing-masing.<sup>84</sup>

### **b. Energi Dalam Gas Ideal**

Energi termal atau energi dalam  $U$ , mengacu pada energi total semua molekul pada benda. Untuk gas monoatomik ideal :

$$U = \frac{3}{2}NKT = \frac{3}{2} nRT \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan  $n$  adalah jumlah mol. Dengan demikian, energi dalam sebuah gas ideal hanya bergantung pada temperatur dan jumlah mol gas.<sup>85</sup>

### **c. 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 dituliskan.<sup>86</sup> Jika kalor diberikan pada suatu benda maka temperaturnya akan naik.

---

<sup>83</sup>Dauglas C. Giancoli, *FISIKA...*, h. 491

<sup>84</sup>*Ibid...*

<sup>85</sup>*Ibid...*h. 491-492

<sup>86</sup>Dauglas C. Giancoli,.....h.491

$$Q = mc \Delta T \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan  $Q$  adalah kalor yang diserap atau dikeluarkan (J),  $\Delta T$  adalah penambahan atau pengurangan suhu (K), dan  $m$  adalah massa zat (kg). Pada tabel 2.6 memberikan nilai kalor jenis untuk berbagai zat pada 20°C. Sampai dengan batas tertentu nilai  $c$  bergantung pada temperatur, tetapi untuk perubahan temperatur yang tidak terlalu besar  $c$  akan dianggap konstan. Berikut tabel 2.6 mengenai kalor jenis berbagai zat.

**Tabel 2.6 Kalor Jenis untuk Berbagai Jenis Zat  
(pada tekanan konstan 1 atm dan 20°C)<sup>87</sup>**

Zat	Kalor Jenis, $c$	
	kcal/kg.C <sup>o</sup>	J/kg.C <sup>o</sup>
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

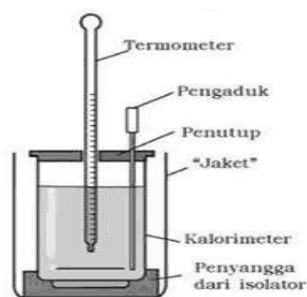
#### d. Kalorimetri

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

---

<sup>87</sup> *Ibid* ...h. 492

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.<sup>88</sup>



**Gambar 2.14 Kalorimeter**

Gambar 2.14 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.

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. Dengan cara yang sama jika  $T_{ia}$  adalah

---

<sup>88</sup> Tipler, *Fisika ...*, h. 601

suhu awal air dan wadahnya, dan  $T_f$  adalah suhu akhirnya (suhu akhir benda dan air adalah sama, karena keduanya dalam keadaan setimbang).

Dengan  $m_a$  dan  $c_a = 4,18$  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.

$$Q_{\text{keluar}} = Q_{\text{masuk}}$$

$$m c (T_{i0} - T_f) = m_a c_a (T_f - T_{ia}) + m_w c_w (T_f - T_{ia}) \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

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.

#### e. Kalor Laten

Kalor laten merupakan 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.<sup>89</sup>

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

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

---

<sup>89</sup> 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.<sup>90</sup> Tabel 2.7 memberikan kalor laten peleburan dan penguapan pada 1 atm untuk berbagai zat.

**Tabel 2.7 Kalor Laten (pada 1 atm)<sup>91</sup>**

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 alcohol	-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	$23 \times 10^5$
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	$48 \times 10^5$
Nilai-nilai numerik dalam kkal/kg sama dengan kal/g						

## 6. Perpindahan Kalor

Benda panas jika disentuhkan dengan benda dingin, tak lama kemudian suhu benda panas turun sedangkan suhu benda dingin naik. Hal ini terjadi karena benda panas memberikan kalor kepada benda dingin. Kalor berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya

<sup>90</sup>Dauglas C. Giancoli,....h. 497

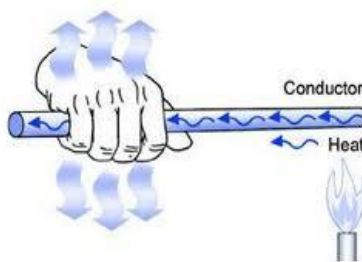
<sup>91</sup> *Ibid*... h. 494



rendah. Energi kalor ditransfer dari satu tempat ke tempat lain melalui tiga proses, yaitu; konduksi, konveksi, dan radiasi.

#### a) **Konduksi**

Proses perpindahan kalor secara konduksi adalah perpindahan kalor melalui suatu zat tanpa disertai perpindahan partikel zat tersebut. Konduksi adalah energi kalor ditransfer lewat interaksi antara atom-atom atau molekul, walaupun atom-atom atau molekulnya sendiri tidak berpindah<sup>92</sup>. Jadi konduksi adalah proses perpindahan kalor yang ditandai dari tumbukan molekul-molekul tanpa disertai perpindahan partikel.



