



**IDENTIFIKASI MISKONSEPSI MENGGUNAKAN
TES DIAGNOSTIK ESAI UNTUK SISWA KELAS XI
MIA SMA NEGERI 2 KUDUS PADA POKOK
BAHASAN SUHU DAN KALOR**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Fisika

oleh

Hestining Ajeng Permatasari
4201412110

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2016



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

Identifikasi Miskonsepsi Menggunakan Tes Diagnostik Esai Untuk Siswa Kelas XI MIA SMA Negeri 2 Kudus pada Pokok Bahasan Suhu dan Kalor

disusun oleh

Hestining Ajeng Permatasari

4201412110

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 26 Mei 2016.



Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP. 196807141996031005

Penguji Utama

Dr. Khumaedi, M.Si.
NIP. 196306101989011002

Anggota Penguji/

Dosen Pembimbing I

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP. 196807141996031005

Anggota Penguji/

Dosen Pembimbing II

Drs. Hadi Susanto, M.Si.
NIP. 195308031980031003

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- ❖ Tidak ada yang tidak mungkin jika kita mau berusaha
- ❖ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhan-mulah hendaknya kamu berharap. (QS. Al-Insyirah: 6-8)

PERSEMBAHAN

- Untuk Papa, Mama, Mas Dika, dan Mbak Hayu, terimakasih atas iringan doa dan dukungannya.
- Untuk keluarga dan orang-orang terdekat yang saya sayangi.
- Untuk sahabat-sahabatku seperjuangan (Pendidikan Fisika 2012, KKN Kuningan 2015, PPL SMA 2 Kudus 2015, dan Raemzy Kos) yang selalu mendukung.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Identifikasi Miskonsepsi Menggunakan Tes Diagnostik Esai Untuk Siswa Kelas XI MIA SMA Negeri 2 Kudus pada Pokok Bahasan Suhu dan Kalor. Banyak pihak terlibat yang selalu memberikan dukungan, motivasi, inspirasi, petunjuk serta bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si.,Akt., Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang sekaligus Dosen Pembimbing I.
4. Drs. Hadi Susanto, M.Si., dosen pembimbing II yang tak henti-hentinya memberikan bimbingan, arahan, saran, dan motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Khumaedi, M.Si., penguji skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan serta saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Prof. Dr. Ani Rusilowati, M.Pd., Dosen Wali yang memberikan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
7. Drs. H. Sri Haryoko, Kepala SMA Negeri 2 Kudus yang telah memberikan ijin penelitian.
8. Kusmanto, S.Pd., guru Fisika kelas XI dan Bapak Ibu guru beserta staff SMA Negeri 2 Kudus yang memberikan fasilitas dan dukungan selama penelitian.

9. Seluruh siswa kelas XI MIA 1 dan XI MIA 3 SMA Negeri 2 Kudus yang telah berkenan untuk menjadi subjek penelitian ini.
10. Kedua orang tua, kedua kakakku tersayang dan keluarga tercinta yang selalu memberi motivasi, doa, dan dukungan dengan tulus.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan pada kesempatan lain. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Semarang, Mei 2016

Penulis



ABSTRAK

Permatasari, Hestining Ajeng. 2016. *Identifikasi Miskonsepsi dengan Menggunakan Tes Diagnostik Esai pada Pokok Bahasan Suhu dan Kalor untuk Siswa Kelas XI MIA SMA Negeri 2 Kudus*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Suharto Linuwih, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Hadi Susanto, M.Si.

Kata kunci: miskonsepsi, tes diagnostik, suhu dan kalor.

Dalam dunia pendidikan sekarang ini, khususnya pada mata pelajaran fisika banyak ditemukan permasalahan-permasalahan yang terjadi pada siswa berkaitan dengan pemahaman terhadap materi yang disampaikan. Seperti contohnya, siswa tidak dapat memahami dengan baik materi tersebut dan siswa menggunakan konsep yang tidak sesuai dengan konsep para fisikawan dalam menyelesaikan persoalan yang diberikan atau dengan kata lain siswa tersebut mengalami miskonsepsi. Sehingga untuk mengurangi permasalahan-permasalahan tersebut, perlu dilakukan tindakan awal berupa pengidentifikasian kesalahan konsep yang dialami siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa kelas XI MIA SMA Negeri 2 Kudus pada konsep suhu dan kalor. Pengambilan sampel dengan menggunakan teknik *custom random sampling*. Sampel dalam penelitian ini terdiri dari 51 siswa. Miskonsepsi ini diidentifikasi dengan menggunakan *Certainty of Response Index (CRI)*. Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes diagnostik berbentuk esai disertai dengan CRI dan wawancara klinis. Tes esai digunakan untuk mengetahui pemahaman dan miskonsepsi yang ada pada siswa, sedangkan wawancara klinis digunakan untuk mengetahui pemahaman dan miskonsepsi pada siswa secara mendalam. Berdasarkan hasil penelitian, dari 51 siswa yang menjadi sampel penelitian sebanyak 39,2% mengalami miskonsepsi pada konsep suhu dan termometer, 35,3% mengalami miskonsepsi pada konsep pemuai, 50% pada konsep kalor perubahan wujud zat, serta sebanyak 39% mengalami miskonsepsi pada konsep suhu dan perpindahan kalor. Berdasarkan tes tertulis dan wawancara terhadap beberapa siswa yang telah dilakukan, peneliti dapat menarik simpulan bahwa kemampuan menjawab siswa dipengaruhi oleh pengetahuan dan pola pikir masing-masing siswa. Peneliti tidak menemukan jawaban yang melenceng jauh dari materi suhu dan kalor. Jawaban siswa yang salah terjadi karena pengetahuan siswa masih terbatas, sehingga siswa tidak dapat mengungkapkan konsep berpikirnya dalam jawaban dan siswa juga tidak dapat mengaplikasikannya.

ABSTRACT

Permatasari, Hestining Ajeng. 2016. Identification of Misconception by Using Essay Diagnostic Test on Temperature and Heat Highlights for 11th grade student in 2 Kudus Senior High School. Final Project. Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Semarang. Top Supervisor Dr. Suharto Linuwih, M.Si. and Supervising Companion Drs. Hadi Susanto, M.Si.

Keywords: misconception, diagnostic test, heat and temperature.

In the world of education, particularly on the subjects of physics are found problems that occur in students with regard to the understanding of the material presented. For example, students can't understand the material well and the students use a concept that is incompatible with the concept of physicists in solving the problem given, or in other words, the student is experiencing misconceptions. So as to reduce these problems, early action needs to be identifying misconceptions experienced by students. This study aims to identify misconceptions of 11th grade student in 2 Kudus Senior High School on the concept of temperature and heat. Sampling using custom random technique. The sample in this study consisted of 51 students. These misconceptions were identified by using *Certainty of Response Index* (CRI). The research instrument used in the form of diagnostic tests, in the form of essays accompanied by CRI and clinical interviews. An essay test is used to determine the understanding and misconceptions that exist in the students, while the clinical interview is used to determine the students' understanding and misconceptions in depth. Based on the results of the study, from 51 students in the research samples as much as 39.2% had misconceptions on the concept of temperature and a thermometer, 35.3% had misconceptions on the concept of expansion, 50% on the concept of phase transition heat, and as much as 39% had misconceptions on the concept of temperature and heat transfer. Based on the written test and interview with several students who have already done, researchers can draw the conclusion that the ability to answer the students affected by the knowledge and mindset of each student. Researchers did not find the answers that strayed far from the material temperature and heat. The student answer went wrong because the student's knowledge is still limited, so students can't express the concept of thinking in the answers and students can not apply.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB	
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Pembatasan Masalah	5
1.6 Penegasan Istilah.....	5
1.6 Sistematika Skripsi.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Tinjauan Mengenai Konsep	9
2.2 Tinjauan Mengenai Konsepsi	9
2.3 Tinjauan Mengenai Faktor-faktor Pembentuk Konsepsi	10

2.4 Tinjauan Mengenai Perubahan Konsepsi	14
2.5 Tinjauan Mengenai Miskonsepsi	15
2.6 Tinjauan Mengenai Metode Penelusuran Miskonsepsi	16
2.7 Tinjauan Mengenai Tes Diagnostik	17
2.8 Tinjauan Mengenai Konsep Suhu dan Kalor	18
3. METODE PENELITIAN.....	48
3.1 Penentuan Subjek Penelitian	48
3.2 Desain Penelitian	48
3.3 Prosedur Penelitian.....	51
3.4 Jenis Penelitian.....	51
3.5 Metode Pengumpulan Data	52
3.6 Instrumen Penelitian.....	53
3.7 Analisis Data	55
4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	72
4.1 Hasil Penelitian	72
4.2 Pembahasan	119
4.3 Keterbatasan Penelitian.....	125
5. PENUTUP.....	127
5.1 Simpulan.....	127
5.2 Saran.....	128
DAFTAR PUSTAKA.....	129
LAMPIRAN.....	131

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Koefisien Muai berbagai Zat Padat Suhu Kamar	27
2.2 Titik lebur, Titik didih, Kalor Lebur, dan Kalor Didih Berbagai Zat	37
2.3 Kalor Jenis Berbagai Zat (pada 20°C dan tekanan tetap 1 atm)	41
3.1 Tabel Tingkat Keyakinan Berdasarkan Skala <i>CRI</i>	54
3.2 Hasil Validasi Instrumen Tes Diagnostik oleh Dosen Fisika UNNES	55
3.3 Hasil Validasi Instrumen Tes Diagnostik oleh Guru Fisika Kelas X	57
3.4 Hasil Validasi Instrumen Tes Diagnostik oleh Guru Fisika Kelas XI	59
3.5 Interpretasi terhadap Reliabilitas	62
3.6 Kriteria Indeks Kesukaran Soal	63
3.7 Hasil Analisis Indeks Kesukaran Instrumen Uji Coba Soal	64
3.8 Klasifikasi Daya Pembeda Soal	64
3.9 Hasil Analisis Daya Pembeda	65
3.10 Analisis Hasil Uji Coba Tiap Butir Soal	65
3.11 Pedoman Penskoran Hasil Tes	67
3.12 Pengelompokkan Derajat Pemahaman Konsep	68
4.1 Daftar Miskonsepsi-miskonsepsi yang Teridentifikasi	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Diagram Perubahan Wujud Zat	36
2.2 Diagram Perubahan Kalor Benda	42
3.1 Diagram Desain Penelitian	50
4.1 Perbandingan Tingkat Pemahaman Miskonsepsi kelas XI MIA 1	72
4.2 Perbandingan Tingkat Pemahaman Miskonsepsi kelas XI MIA 3	73
4.3 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi Materi Suhu dan Kalor	74
4.4 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 1a	77
4.5 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 1b	79
4.6 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 1c	81
4.7 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 1d	82
4.8 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 2a	84
4.9 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 2b	85
4.10 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 2c	87
4.11 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 2d	88
4.12 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 3a	90
4.13 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 3b	92
4.14 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 3c	93
4.15 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 3d	94
4.16 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 4a	96
4.17 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 4b	97

4.18 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 4c 99



4.19 Prosentase Tingkat Pemahaman Miskonsepsi pada soal nomor 4d 100



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1: Daftar Hadir Peserta Uji Coba Soal	132
Lampiran 2: Daftar Hadir Peserta Penelitian Tes Tertulis	134
Lampiran 3: Daftar Hadir Peserta Penelitian Wawancara Klinis	138
Lampiran 4: Soal Uji Coba	139
Lampiran 5: Hasil Analisis Uji Coba Soal	153
Lampiran 6: Kisi-kisi Soal Terpilih	154
Lampiran 7: Soal Terpilih	156
Lampiran 8: Angket Validasi Kelayakan Soal Terpilih	168
Lampiran 9: Data Perolehan Skor Berdasarkan Tingkat CRI	186
Lampiran 10: Hasil Analisis Data Tingkat Pemahaman	189
Lampiran 11: Data Kategori Tingkat Pemahaman	195
Lampiran 12: Rubrik Penskoran Jawaban Instrumen	198
Lampiran 13: Data Miskonsepsi yang Teridentifikasi	208
Lampiran 14: Pedoman Wawancara Klinis	250
Lampiran 15: Data Responden Wawancara	257
Lampiran 16: Hasil Wawancara Klinis	258
Lampiran 17: Surat Ijin Observasi	273
Lampiran 18: Surat Ijin Penelitian	274
Lampiran 19: Surat Keterangan Penelitian	275

Lampiran 20: Surat Penetapan Dosen Pembimbing	276
Lampiran 21: Dokumentasi Kegiatan	277



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sains merupakan cara mencari tahu tentang alam sekitar secara sistematis. Belajar sains tidak cukup hanya menghafal materinya saja tetapi juga harus dapat memahami konsep – konsep di dalamnya (Sochibin dkk., 2009). Fisika yang merupakan salah satu cabang dari ilmu sains yang memerlukan tingkat pemahaman konsep yang tinggi. Sudah menjadi pemahaman bersama di kalangan pendidik bahwa fisika adalah pelajaran yang dianggap sulit bagi sebagian besar siswa, lebih sulit daripada matematika (Yusup, 2012). Karena tidak hanya dibutuhkan penguasaan matematis namun juga harus memahami konsepnya.

Berhasil atau tidaknya siswa dalam pelajaran fisika tergantung pada pemahaman konsep yang dimilikinya. Apabila pemahaman konsep siswa terhadap materi dalam pelajaran fisika sudah benar, maka siswa tersebut dapat menyelesaikan persoalan-persoalan tentang materi tersebut dengan mudah. Sebaliknya apabila siswa salah atau keliru dalam memahami suatu konsep dalam pelajaran fisika, maka siswa tersebut akan mengalami kesulitan dalam memecahkan masalah tentang materi tersebut. Penelitian tentang perubahan konseptual mengasumsikan bahwa siswa masuk kelas dengan membawa konsepsi sebelumnya (Aufschnaiter & Rogge, 2010). Oleh karena itu tingkat pemahaman konsep dalam fisika sangatlah penting bagi siswa. Bagi seorang guru juga harus bisa menyampaikan konsep – konsep dasar secara benar dan membantu siswa dalam menghubungkan antarkonsep serta pandai memilih pendekatan

pembelajaran untuk mengurangi miskonsepsi fisika yang dialami oleh para siswa (Mosik & Maulana., 2010).

Mata pelajaran fisika adalah salah satu mata pelajaran sains yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir analitis deduktif dengan menggunakan berbagai peristiwa alam dan penyelesaian masalah baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif dengan menggunakan matematika serta dapat mengembangkan pengetahuan, keterampilan dan sikap percaya diri. Untuk memperoleh hasil belajar yang baik dalam fisika, siswa seharusnya dapat mengembangkan kemampuan berpikirnya dan tidak hanya sekedar menghafal pelajaran, tetapi dalam pembelajaran siswa mampu memahami konsep-konsep yang diajarkan sehingga siswa dapat memecahkan dan mencari solusi dari suatu persoalan.

Suhu dan kalor merupakan salah satu materi yang diajarkan di SMP dan SMA. Kurikulum SMA menunjukkan bahwa suhu dan kalor merupakan suatu materi yang dipelajari di kelas X dimana pokok bahasannya adalah suhu dan termometer, pemuai, kalor, perubahan wujud, kalor jenis dan perpindahan kalor. Materi ini menjadi dasar bagi siswa yang akan mempelajari termodinamika dan teori kinetik gas di kelas XI. Materi ini sebelumnya pernah dibahas di SMP sehingga siswa sudah memiliki konsep tentang suhu dan kalor. Tetapi kenyataannya di lapangan bahwa masih banyak siswa mengalami kesulitan dalam memecahkan persoalan yang berhubungan dengan materi tersebut.

Berdasarkan observasi di SMA Negeri 2 Kudus diketahui bahwa masih banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami fisika. Daya serap siswa yang berbeda – beda terhadap materi fisika yang disampaikan oleh guru menyebabkan adanya miskonsepsi dalam fisika. Padahal tingkat pemahaman

konsep sangatlah penting dalam pembelajaran fisika. Terutama pada materi suhu dan kalor, dimana dalam materi tersebut terdapat banyak konsep – konsep yang penting untuk dipahami karena berkaitan dengan peristiwa-peristiwa yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Tes diagnostik adalah tes yang dilakukan untuk mendiagnosis masalah belajar yang dialami siswa misalnya masalah yang terkait dengan pemahaman konsep. Selain berfungsi untuk mendiagnosis siswa tes ini juga bermanfaat bagi pendidik salah satunya pendidik dapat merencanakan tindakan berupa upaya pemecahan sesuai masalah yang telah teridentifikasi.

Setelah melakukan tes ini kelemahan konsep siswa teridentifikasi dan pendidik dapat melakukan tindakan perbaikan sebagai tindakan lanjutan. Tindakan perbaikan yang dilakukan oleh pendidik diharapkan dapat mengarahkan siswa untuk memperkuat konsep yang belum dikuasai dan tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal. Berdasarkan penjelasan pada paragraf sebelumnya maka dapat diasumsikan bahwa tes diagnostik dapat mengidentifikasi permasalahan belajar yang dialami oleh siswa terkait permasalahan yang berhubungan dengan pemahaman konsep.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti mengambil judul “**IDENTIFIKASI MISKONSEPSI MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK ESAI UNTUK SISWA KELAS XI MIA SMA NEGERI 2 KUDUS PADA POKOK BAHASAN SUHU DAN KALOR**”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diajukan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: apa sajakah bentuk-bentuk miskonsepsi yang terjadi

pada siswa kelas XI MIA SMA Negeri 2 Kudus untuk pokok bahasan suhu dan kalor?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi adanya miskonsepsi yang terjadi pada siswa kelas XI MIA SMA Negeri 2 Kudus pada pokok bahasan suhu dan kalor.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi siswa, dengan adanya penelitian ini, maka diharapkan siswa dapat mengurangi miskonsepsi yang terjadi, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar.
2. Bagi guru, dengan adanya penelitian ini, maka dapat digunakan acuan untuk mengukur tingkat miskonsepsi siswa sehingga guru dapat memberikan pembelajaran yang benar dan guru dapat mengurangi miskonsepsi yang terjadi.
3. Bagi peneliti, menambah pengalaman menulis dan pengetahuan tentang berbagai miskonsepsi yang sering terjadi pada pokok bahasan suhu dan kalor pada siswa SMA Negeri 2 Kudus.
4. Bagi sekolah, memberikan kontribusi yang baik dalam rangka perbaikan proses pembelajaran guna meningkatkan hasil belajar siswa.

1.5 Pembatasan Masalah

Untuk menghindari adanya kesalahan penafsiran terhadap permasalahan penelitian ini, maka perlu diperhatikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini yang dikaji adalah identifikasi miskonsepsi pada materi suhu dan kalor terhadap siswa kelas XI MIA SMA Negeri 2 Kudus tahun pelajaran 2015/2016.
2. Dalam penelitian ini instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi adalah tes diagnostik berbentuk esai dengan alasan terbuka.

1.6 Penegasan Istilah

Agar tidak terjadi kesalahfahaman dalam menafsirkan istilah, maka perlu diberikan penegasan istilah sebagai berikut:

1.6.1 Konsep

Berdasarkan KBBI, konsep merupakan ide atau pengertian yang diabstrakkan dari peristiwa konkrit. Tayubi (2005) menyatakan bahwa konsep adalah benda – benda, kejadian – kejadian, situasi – situasi, atau ciri- ciri yang memiliki ciri – ciri khas yang terwakili dalam setiap budaya oleh suatu tanda atau simbol (*objects, events, situations, or properties that possess common critical attributes and are designated in any given culture by some accepted sign or symbol*).

1.6.2 Konsepsi

Konsepsi dapat didefinisikan sebagai tafsiran perorangan atau individu terhadap suatu konsep (Berg, 1991:10). Karena konsep merupakan abstraksi dan karakteristik khusus suatu kejadian maka konsepsi setiap orang berbeda-beda,

maka konsepsi ini tergantung pada pengalaman yang terjadi pada seseorang tersebut.

1.6.3 Miskonsepsi

Miskonsepsi merupakan suatu kesalahan konsepsi seseorang terhadap konsep tertentu yang benar. Biasanya miskonsepsi muncul sebagai konsep tunggal pada pemikiran seseorang yang sangat kuat, sehingga miskonsepsi pada pemikiran seseorang cukup sulit untuk diperbaiki ke dalam konsep yang sebenarnya.

Menurut Berg (1991:10) memang konsepsi siswa selalu berbeda dengan konsepsi fisikawan. Konsepsi fisikawan pada umumnya akan lebih canggih, lebih kompleks, lebih rumit, melibatkan lebih banyak hubungan antarkonsep daripada konsepsi siswa. Kalau konsepsi siswa adalah sama dengan konsepsi fisikawan yang disederhanakan, konsepsi siswa tidak dapat disebut salah. Tetapi kalau konsepsi siswa bertentangan dengan konsepsi para fisikawan, maka disebut dengan miskonsepsi.

1.6.4 Perubahan Konseptual

Perubahan konseptual merupakan perubahan pemikiran pada diri seseorang dari konsepsi yang salah menuju konsepsi yang benar. Konsepsi yang salah ini merupakan suatu konsep pada pemikiran seseorang yang tidak sesuai dengan para ahli. Vosniadou (1994) mengatakan bahwa perubahan konsep memerlukan beberapa informasi baru yang lebih sederhana, berupa struktur konsep.