**Gambar: 2.15 Partikel zat yang dipanaskan**

Gambar 2.15 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).

<sup>92</sup>Young dan Freedman, *Fisika Universitas*...., hal. 475

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:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan  $H$  adalah laju kalor konduksi (J/s atau Watt),  $k$  adalah koefisien konduktifitas (J / (s.m.K),  $A$  adalah luas permukaan benda ( $m^2$ ),  $T_1$  dan  $T_2$  adalah suhu benda (K), dan  $l$  adalah ketebalan (m).

#### **b) Konveksi**

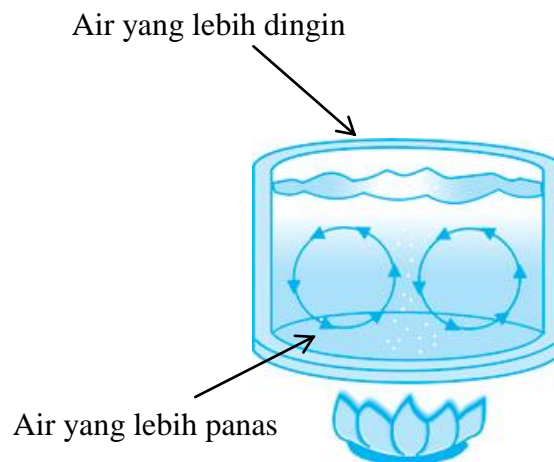
Perpindahan kalor secara konveksi adalah proses perpindahan kalor disertai dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat yang lain.<sup>93</sup> Air yang diberi zat warna (kristal kalium permanganat) dipanasi, massa jenis air pada bagian itu menjadi lebih kecil karena memuai, sehingga air bergerak naik ke atas dan tempatnya digantikan oleh air dingin yang massa jenisnya lebih besar. Konveksi (*convection*) adalah transfer energi dengan cara perpindahan massa menempuh jarak yang cukup jauh.<sup>94</sup> Jadi, konveksi adalah perpindahan kalor yang dilakukan oleh pergerakan fluida akibat perpindahan massa jenis dari satu daerah ruang ke daerah lainnya.

Berikut gambar 2.16 peristiwa perpindahan kalor secara konveksi :

---

<sup>93</sup>Douglas. C. Giancoli, *Fisika Edisi*, hal. 504

<sup>94</sup>Ibid...



**Gambar 2.16** Peristiwa perpindahan kalor secara konveksi

Gambar 2.16 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.<sup>95</sup>

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

$$\frac{Q}{t} = hA\Delta T \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan  $Q/t$  adalah kelajuan kalor ( $\text{Js}^{-1}$ ),  $h$  adalah koefesien konveksi ( $\text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ),  $A$  adalah luas permukaan ( $\text{m}^2$ ), dan  $\Delta T$  adalah perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ). Dimana  $h$  adalah koefesien konveksi dengan nilai yang bergantung

<sup>95</sup> Young dan Freedman, *Fisika Universitas...*, h. 478

pada bentuk dan kedudukan permukaan, yaitu tegak, miring, mendatar, menghadap ke bawah atau menghadap ke atas. Nilai  $h$  merupakan percobaan.

### c) Radiasi

Radiasi (*radiation*) adalah perpindahan panas oleh gelombang elektromagnetik.<sup>96</sup> 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,  $e$ .<sup>97</sup>

Laju radiasi energi dapat dirumuskan secara matematis sebagai berikut:

$$H = \frac{dQ}{dt} = Ae\sigma T^4 \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

Dengan  $H$  adalah laju kalor konduksi (J/s atau Watt),  $A$  adalah luas permukaan benda ( $m^2$ ),  $e$  adalah emisivitas warna benda,  $\sigma$  adalah konstanta Stefan-Boltzman ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}_4$ ), dan  $T^4$  adalah suhu mutlak benda (K). Gambar 2.17 merupakan contoh dari peristiwa perpindahan panas secara radiasi.

---

<sup>96</sup>*Ibid...*

<sup>97</sup> Douglas C. Diancoli..... h. 507



**Gambar 3.24** Panas matahari dapat sampai ke bumi tanpa melalui zat perantara.



### **Gambar 2.17 Contoh peristiwa Radiasi**

Gambar 2.17 merupakan peristiwa radiasi, dimana sinar matahari yang langsung menyinari ke bumi dan kita dapat merasakan panas matahari.