1.6.5 Tes Diagnostik

Tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa sehingga berdasarkan kelemahan-kelemahan tersebut dapat

dilakukan pemberian pemberlakuan yang tepat. Sehingga tes diagnostik adalah tes yang dilakukan untuk menentukan secara tepat jenis kesukaran yang dihadapi oleh para peserta didik dalam suatu mata pelajaran tertentu.

1.6.6 Suhu dan Kalor

Sesuai dengan kurikulum SMA tahun 2013, suhu dan kalor merupakan materi yang diajarkan di kelas X pada semester genap. Materi suhu dengan sub materi suhu dan perubahannya terdapat pada bab 7 dan materi kalor dengan sub materi kalor dan perpindahan kalor terdapat pada bab 8. Pada penelitian ini materi yang digunakan mencakup beberapa indikator yaitu, (1) mengetahui definisi suhu dan termometer, (2) memahami skala suhu pada termometer, (3) memahami dan menjelaskan peristiwa pemuain, (4) memahami kalor dan perubahan suhu serta perpindahan kalor.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Susunan skripsi terdiri atas tiga bagian yaitu bagian pendahuluan, bagian isi dan bagian akhir skripsi.

1. Bagian Pendahuluan

Bagian pendahuluan skripsi ini berisi halaman judul, persetujuan pembimbing, pengesahan, motto dan persembahan, abstrak, prakata, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

2. Bagian isi

Bagian isi terdiri dari lima bab yakni sebagai berikut:

Bab 1 : Pendahuluan, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, penegasan istilah dan sistematika penulisan skripsi.

Bab 2 : Tinjauan Pustaka, berisi tentang teori-teori dan konsep yang mendasari penelitian.

Bab 3 : Metode Penelitian, berisi metode yang digunakan untuk analisis data yang meliputi: metode penentuan subjek penelitian, metode pengumpulan data, penyusunan instrumen penelitian, prosedur penelitian dan metode analisis data.

Bab 4 : Hasil Penelitian dan Pembahasan, berisi hasil-hasil penelitian yang diperoleh yang disertai dengan analisis data serta pembahasannya.

Bab 5 : Penutup, berisi simpulan dari penelitian dan saran-saran.

3. Bagian Akhir Skripsi

Bagian bab akhir skripsi ini berisi daftar pustaka dan lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Mengenai Konsep

Berdasarkan KBBI, konsep merupakan ide atau pengertian yang diabstrakkan dari peristiwa konkrit. Tayubi (2005) menyatakan bahwa konsep adalah benda – benda, kejadian – kejadian, situasi – situasi, atau ciri- ciri yang memiliki ciri – ciri khas yang terwakili dalam setiap budaya oleh suatu tanda atau simbol (*objects, events, situations, or properties that possess common critical attributs and are designated in any given culture by some accepted sing or symbol*). Jadi konsep merupakan abstraksi dari ciri – ciri sesuatu yang mempermudah komunikasi antara manusia dan yang memungkinkan manusia berfikir.

Menurut Dahar (2011:62) belajar konsep merupakan hasil utama pendidikan. Konsep merupakan batu pembangun berpikir. Konsep merupakan dasar bagi proses mental yang lebih tinggi untuk merumuskan prinsip dan generalisasi. Untuk memecahkan masalah, seorang siswa harus mengetahui aturan-aturan yang relevan dan aturan-aturan ini didasarkan pada konsep-konsep yang diperolehnya.

2.2 Tinjauan Mengenai Konsepsi

Konsepsi dapat didefinisikan sebagai tafsiran perorangan atau individu terhadap suatu konsep (Berg, 1991:10). Contohnya konsep bola, bola dapat ditafsirkan oleh seorang anak sebagai suatu benda kecil, bulat dan menggelinding.

Tafsiran khas perorangan terhadap suatu konsep ilmu inilah yang disebut sebagai konsepsi. Karena konsep merupakan abstraksi dan karakteristik khusus suatu kejadian maka konsepsi setiap orang berbeda-beda, maka konsepsi ini tergantung pada pengalaman yang terjadi pada seseorang tersebut.

Konsepsi lebih mengarah pada konsep seseorang yang diperoleh setelah menerima dan mengolah informasi baru dalam struktur kognitifnya. Bentuk konsepsi ini tidak hanya diterima setelah menerima pelajaran formal saja, namun berjalan seiring pengalaman yang terjadi pada dirinya. Oleh karena itu, konsepsi tersebut ada yang sesuai dan ada pula yang tidak sesuai dengan konsep-konsep sebagaimana dimaksud oleh ilmuwan.

Konsepsi siswa juga dapat diperikan dengan peta konsepsi (yang tentu menyimpang dari peta konsepsi ilmuwan). Kalau konsepsi siswa adalah sama dengan konsepsi fisikawan yang disederhanakan, konsepsi siswa tidak dapat disebut salah. Tetapi kalau konsepsi siswa bertentangan dengan konsepsi para fisikawan, kita menggunakan istilah miskonsepsi (Berg, 1991:10).

2.3 Tinjauan Mengenai Faktor – Faktor Pembentuk Konsepsi

Faktor-faktor pembentuk konsepsi pada seseorang ada banyak sekali, Linuwih (2011) menyebutkan beberapa faktor yang menyebabkan munculnya konsepsi khususnya konsepsi paralel. Faktor-faktor pembentuk konsepsi tersebut diantaranya :

1. Intuisi Kehidupan Sehari-hari

Intuisi merupakan faktor yang paling umum terjadi pada siswa, karena faktor ini sendiri berdasarkan pada pengalaman sehari-hari. Dalam memahami

konsep fisika, siswa lebih sering terfokus pada pemahaman langsung berdasarkan apa yang dia lihat dan rasakan (penginderaan) tanpa disertai pemahaman dan pemikiran yang lebih mendalam.

Vosniadou (1994) mengungkapkan bahwa pengalaman atau intuisi kehidupan sehari-hari dapat mengganggu pembentukan konsep fisika pada diri siswa. Ozdemir (2004) menyatakan bahwa pengalaman dapat mendukung pembentukan konsep fisika dalam pemikiran siswa.

2. Pembelajaran

Aliran-aliran dalam proses pembelajaran sangat erat kaitannya dengan hasil dalam pembelajaran. Banyak sekali aliran dalam proses pembelajaran, salah satunya adalah aliran konstruktivisme.

Konstruktivisme memandang bahwa pembelajaran merupakan suatu proses membangun pengetahuan yang dilakukan masing-masing individu. Dalam pembelajaran akan terjadi interaksi antara apa yang sedang diajarkan dengan apa yang telah individu ketahui. Faktor pengalaman yang berupa pengetahuan dan keyakinan individu tentang suatu konsep yang dibawa ke dalam pembelajaran, cenderung akan membentuk konsepsi alternatif. Pembelajaran dipandang sebagai proses perubahan konsep dari konsepsi awal menjadi konsepsi akhir (Suratno, 2008).

Proses pembelajaran yang tidak sesuai dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah juga menjadi faktor terjadinya konsepsi alternatif. Ketika belajar fisika kebanyakan siswa hanya terfokus pada pemahaman yang terbatas, sehingga siswa akan mengalami kesulitan dalam memahami konsep fisika secara menyeluruh. Konsep fisika siswa yang masih terfragmentasi atau tidak utuh merupakan salah

satu penyebab terjadinya kesalahan konsepsi. Siswa biasanya memahami konsep berdasarkan contoh soal maupun contoh dari guru pada saat pembelajaran yang sebelumnya. Dalam mengerjakan soal-soal siswa lebih sering menggunakan rumus-rumus jadi atau cara cepat yang biasanya menggunakan prosedur diketahui, ditanyakan dan dijawab.

Konsepsi paralel karena faktor pembelajaran dapat teramati ketika siswa menjawab berdasarkan pembelajaran sebelumnya, baik berupa hasil dari contoh soal dan pembahasan maupun contoh dari pengajar pada pembelajaran yang telah lalu.

3. Buku Teks

Buku teks pelajaran dari pengarang yang berbeda dan isi yang berbeda, dapat menyebabkan terjadinya kesalahan konsepsi pada diri siswa. Perbedaan ini biasanya banyak terjadi pada buku terjemahan. Kesalahan penerjemahan merupakan salah satu penyebabnya. Apabila pada saat wawancara siswa mengemukakan pendapat atau konsepsi yang dia miliki berdasarkan buku yang dia baca, maka dapat disimpulkan bahwa penyebab dari konsepsi alternatif adalah berasal dari faktor buku teks yang dijadikan acuan dalam proses belajar mengajar.

4. Pengetahuan sebagai Serpihan yang Terpisah-pisah

Linuwih & Setiawan (2010) menyatakan bahwa sebagian siswa dalam belajar fisika lebih memfokuskan bagaimana cara menyelesaikan soal dibandingkan memahami konsep persoalan secara detail. Oleh karena itu, menurut Linuwih & Setiawan (2010) konsep fisika yang dimiliki siswa terfragmentasi.

Pengetahuan yang dimiliki siswa berasal dari berbagai hal, seperti pengalaman kehidupan sehari-hari maupun pengalaman dalam mengerjakan soal.

Terkadang pengetahuan yang dimiliki memberikan dua penjelasan konsep yang berbeda, yang menunjukkan adanya faktor pengetahuan yang terpisah-pisah. Pada penelitian faktor ini akan jelas terlihat pada saat wawancara, yaitu jika siswa memberikan penjelasan tentang suatu konsep dengan dua cara yang berbeda dan bertentangan.

5. Pengetahuan sebagai Struktur Teoritis

Vosniadou (1994) menyatakan bahwa permasalahan baru pada diri siswa harus ditempatkan dalam sebuah kerangka teoritis (kerangka kerja). Teori kerangka ini harus diselaraskan dengan struktur atau desain pembelajaran yang digunakan pada saat proses belajar mengajar.

Kerangka kerja atau kerangka teoritis berhubungan langsung dengan klasifikasi berpikir siswa pada suatu konsep. Apabila dalam wawancara siswa menjelaskan suatu konsep secara teoritis berdasarkan pada konsep tertentu yang menghasilkan konsepsi alternatif, maka dapat disimpulkan bahwa kerangka kerja atau kerangka teoritis merupakan faktor penyebab konsepsi paralel. Selain itu, jika siswa dengan asumsi awal yang benar namun dalam penafsirannya terjadi pengembangan teori yang tidak sesuai dengan teori ilmiah, maka siswa masih memiliki konsepsi alternatif.

6. Apresiasi Konseptual

Apresiasi konseptual terjadi apabila seseorang berusaha mengembangkan sendiri konsep yang telah dia peroleh. Linuwih (2011) menyatakan bahwa faktor apresiasi konseptual terjadi karena siswa menyelesaikan persoalan secara singkat atau praktis, berdasarkan konsepsi yang memang sudah diyakini kebenarannya tanpa memahami soal secara keseluruhan. Apabila dalam wawancara siswa

mencoba menyelesaikan persoalan secara praktis, maka dapat dikatakan jika siswa tersebut mengalami konsepsi paralel karena faktor apresiasi konseptual.

7. Pemahaman Kurang Mendalam

Linuwih (2011) mengungkapkan bahwa ada salah satu faktor lagi yang menyebabkan terjadinya konsepsi alternatif pada siswa, yaitu faktor kemalasan. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa terdapat beberapa siswa yang tidak mau berpikir lebih mendalam lagi dalam menyelesaikan persoalan fisika. Pemahaman yang kurang mendalam dapat terjadi ketika siswa tidak dapat menjelaskan konsep tertentu. Siswa tidak dapat menjelaskan, karena siswa mengalami kebingungan mengenai materi yang bersangkutan.

2.4 Tinjauan Mengenai Perubahan Konsepsi

Ruhf (2003) mengatakan bahwa pergantian pengetahuan yang tengah dimiliki oleh seseorang dengan pengetahuan baru yang lain disebut dengan perubahan konsepsi (*conceptual change*). Perubahan konsep seseorang berkaitan dengan prinsip-prinsip konstruktivisme.

Perubahan konsep merupakan analogi dari perubahan paradigma dalam perkembangan sains secara umum. Seperti yang dijelaskan oleh Posner, *et al* (1982) bahwa tahap pertama perubahan konsep itu disebut asimilasi dan tahap kedua disebut akomodasi. Siswa menggunakan konsep-konsep yang telah mereka punya untuk berhadapan dengan fenomena baru melalui asimilasi. Siswa mengubah konsepnya yang tidak sesuai dengan fenomena baru yang mereka hadapi tersebut melalui proses akomodasi. Akomodasi dalam hal ini disebut juga dengan perubahan konsep secara radikal.

Yang dimaksud dengan paradigma adalah suatu skema konseptual dengan mana para ilmuwan dalam suatu disiplin tertentu memandang persoalan dalam bidang mereka. Persoalan yang dapat diteliti dan metode-metode yang digunakan untuk memecahkan persoalan dalam bidang sains terutama ditentukan oleh paradigma para ilmuwan yang relevan (Suparno, 2013:84).

2.5 Tinjauan Mengenai Miskonsepsi

Miskonsepsi atau salah konsep menunjuk pada salah satu konsep yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah atau pengertian yang diterima oleh para pakar dalam bidang itu (Suparno, 2013:4). Bentuk miskonsepsi dapat berupa konsep awal, kesalahan, hubungan yang tidak benar antara konsep-konsep, gagasan intuitif atau pandangan yang naif. Miskonsepsi pada siswa yang muncul secara terus menerus dapat mengganggu pembentukan konsepsi ilmiah. Suparno (2013:5) memandang miskonsepsi sebagai pengertian yang tidak akurat atau konsep, penggunaan konsep yang salah, klasifikasi contoh-contoh yang salah, kekacauan konsep-konsep yang berbeda dan hubungan hierarkis konsep-konsep yang tidak benar.

Oleh Suparno (2013:6), jenis miskonsepsi yang paling banyak terjadi adalah bukan pada pengertian yang salah selama proses belajar mengajar, tetapi suatu konsep awal (prakonsepsi) yang dibawa siswa ke kelas formal. Pengalaman siswa dengan konsep-konsep itu sebelum pembelajaran formal di kelas, sangat mewarnai miskonsepsi yang dipunyai. Hal ini juga berarti, siswa sebenarnya sejak awal, bahkan sejak kecil sudah terus mengkonstruksi konsep-konsep lewat pengalaman hidup mereka.

Menurut Berg (1991:10) memang konsepsi siswa selalu berbeda dengan konsepsi fisikawan. Konsepsi fisikawan pada umumnya akan lebih canggih, lebih kompleks, lebih rumit, melibatkan lebih banyak hubungan antarkonsep daripada konsepsi siswa. Kalau konsepsi siswa adalah sama dengan konsepsi fisikawan yang disederhanakan, konsepsi siswa tidak dapat disebut salah. Tetapi kalau konsepsi siswa bertentangan dengan konsepsi para fisikawan, maka disebut dengan miskonsepsi. Biasanya miskonsepsi menyangkut kesalahan siswa dalam pemahaman hubungan antarkonsep.

2.6 Tinjauan Mengenai Metode Penelusuran Miskonsepsi

Ada lima cara yang mungkin dapat digunakan untuk mengetahui pengetahuan awal siswa dan miskonsepsi-miskonsepsi yang terdapat pada diri siswa yaitu (1) tes diagnostik melalui tes tertulis esai dan melalui tes pilihan ganda beralasan, (2) wawancara klinis, (3) penyajian peta konsep, (4) diskusi dalam kelompok dan (5) praktikum dengan tanya jawab. Berdasarkan jawaban dan argumentasi yang dikemukakan siswa pada lembar tes, dapat ditelusuri pengetahuan awal dan miskonsepsi siswa serta latar belakangnya. Dengan menggunakan *interview* klinis dapat diungkapkan pengetahuan awal dan miskonsepsi siswa secara lebih mendalam dan lebih orisinal. Cara ketiga ialah dengan menggunakan peta konsep. Menurut Novak & Gowin (1984) bahwa konsepsi siswa juga dapat diperkirakan dengan peta konsep yang bentuknya tentu saja berbeda dengan tingkat pemahaman masing-masing siswa terhadap suatu konsep. Oleh karena itu penelusuran pengetahuan awal (*prior knowledge*) siswa dapat dilakukan dengan bantuan peta konsep.

2.7 Tinjauan Mengenai Tes Diagnostik

2.7.1 Pengertian Tes Diagnostik

Beberapa ahli mengemukakan pengertian tes diagnostik, menurut Arikunto (2013:48) tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa sehingga berdasarkan hal tersebut dapat dilakukan penanganan yang tepat.

Dalam buku tes diagnostik yang diterbitkan Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah Tahun 2007 dikemukakan sejumlah karakteristik dari tes diagnostik yaitu:

- a. dirancang untuk mendeteksi kesulitan belajar siswa, karena itu format dan respons yang dijamin harus didesain memiliki fungsi diagnostik,
- b. dikembangkan berdasar analisis terhadap sumber-sumber kesalahan atau kesulitan yang mungkin menjadi penyebab munculnya masalah (penyakit) siswa,
- c. menggunakan soal-soal bentuk *supply response* (bentuk uraian atau jawaban singkat), sehingga mampu menangkap informasi secara lengkap.

2.7.2 Bentuk-Bentuk Tes Diagnostik

- a. Tes Esai Tertulis

Secara ontology merupakan salah satu bentuk tes tertulis, yang susunannya terdiri atas item-item pertanyaan yang masing-masing mengandung permasalahan dan menuntut jawaban siswa melalui uraian-uraian kata yang merefleksikan kemampuan berpikir siswa. Tes esai dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu tes esai dengan jawaban panjang dan tes esai dengan jawaban singkat. Evaluasi yang dibuat dengan menggunakan pertanyaan esai biasanya digunakan untuk

menerangkan, mengontraskan, menunjukkan hubungan, memberikan pembuktian, menganalisis perbedaan, menarik kesimpulan, dan menggeneralisasi pengetahuan peserta didik.

b. Tes Pilihan Ganda (*Multiple Choice*)

Tes pilihan ganda (*multiple choice*) dengan pertanyaan terbuka dimana siswa harus menjawab dan menulis mengapa ia mempunyai jawaban seperti itu. Jawaban-jawaban yang salah dalam pilihan ganda ini selanjutnya dijadikan bahan tes berikutnya. Dalam bagian alasan, siswa harus menulis mengapa ia memilih jawaban itu. Berdasarkan hasil jawaban yang tidak benar dalam pilihan ganda itu, maka peneliti mewawancarai siswa. Tujuan dari wawancara adalah untuk meneliti bagaimana siswa berpikir dan mengapa mereka berpikir seperti itu.

2.8 Tinjauan Mengenai Konsep Suhu dan Kalor

2.8.1 Sifat Termometrik Zat

Alat untuk mengukur suhu adalah termometer. Termometer memanfaatkan sifat termometrik zat untuk mengukur suhu. Sifat termometrik zat adalah sifat struktur zat yang berubah ketika ada kenaikan atau penurunan suhu. Sifat termometrik bekerja karena kenaikan atau penurunan suhu yang mempengaruhi struktur fisik zat dengan cara tertentu dan dapat diprediksi. Sifat struktur zat yang berubah tersebut dapat meliputi perubahan fisika dan kimia.

Perubahan fisika zat yang sering digunakan untuk membuat termometer meliputi :

- a. Perubahan wujud. Pada proses perubahan wujud zat dari satu wujud ke wujud yang lain tidak dapat digunakan acuan untuk membuat termometer, karena pada proses ini tidak terjadi perubahan suhu zat tersebut.

- b. Perubahan volume (zat padat, cair dan gas). Zat padat, cair atau gas pada umumnya akan mengalami pemuaian atau penambahan volume jika dipanaskan dan akan mengalami penyusutan jika didinginkan. Dari proses pemuaian atau penambahan volume tersebut dapat digunakan sebagai acuan pembuatan termometer.
- c. Perubahan tekanan (gas). Apabila sejumlah gas yang dipanaskan volumenya dijaga tetap, maka tekanannya akan bertambah.
- d. Perubahan warna pijar. Apabila sepotong logam misalnya besi dipanaskan maka selama proses pemanasan besi tersebut akan berpijar dari kemerah-merahan hingga makin tinggi suhunya menjadi kekuning-kuningan sampai biru keunguan.
- e. Perubahan daya hantar listrik. Zat-zat padat terutama logam yang merupakan penghantar listrik yang baik ternyata jika dipanaskan daya hantar listriknya atau konduktivitasnya akan berkurang.
- f. Perubahan hambatan jenis. Jika suatu zat-zat padat terutama logam dipanaskan maka hambatan listriknya atau hambatan jenisnya akan bertambah.

2.8.2 Termometer

Termometer yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu dalam keseharian adalah termometer yang terbuat dari kaca dan diisi dengan zat cair.

Telah diketahui bahwa yang tergolong termometer zat cair adalah termometer klinis, termometer dinding dan termometer maksimum/minimum.

Selain termometer zat cair, jenis-jenis termometer lainnya adalah termometer bimetal, termometer hambatan, termokopel, termometer gas, dan pirometer. Berikut ini dijelaskan prinsip-prinsip kerja berbagai termometer, yaitu:

a. Termometer Zat Cair

Termometer ini bekerja berdasarkan prinsip zat cair akan memuai (volumenya bertambah) jika dipanaskan.

b. Termometer Bimetal

Termometer ini bekerja berdasarkan prinsip zat cair akan memuai (panjangnya bertambah) jika dipanaskan.

c. Termometer Hambatan

Termometer ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa jika seutas kawat logam dipanaskan, maka hambatan listriknya akan bertambah.

d. Termokopel

Pada dasarnya, pemuai yang berbeda pada dua logam yang ujungnya disentuh akan menghasilkan gaya gerak listrik. Besar gaya gerak listrik inilah yang dimanfaatkan oleh termokopel untuk menunjukkan suhu.

e. Termometer Gas

Apabila sejumlah gas yang dipanaskan volumenya dijaga tetap, maka tekanannya akan bertambah. Hal inilah yang dimanfaatkan pada termometer gas untuk mengukur suhu.

f. Pirometer Optik

Pirometer optik bekerja dengan mengukur intensitas radiasi yang dipancarkan oleh benda yang sangat panas.

2.8.3 Termometer Zat Cair

Termometer yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah termometer yang berisi raksa atau alkohol. Setiap termometer memiliki kelebihan

dan kekurangan dalam penggunaannya. Berikut ini dijelaskan tentang termometer raksa dan alkohol, yaitu sebagai berikut:

a. Termometer Raksa

Adapun kelebihan raksa dibandingkan zat cair lainnya adalah sebagai berikut:

- ✚ Raksa dapat dengan cepat mengambil kalor dari benda yang diukur, sehingga suhu pada raksa akan segera sama dengan suhu pada benda yang sedang diukur.
- ✚ Termometer yang berisi raksa memiliki jangkauan pengukuran yang besar, dengan titik didih 357°C dan titik beku -39°C .
- ✚ Raksa tidak membasahi dinding tabung, sehingga pengukurannya dapat dilakukan dengan lebih cermat.
- ✚ Pemuaian raksa teratur terhadap kenaikan suhu.
- ✚ Raksa tampak mengkilat, sehingga lebih jelas untuk dilihat.

Selain terdapat kelebihan dari air raksa, terdapat juga kekurangan raksa yang menyebabkan raksa jarang digunakan sebagai pengisi termometer. Kekurangan tersebut diantaranya adalah:

- ✚ Sukar diperoleh sehingga air raksa harganya cukup mahal.
- ✚ Air raksa tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu yang sangat rendah ($< -400^{\circ}\text{C}$).
- ✚ Air raksa termasuk zat beracun sehingga berbahaya apabila tabungnya pecah.

b. Termometer Alkohol

Adapun kelebihan alkohol sebagai pengisi termometer adalah sebagai berikut:

- ✚ Memiliki jangkauan pengukuran yang besar, karena titik bekunya mencapai -144°C .
- ✚ Pemuai alkohol teratur terhadap perubahan suhu.

Selain terdapat kelebihan dari air raksa, terdapat juga kekurangan raksa yang menyebabkan raksa jarang digunakan sebagai pengisi termometer. Kekurangan tersebut diantaranya adalah:

- ✚ Titik didihnya rendah, yaitu 78°C .
- ✚ Alkohol membasahi dinding tabung.
- ✚ Alkohol tidak berwarna sehingga memerlukan pewarna untuk dapat membacanya.

Dalam mengukur suhu agar menghasilkan pembacaan angka suhu yang akurat, diperlukan sebuah termometer yang mempunyai keadaan fisiknya baik. Syarat-syarat termometer dikatakan baik untuk digunakan yaitu antara lain:

- ✚ Koefisien muai kaca tabungnya lebih kecil dari koefisien muai cairannya
- ✚ Cairan yang dipakai harus memiliki pemuai teratur.
- ✚ Cairan yang dipakai harus mengkilap atau mudah diamati.

2.8.4 Kalibrasi Termometer

Suhu termasuk besaran pokok dalam fisika. Oleh karena itu, seperti besaran-besaran pokok yang lain, suhu mempunyai standar. Standar untuk suhu disebut titik tetap. Titik tetap termometer artinya suhu suatu zat tidak mengalami perubahan (tetap) pada saat mengalami perubahan wujud. Titik tetap termometer

diukur pada tekanan 1 atmosfer. Ada dua titik tetap, yaitu titik tetap atas dan titik tetap bawah.

- a. Titik tetap atas adalah skala yang ditunjukkan oleh termometer saat digunakan untuk mengukur suhu air mendidih (titik didih air) pada tekanan normal (1 atmosfer).
- b. Titik tetap bawah adalah skala yang ditunjukkan oleh termometer saat digunakan untuk mengukur suhu air membeku (titik beku air) pada tekanan normal (1 atmosfer).

Secara umum kita dapat membandingkan suatu termometer dengan termometer lain. Termometer X memiliki *titik beku air* pada skala A dan *titik didih air* pada skala B dan termometer Y memiliki *titik beku air* pada skala C dan *titik didih air* pada skala D. Saat termometer X menunjuk skala t_x dan termometer Y menunjuk skala t_y , untuk mengetahui hubungan kedua termometer dengan cara membandingkan panjang zat cair kedua termometer tersebut.

$$\frac{t_x - A}{t_y - C} = \frac{B - A}{D - C}$$

Dengan cara yang sama seperti di atas membandingkan panjang zat cair dua di antara keempat termometer skala Celcius, skala Reamur, skala Fahrenheit dan skala Kelvin akan didapat:

Perbandingan Celcius dan Reamur

$$\frac{t_C - 0}{t_R - 0} = \frac{100 - 0}{80 - 0}$$

Perbandingan Celcius dan Reamur

$$\frac{t_C - 0}{t_F - 32} = \frac{100 - 0}{212 - 32}$$

$$t_C = \frac{5}{4}t_R$$

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32)$$

$$t_R = \frac{5}{4}t_C$$

$$t_F = \frac{9}{5}t_C + 32$$

Perbandingan Celcius dan Kelvin

Perbandingan Reamur dan Fahrenheit

$$\frac{t_C - 0}{T} = \frac{100 - 0}{373 - 273}$$

$$\frac{t_R - 0}{t_F - 32} = \frac{80 - 0}{212 - 32}$$

$$T = t_C + 273$$

$$t_R = \frac{4}{9}(t_F - 32)$$

$$t_C = T - 273$$

$$t_F = \frac{9}{4}t_R + 32$$

Perbandingan Reamur dan Kelvin

Perbandingan Fahrenheit dan Kelvin

$$\frac{t_R - 0}{T - 273} = \frac{80 - 0}{373 - 273}$$

$$\frac{t_F - 32}{T - 273} = \frac{212 - 32}{373 - 273}$$

$$T = \frac{5}{4}t_R + 273$$

$$T = \frac{5}{9}(t_F - 32) + 273$$

$$t_R = \frac{4}{5}(T - 273)$$

$$t_F = \frac{9}{5}(T - 273) + 32$$

Pada pembuatan termometer terlebih dahulu ditetapkan titik tetap atas dan titik tetap bawah. Titik tetap termometer tersebut diukur pada tekanan 1 atmosfer.

Di antara kedua titik tetap tersebut dibuat skala suhu. Penetapan titik tetap bawah adalah suhu ketika es melebur dan penetapan titik tetap atas adalah suhu saat air mendidih. Berikut ini adalah penetapan titik tetap pada skala berbagai termometer:

1. Termometer Celcius

Titik tetap bawah diberi angka 0 dan titik tetap atas diberi angka 100. Di antara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi 100 skala.

2. Termometer Reamur

Titik tetap bawah diberi angka 0 dan titik tetap atas diberi angka 80. Di antara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi menjadi 80 skala.

3. Termometer Fahrenheit

Titik tetap bawah diberi angka 32 dan titik tetap atas diberi angka 212.. Di antara titik tetap bawah dan titik tetap atas dibagi 180 skala.

4. Termometer Kelvin

Pada termometer Kelvin, titik terbawah diberi angka nol. Titik ini disebut suhu mutlak, yaitu suhu terkecil yang dimiliki benda ketika energi total partikel benda tersebut nol. Kelvin menetapkan suhu es melebur dengan angka 273 dan suhu air mendidih dengan angka 373. Rentang titik tetap bawah dan titik tetap atas termometer Kelvin dibagi 100 skala.

2.8.5 Suhu dan Pemuaian

Adapun karakteristik muai setiap jenis zat adalah sebagai berikut:

2.8.5.1 Pemuaian Zat Padat

(1) Pemuaian panjang

Jika suatu benda padat dipanaskan, benda tersebut akan memuai ke segala arah. Dengan kata lain, ukuran panjang, luas dan volume benda bertambah. Untuk benda padat yang panjang tetapi luas penampangnya kecil, misalnya jarum rajut, diperhatikan pemuaian zat padat ke arah memanjangnya saja.

Bagaimana dengan rumus kuantitatif untuk pertambahan panjang ?

Untuk membandingkan muai panjang dari berbagai logam yang berbagai jenis ketika dipanaskan dapat menggunakan alat *Muschenbrock* di laboratorium. Misalnya, ketika tiga batang logam yang berbeda jenis (aluminium, tembaga dan besi) dan sama panjang dipanaskan, didapatkan bahwa walaupun ketiga batang yang panjangnya sama ini mengalami kenaikan suhu yang sama, tetapi pertambahan panjang ketiganya berbeda. Perbedaan pertambahan panjang ini disebabkan oleh perbedaan koefisien muai panjang yang didefinisikan sebagai berikut:

Koefisien muai panjang (α)

Koefisien muai panjang (α) suatu bahan adalah perbandingan antara pertambahan panjang (Δl) terhadap panjang awal benda (l_0) per satuan kenaikan suhu (ΔT). Secara matematis, dinyatakan

Karena $\Delta l \sim l_0$ dan $\Delta l \sim \Delta T$

maka $\Delta l = k \cdot l_0 \cdot \Delta T$

dalam persamaan ini, konstanta k berupa α

$$\text{sehingga diperoleh } \Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T \text{ atau } \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$$

dimana: Δl = Selisih panjang batang (cm)

ΔT = Selisih suhu awal dan akhir ($^{\circ}\text{C}$)

l_0 = Panjang batang mula-mula (cm)

Oleh karena selisih panjang batang $\Delta l = l - l_0$ dan selisih suhu

$\Delta T = T - T_0$, maka persamaan di atas menjadi:

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0(T - T_0)}$$

dimana: l = Panjang batang akhir (cm)

l_0 = Panjang batang mula-mula (cm)

T = Suhu akhir ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = Suhu mula-mula ($^{\circ}\text{C}$)

Panjang batang logam setelah dipanaskan adalah

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Tabel 2.1 Koefisien muai berbagai zat pada suhu kamar

Zat	Koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	Zat	Koefisien muai volume ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Aluminium	24×10^{-6}	Air	$2,1 \times 10^{-4}$
Kuningan	19×10^{-6}	Alkohol	$1,12 \times 10^{-3}$
Perunggu	19×10^{-6}	Benzena	$1,24 \times 10^{-3}$
Tembaga	17×10^{-6}	Aseton	$1,5 \times 10^{-3}$
Kaca (biasa)	9×10^{-6}	Gliserin	$4,85 \times 10^{-3}$
Kaca (<i>pyrex</i>)	$3,2 \times 10^{-6}$	Raksa	$1,82 \times 10^{-3}$
Timah hitam	29×10^{-6}	Terpentin	$9,0 \times 10^{-3}$

Baja	11×10^{-6}	Bensin	$9,6 \times 10^{-3}$
Invar	$0,9 \times 10^{-6}$	Udara	$3,67 \times 10^{-3}$
		Helium	$3,665 \times 10^{-3}$

Sumber : *College Physics, Serway R.A., Faughn, J.S.*

(2) Pemuaian luas

Jika benda padat berbentuk persegi panjang dipanaskan, terjadi pemuaian dalam arah memanjang dan arah melebar. Dengan kata lain, benda padat mengalami pemuaian luas. Pemuaian luas berbagai zat bergantung pada koefisien muai luas.

Koefisien muai luas (β)

Koefisien muai luas (β) suatu bahan adalah fraksi pertambahan luas benda (ΔA) terhadap luas awal benda (A_0) per satuan kenaikan suhu (ΔT). Secara matematis, β dinyatakan

karena $\Delta A \sim A_0$ dan $\Delta A \sim \Delta T$

maka $\Delta A = k \cdot A_0 \cdot \Delta T$

dalam persamaan ini, konstantanya berupa β sehingga diperoleh $\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta T$ atau $\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$

dimana : ΔA = Selisih luas benda (m^2)

ΔT = Selisih suhu awal dan akhir benda ($^{\circ}C$)

A_0 = Luas benda mula-mula (m^2)

Oleh karena selisih panjang batang $\Delta A = A - A_0$ dan selisih suhu $\Delta T = T - T_0$, maka persamaan di atas menjadi:

$$\beta = \frac{A - A_0}{A_0(T - T_0)}$$

dimana : A = Luas akhir benda (m^2)

A_0 = Luas mula-mula benda (m^2)

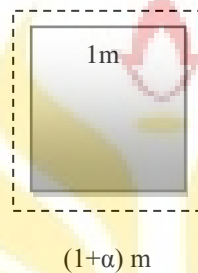
T = Suhu akhir ($^{\circ}C$)

T_0 = Suhu mula-mula ($^{\circ}C$)

Panjang batang logam setelah dipanaskan adalah

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

Hubungan koefisien muai luas dengan koefisien muai panjang



Misalkan, suatu persegi dengan sisi 1 m dipanaskan sampai suhunya naik 1 K. Akibat pemanasan ini, sisi persegi bertambah menjadi $(1+\alpha)$ m, dengan α adalah koefisien muai panjang.

Luas mula-mula persegi $A_0 = 1 \text{ m}^2$

Luas akhir persegi $A = 1 + 2\alpha + \alpha^2$

$$\begin{aligned} \text{Pertambahan luas persegi} = \Delta A &= A - A_0 \\ &= (1 + 2\alpha + \alpha^2) - 1 \\ &= (2\alpha + \alpha^2) \end{aligned}$$

Koefisien muai luas

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\frac{\Delta A}{A_0}}{\Delta T} \\ &= \frac{2\alpha + \alpha^2}{1} \end{aligned}$$

$$= 2\alpha + \alpha^2$$

Karena koefisien muai panjang (α) sangat kecil, ordenya 10^{-6} , maka α^2 dapat diabaikan terhadap 2α , sehingga kita peroleh hubungan antara koefisien muai luas (β) dan koefisien muai panjang (α), yaitu sebagai berikut:

$$\beta = 2\alpha$$

(3) Pemuai volume

Jika benda padat berbentuk balok dipanaskan, maka akan terjadi pemuai dalam arah memanjang, melebar, dan meninggi. Dengan kata lain, benda padat mengalami pemuai volume. Pemuai volume berbagai zat bergantung pada koefisien muai volume.

Koefisien muai volume (γ)

Koefisien muai volume (γ) suatu bahan adalah fraksi pertambahan volume terhadap volume awal benda (V_0) per satuan kenaikan suhu (ΔT). Secara matematis, γ dinyatakan

$$\gamma = \frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta T}$$

dimana: $\Delta V =$ Selisih volume benda (m^3)

$\Delta T =$ Selisih suhu awal dan akhir benda ($^{\circ}\text{C}$)

$V_0 =$ Volume benda mula-mula (m^3)

Oleh karena selisih volume benda $\Delta V = V - V_0$ dan selisih suhu $\Delta T = T - T_0$, maka persamaan di atas menjadi:

$$\gamma = \frac{V - V_0}{V_0(T - T_0)}$$

dimana: $V =$ Volume akhir benda (m^3)

$V_0 =$ Volume mula-mula benda (m^3)

T = Suhu akhir ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = Suhu mula-mula ($^{\circ}\text{C}$)

Volume benda setelah dipanaskan adalah

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

Hubungan koefisien muai volume dengan koefisien muai panjang

Misalkan, suatu benda dengan sisi 1 m dipanaskan sampai suhunya naik 1 K. Akibat pemanasan ini, volume benda bertambah menjadi $(1+\alpha)$ m, dengan α adalah koefisien muai panjang.

Volume mula-mula benda $V_0 = 1 \text{ m}^3$

Volume akhir benda $V = 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3$

$$\begin{aligned} \text{Pertambahan luas persegi} = \Delta V &= V - V_0 \\ &= (1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3) - 1 \\ &= 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 \end{aligned}$$

Koefisien muai volume

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta T} \\ &= \frac{\frac{3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3}{1}}{1} \\ &= 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 \end{aligned}$$

Karena koefisien muai panjang (α) sangat kecil, ordenya 10^{-6} , maka α^3 dan $3\alpha^2$ dapat diabaikan terhadap 3α , sehingga kita peroleh hubungan antara koefisien muai volume (γ) dan koefisien muai panjang (α), yaitu sebagai berikut :

$$\gamma = 3\alpha$$

2.8.5.2 Pemuaian Volume Zat Cair

Sifat zat cair adalah selalu mengikuti bentuk wadahnya. Jika air dituangkan ke dalam botol, bentuk air mengikuti bentuk botol. Jadi, wadah berarti volume. Oleh karena itu, zat cair hanya memiliki muai volume (tidak memiliki muai panjang dan muai luas). Sehingga untuk zat cair, yang diketahui selalu koefisien muai volumenya.

Persamaan kuantitatif untuk muai volume zat cair

Persamaan untuk menghitung pemuaian volume zat cair persis sama dengan persamaan untuk menghitung pemuaian volume zat padat. Hal terpenting yang perlu ditekankan adalah pemuaian volume zat cair lebih besar daripada pemuaian volume zat padat untuk kenaikan suhu yang sama. Karena itu jika suatu wadah berisi zat cair hampir penuh dipanaskan, pada suhu tertentu zat cair dalam wadah akan tumpah.

2.8.5.3 Pemuaian Gas

Semua gas memuai kalau dipanaskan. Akan tetapi, gas tidak mengalami muai panjang. Gas hanya mengalami muai volume, sebab bentuk dan volumenya mudah berubah. Pemuaian gas jauh lebih besar daripada pemuaian benda padat dan cair.

Koefisien muai gas adalah bilangan yang menunjukkan pertambahan volume gas untuk setiap satuan volume bila suhunya bertambah 1°C pada tekanan tetap. Misalkan koefisien muai gas kita sebut γ , volume gas akhir adalah :

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

dimana: V = Volume gas akhir (cm^3)

V_0 = Volume gas mula-mula pada suhu 1°C (cm^3)

$$\Delta T = \text{selisih suhu awal dan akhir (}^{\circ}\text{C)}$$

Gay – Lussac mendapatkan bahwa semua gas mempunyai koefisien muai yang sama, yaitu $\frac{1}{273} J/kg$. Oleh karena itu, rumus pemuaian gas dapat ditulis sebagai:

$$V = V_0 \left(1 + \frac{\Delta T}{273}\right), \text{ untuk volume mula-mula pada suhu } 0^{\circ}\text{C}$$

dimana: $V = \text{Volume gas akhir (cm}^3\text{)}$

$$V_0 = \text{Volume gas mula-mula pada suhu } 1^{\circ}\text{C (cm}^3\text{)}$$

$$\Delta T = \text{selisih suhu awal dan akhir (}^{\circ}\text{C)}$$

Koefisien tekanan gas adalah bilangan yang menunjukkan pertambahan tekanan gas untuk setiap satuan tekanan bila suhunya bertambah 1°C pada volume tetap. Misalkan koefisien tekanan gas kita sebut β , tekanan gas akhir adalah:

$$P = P_0 (1 + \beta \Delta T), \text{ hanya untuk tekanan awal pada suhu } 0^{\circ}\text{C}.$$

dimana: $P = \text{Tekanan gas akhir (atm)}$

$$P_0 = \text{Tekanan gas mula-mula pada suhu } 1^{\circ}\text{C (atm)}$$

$$\Delta T = \text{selisih suhu awal dan akhir (}^{\circ}\text{C)}$$

Gay – Lussac juga menemukan bahwa semua gas mempunyai koefisien tekanan yang sama, yaitu $\frac{1}{273} J/kg$. Oleh karena itu, rumus untuk tekanan gas akhir dapat ditulis sebagai:

$$P = P_0 \left(1 + \frac{\Delta T}{273}\right)$$

Koefisien muai volume (ruang) adalah bilangan yang menyatakan perubahan volume zat untuk setiap satuan volume bila suhunya bertambah 1°C.

Koefisien muai ruang (γ) dirumuskan sebagai:

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} = \frac{V - V_0}{V_0 (T - T_0)}$$

Seperti pada pemuaian panjang, persamaan untuk pemuaian ruang dapat dinyatakan dengan:

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

dimana : V = Volume gas akhir (cm^3)

V_0 = Volume gas mula-mula pada suhu 1°C (cm^3)

ΔT = selisih suhu awal dan akhir (°C)

Persamaan kuantitatif untuk pemuaian gas

Pertama, ditinjau dari proses pemuaian gas pada tekanan tetap yang disebut proses isobarik (isobar). Selama gas dipanaskan, gas akan memuai. Volume gas akan bertambah besar. Selama pemuaian volume gas ini, tekanan gas dijaga konstan. Diperoleh suatu hasil dari sebuah eksperimen menunjukkan bahwa volume gas sebanding dengan suhu mutlak gas.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

$$V \sim T$$

$$V = k \cdot T$$

$$\frac{V}{T} = k$$

Sehingga, untuk gas pada proses tekanan konstan atau isobarik berlaku persamaan

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Kedua, ditinjau dari proses pemuaiian gas pada volume tetap, yang disebut proses isokhorik (isokhor). Untuk wadah silinder dengan pengisap naik-turun, volume dijaga konstan dengan mengklem pengisap secara kuat hingga pengisap tidak dapat bergerak. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tekanan gas juga sebanding dengan suhu mutlak gas.

$$p \sim T$$

$$p = k \cdot T$$

$$\frac{p}{T} = k$$

Sehingga untuk gas pada proses volume konstan atau isokhorik berlaku persamaan

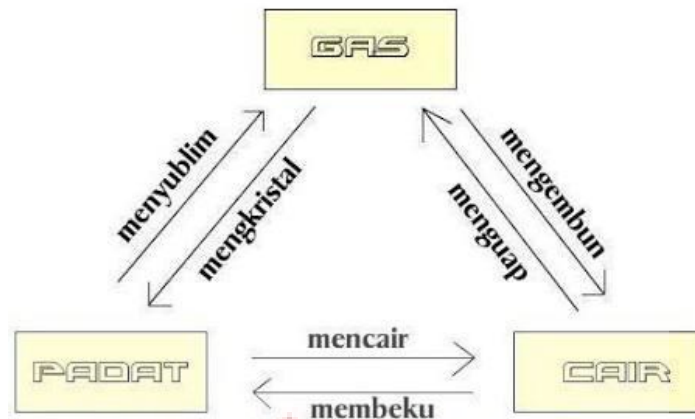
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Sehingga dapat dinyatakan persamaan kuantitatif untuk pemuaiian gas. Untuk jumlah gas yang tetap (wadah gas tertutup tidak bocor), keadaan suatu gas dapat dinyatakan dengan tiga variabel, yaitu tekanan p , volume V , dan suhu mutlak T . Persamaan keadaan gas ini bisa diperoleh dengan menggabungkan persamaan pada proses tekanan konstan dan proses volume konstan.

Persamaan keadaan gas

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

2.8.6 Kalor dan Perubahan Wujud Zat



Gambar 2.1 Diagram Perubahan Wujud Zat

a.) Melebur dan Membeku

Melebur adalah perubahan wujud zat dari padat menjadi cair. Pada saat melebur, zat memerlukan kalor meskipun tidak mengalami kenaikan suhu. Titik lebur adalah suhu pada waktu zat melebur. Kalor yang diperlukan untuk mengubah wujud 1 kg zat padat menjadi zat cair dinamakan kalor laten lebur atau kalor lebur saja. Kalor yang dilepaskan pada waktu zat membeku dinamakan kalor laten beku atau kalor beku saja. Selanjutnya kedua jenis kalor laten ini kita sebut kalor lebur dan diberi simbol L_f . Jika banyak kalor yang diperlukan oleh zat yang massanya m kg untuk melebur adalah Q , sesuai dengan definisi di atas, dapat ditulis

$$L_f = \frac{Q}{m} \text{ atau } Q = mL_f$$

Dari persamaan di atas dapat ditentukan satuan kalor lebur. Dalam SI, satuan banyak kalor Q adalah J dan satuan massa m adalah kg, sehingga satuan kalor lebur adalah L_f adalah J/kg atau Jkg^{-1} .

b.) Menguap, Mendidih, dan Mengembun

Menguap adalah perubahan wujud zat dari cair menjadi uap (gas). Apakah untuk menguapkan suatu zat diperlukan kalor? Dilakukan pada pembuktiannya sebagai berikut. Dengan meneteskan sedikit spiritus (zat cair yang mudah menguap) pada tangan. Spiritus menguap dengan cepat dan tangan akan merasakan dingin. Untuk menguap, spiritus memerlukan kalor. Kalor tersebut diambil dari tangan, sehingga tangan terasa dingin. Peristiwa ini menunjukkan bahwa pada waktu menguap zat memerlukan kalor.

Peristiwa yang memperlihatkan bahwa pada waktu menguap diperlukan kalor adalah mendidih. Jika penguapan hanya terjadi di permukaan zat cair dan dapat terjadi pada setiap suhu, mendidih adalah penguapan yang terjadi di seluruh bagian zat cair dan hanya dapat terjadi pada titik didih. Pada waktu mendidih, suhu zat akan tetap sekalipun pemanasan terus dilakukan. Semua kalor yang diberikan kepada zat digunakan untuk mengubah wujud dari cair menjadi uap. Suhu tetap ini disebut titik didih, yang besarnya sangat bergantung pada tekanan di permukaan zat itu. Titik didih zat pada tekanan 1 atm disebut titik didih normal.

Kalor yang diperlukan untuk mengubah wujud 1 kg zat cair menjadi uap pada titik didih normalnya dinamakan kalor laten uap atau kalor uap saja. Kalor uap disebut juga kalor didih. Sedangkan kalor yang dilepaskan untuk mengubah wujud 1 kg uap menjadi cair pada titik didih normalnya dinamakan kalor laten embun atau kalor embun saja. Hasil percobaan menunjukkan bahwa untuk zat yang sama, *kalor didih = kalor embun*. Dari kedua istilah itu, yang paling umum digunakan adalah kalor didih (diberi simbol L_v). Jika banyaknya kalor yang

diperlukan untuk mendidihkan zat yang massanya m kg adalah Q J, maka dapat ditulis

$$L_v = \frac{Q}{m} \text{ atau } Q = mL_v$$

Tampak bahwa satuan kalor didih L_v sama dengan satuan kalor lebur L_f , yaitu J/kg atau Jkg^{-1} .

Tabel 2.2 Titik lebur, titik didih, kalor lebur, dan kalor didih berbagai zat

Zat	Titik lebur normal ($^{\circ}\text{C}$)	Kalor lebur (J/kg)	Titik didih normal ($^{\circ}\text{C}$)	Kalor didih (J/kg)
Helium	-269,65	$5,23 \times 10^3$	-268,93	209×10^3
Hidrogen	-259,31	$58,6 \times 10^3$	-252,89	452×10^3
Nitrogen	-209,97	$25,5 \times 10^3$	-195,81	201×10^3
Oksigen	218,79	$13,8 \times 10^3$	-182,97	213×10^3
Alkohol	-114	$104,2 \times 10^3$	78	853×10^3
Raksa	-39	$11,8 \times 10^3$	357	272×10^3
Air	0,00	334×10^3	100,00	2256×10^3
Sulfur	119	$38,1 \times 10^3$	444,60	326×10^3
Timah hitam	327,3	$24,5 \times 10^3$	1750	871×10^3
Antimony	630,50	165×10^3	1440	561×10^3
Perak	960,80	$88,3 \times 10^3$	2193	2336×10^3
Emas	1063,00	$64,5 \times 10^3$	2660	1578×10^3
Tembaga	1083	134×10^3	1187	5069×10^3

Sumber: *College Physics, Serway R.A., Faughn, J.S*

c.) Menyublim

Suatu zat kadang-kadang dapat berubah wujud dari padat langsung menjadi gas. Proses ini dinamakan menyublim. Sebagai contoh, karbon dioksida cair hanya ada pada tekanan yang kurang dari 5 atm, padahal karbon dioksida padat

dapat menyublim pada tekanan atmosfer (1 atm). Oleh karena itu, pada keadaan normal, karbon dioksida padat (disebut es kering) jika diberi kalor langsung berubah menjadi gas karbon dioksida tanpa melalui wujud cair.

2.8.7 Kalor dan Perubahan Suhu

2.8.7.1 Persamaan Kalor

Ketika air dipanaskan dalam teko dengan kompor (gas atau sumbu biasa), makin besar nyala api makin besar kalor yang diberikan api pada air dalam teko. Tentu saja akan dihasilkan kenaikan suhu air lebih besar dalam selang waktu yang sama. Jadi, ada hubungan antara kalor yang diberikan Q , dengan kenaikan suhu ΔT .

Misalnya nyala api yang sama digunakan untuk memanaskan berturut-turut wadah berisi 500 mL dan berisi 1000 mL air, yang suhu awalnya sama. Dalam selang waktu yang sama, manakah yang akan mengalami kenaikan suhu lebih besar? Secara intuisi, tentu wadah yang berisi 500 mL air akan mengalami kenaikan suhu yang lebih besar daripada wadah berisi 1000 mL air. Dengan kata lain, ada hubungan antara kalor Q dan massa air m . Ditinjau dari jumlah volume wadah yang berbeda tersebut, berarti kapasitasnya berbeda. Walaupun kapasitas berbeda, tetapi suatu zat di dalam wadah itu memiliki jenis benda yang sama.

a.) Apakah Kalor Jenis itu ?

Dari penjelasan mengenai persamaan kalor di atas, diperoleh suatu hubungan sebagai berikut :

$$\Delta T \sim \frac{1}{m} \text{ dan } \Delta T \sim Q$$

atau

$$\Delta T \sim \frac{Q}{m}$$

$$Q \sim m \Delta T$$

Bagaimana jika kalor Q yang sama diberikan kepada sejumlah massa yang sama dari dua jenis zat yang berbeda? Apakah akan dihasilkan kenaikan suhu yang sama? Ternyata memanaskan 1 kg air dengan kenaikan suhu 1°C memerlukan kalor hampir 5 kali dari memanaskan 1 kg aluminium dengan kenaikan suhu yang sama. Jadi, selain faktor m dan ΔT , kalor Q juga bergantung pada jenis zat. Jika variabel yang bergantung pada jenis zat kita sebut *kalor jenis zat* (lambang c – huruf kecil), kalor yang dibebaskan atau diserap dapat dirumuskan sebagai berikut

Kalor karena perubahan suhu

$$Q = m c \Delta T$$

Jika diambil $m = 1 \text{ kg}$ dan $\Delta T = 1 \text{ K}$, persamaan di atas memberikan

$$Q = (1 \text{ kg})(c)(1 \text{ K}) = c \text{ kgK}$$

Dengan demikian, *kalor jenis* dapat didefinisikan sebagai kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K atau 1°C . Zat yang kalor jenisnya tinggi mampu menyerap lebih banyak kalor untuk kenaikan suhu yang rendah.

Tabel 2.3 Kalor jenis berbagai zat (pada 20°C dan tekanan tetap 1 atm)

Zat	Kalor jenis (J/kg K)
Aluminium	900
Tembaga	390
Kaca	840
Besi atau baja	450
Timah hitam	130
Marmer	860
Perak	230
Kayu	1700
Alkohol (etil)	2400
Raksa	140
Air	
Es (-5°C)	2100
Cair (15°C)	4180
Uap (110°C)	2010
Badan manusia	3470
Udara	1000

Sumber : *College Physics, Serway R.A., Faughn, J.S.*

Pada tabel ditunjukkan bahwa air adalah zat yang paling tinggi kalor jenisnya di antara zat-zat lainnya. Satu kg air memerlukan tambahan energi 4180 J untuk menaikkan suhunya 1 K. Untuk perbandingan, 1 kg tembaga hanya memerlukan 390 J. Jadi, energi tambahan yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg air 1 K dapat menaikkan suhu 1 kg tembaga sebesar 11 K (11 kali lipat).

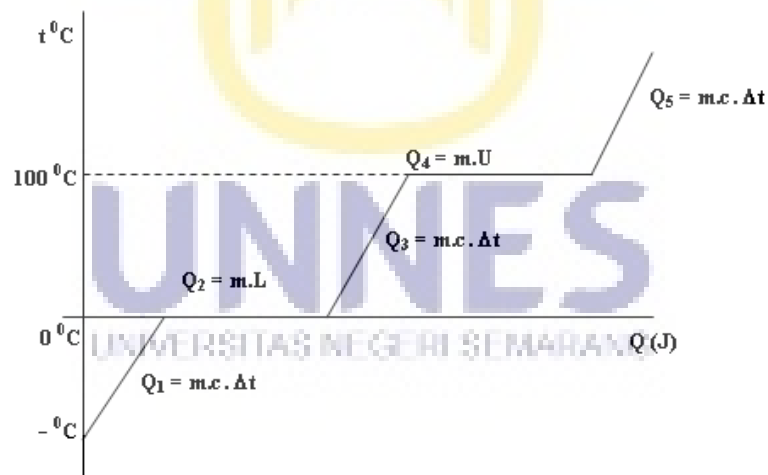
b.) Kapasitas Kalor

Telah dibahas pengertian kalor jenis. Kata *jenis* dalam istilah ini berarti *per satuan massa*, yang dalam satuan SI berarti *per kg*. Kalor jenis merupakan ciri

suatu zat, seperti halnya massa jenis. Kadang-kadang untuk benda tertentu, seperti bejana (contoh : kalorimeter), lebih memudahkan jika factor mc dipandang sebagai satu kesatuan. Faktor ini diberi nama kapasitas kalor. Kata “kapasitas” dapat memberikan pengertian yang menyesatkan karena kata tersebut menyatakan “banyak kalor yang dapat dimiliki oleh sebuah benda” yang dalam fisika tidak memiliki arti. Yang sebenarnya diartikan oleh kata tersebut adalah banyak energi yang harus diberikan dalam bentuk kalor untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar satu derajat. Dari persamaan $Q = m c \Delta T$. Jika kapasitas kalor diberi lambang C (huruf besar), maka

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ atau } Q = C \Delta T \quad \text{dengan } C = mc$$

Kapasitas kalor didefinisikan sebagai dari persamaan $C = mc$ sebagai berikut. Kapasitas kalor adalah banyak kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar 1°C .



Gambar 2.2 Diagram Perubahan Kalor Benda

Keterangan :

Pada Q_1 es mendapat kalor dan digunakan menaikkan suhu es, setelah suhu sampai pada 0°C kalor yang diterima digunakan untuk melebur (Q_2), setelah semua menjadi air barulah terjadi kenaikan suhu air (Q_3), setelah suhunya mencapai suhu 100°C maka kalor yang diterima digunakan untuk berubah wujud menjadi uap (Q_4), kemudian setelah berubah menjadi uap semua maka akan kembali terjadi kenaikan suhu kembali (Q_5).

2.8.7.2 Asas Black

Bagaimana cara mendinginkan secangkir kopi panas? Mudah saja. Dengan menuangkan air dingin ke dalam air panas tersebut dan mengaduknya agar tercampur merata. Setelah kesetimbangan termal tercapai, diperoleh air hangat, yang suhunya di antara suhu air panas dan air dingin. Dalam pencampuran ini, tentulah air panas melepaskan energi sehingga suhunya turun dan air dingin menerima energi sehingga suhunya naik. Jika pertukaran kalor hanya terjadi antara air panas dan air dingin (tidak ada kehilangan kalor ke udara sekitar dan ke cangkir), sesuai prinsip kekekalan energi, yaitu kalor yang dilepaskan oleh air panas (Q_{lepas}) sama dengan kalor yang diterima air dingin (Q_{terima}).

Asas Black

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

Pada pencampuran antara dua zat ada kalor yang hilang ke lingkungan sekitarnya (misalnya, udara). Jika proses pencampuran dilakukan pada bejana yang memiliki tutup dan diisolasi baik, kalor yang hilang ke lingkungan sekitarnya sangatlah kecil sehingga dapat diabaikan. Tetapi, pada proses

pencampuran, wadah campuran juga menyerap kalor. Kalor yang diserap wadah adalah hasil kali antara massa, kalor jenis, dan kenaikan suhu wadah. Suhu akhir wadah sama dengan suhu akhir campuran. (Kanginan, 2013:239)

2.8.8 Perpindahan Kalor

1. Perpindahan Kalor secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi ialah perpindahan kalor secara hantaran yaitu perpindahan kalor tanpa memindahkan zat perantaranya. Pada peristiwa perpindahan kalor secara konduksi yang berpindah hanya energi kalornya saja. Umumnya perpindahan kalor secara konduksi terjadi pada zat padat.

Ketika seseorang memegang salah satu ujung batang besi dan ujung lain dipanaskan, apa yang terjadi ? Lama kelamaan ujung yang dipegang juga akan terasa panas. Peristiwa tersebut merupakan salah satu *contoh perpindahan kalor secara konduksi*. Pada perpindahan kalor secara konduksi kalor akan berpindah dari benda bersuhu tinggi menuju benda yang suhunya lebih rendah. Partikel partikel pada benda yang dikenai panas akan bergetar dan bergerak saling menumbuk dengan partikel disebelahnya lagi, sehingga partikel di sebelahnya akan mendapat energi panas dan ikut bergetar.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Kalor Konduksi :

1. Beda suhu di antara kedua permukaan $\Delta T = T_1 - T_2$; makin besar beda suhu, makin cepat perpindahan kalor.
2. Ketebalan dinding l ; makin tebal dinding, makin lambat perpindahan kalor.
3. Luas permukaan A ; makin besar luas permukaan, makin cepat perpindahan kalor

4. Konduktivitas termal zat k , merupakan ukuran kemampuan zat menghantarkan kalor, makin besar nilai k , makin cepat perpindahan kalor.

Berdasarkan penjelasan di atas, banyak kalor Q yang melalui dinding selama waktu t dinyatakan oleh :

$$P = \frac{Q}{t} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{x},$$

dimana:

P = laju perpindahan kalor (watt)

Q = kalor (joule)

t = waktu (sekon)

A = luas penampang (m^2)

T_2 = suhu akhir benda (kelvin)

T_1 = suhu mula-mula benda (kelvin)

x = panjang logam (m)

k = koefisien konduksi (w/mK)

2. Perpindahan Kalor secara Konveksi

Dengan mencoba menaruh tangan di atas nyala lilin sejauh kira-kira 10 cm, yang dirasakan ada udara hangat yang naik dari nyala lilin. Ketika udara yang dekat nyala lilin dipanasi, udara itu memuai dan massa jenisnya menjadi lebih kecil. Udara hangat yang massa jenisnya lebih kecil akan naik, dan tempatnya digantikan oleh udara dingin yang massa jenisnya lebih besar. Proses perpindahan

kalor dari satu bagian fluida ke bagian lain fluida oleh pergerakan fluida itu sendiri dinamakan konveksi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju kalor konveksi : Laju kalor Q/t ketika sebuah benda panas memindahkan kalor ke fluida sekitarnya secara konveksi adalah sebanding dengan luas permukaan benda A yang bersentuhan dengan fluida dan beda suhu ΔT di antara benda dan fluida. Secara matematis, ditulis:

$$\frac{Q}{t} = hA\Delta T$$

dengan h adalah koefisien konveksi (W/m^2K) yang nilainya bergantung pada bentuk dan kedudukan permukaan, yaitu tegak, miring, mendatar, menghadap ke bawah, atau menghadap ke atas.

3. Perpindahan Kalor secara Radiasi

Kalor dari matahari dapat sampai ke bumi melalui ruang hampa tanpa zat perantara (medium). Perpindahan kalor seperti ini disebut radiasi. Perpindahan kalor dapat melalui ruang hampa karena energi kalor dibawa dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Jadi, radiasi atau pancaran adalah perpindahan energi kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Kalor Radiasi:

Berapakah laju kalor radiasi yang dipancarkan permukaan suatu benda? Pada tahun 1879, Joseph Stefan melakukan pengukuran daya total yang dipancarkan benda hitam sempurna. Dia menyatakan bahwa daya total itu sebanding dengan pangkat empat suhu mutlaknya. Lima tahun kemudian, Ludwig Boltzman menurunkan hubungan yang sama. Persamaan yang didapat dari hubungan ini

disebut Hukum Stefan-Boltzmann, yang berbunyi: *energi yang dipancarkan oleh suatu permukaan hitam dalam bentuk radiasi kalor tiap satuan waktu (Q/t) sebanding dengan luas permukaan (A) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan itu $n(T^4)$* . Secara matematis, ditulis :

$$\frac{Q}{t} = \sigma AT^4$$

Tetapan σ dikenal sebagai tetapan Stefan-Boltzmann dan dalam satuan SI nilainya $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$. Daya radiasi:

$$\frac{Q}{t} = e\sigma AT^4$$

dengan e adalah koefisien yang disebut emisivitas. Emisivitas adalah suatu ukuran seberapa besar pemancaran radiasi kalor suatu benda dibandingkan benda hitam sempurna. Emisivitas tidak memiliki satuan, nilainya antara 0 dan 1 ($0 \leq e \leq 1$) dan bergantung pada jenis zat dan keadaan permukaan. Permukaan mengkilat memiliki nilai e yang lebih kecil daripada permukaan kasar. Pemantul sempurna (penyerap paling buruk) memiliki $e = 0$, sedangkan penyerap sempurna sekaligus pemancar sempurna, yaitu benda hitam sempurna memiliki $e = 1$.

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pemahaman siswa, apakah telah terjadi miskonsepsi dan dalam hal apa saja miskonsepsi itu terjadi tentang suhu kalor. Berdasarkan hasil analisis data penelitian pada bab 4 di muka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Dari data tes tertulis dan wawancara menunjukkan bahwa pemahaman siswa mengenai konsep suhu dan termometer kurang baik. Miskonsepsi pada konsep suhu dan termometer kebanyakan disebabkan karena siswa kurang memahami konsep dasar suhu. Pada kasus ini peneliti menyimpulkan bahwa siswa mengalami miskonsepsi dikarenakan oleh faktor pembelajaran dan pengetahuan yang kurang mendalam.
- 2) Dari data tes tertulis dan wawancara menunjukkan bahwa pemahaman siswa mengenai konsep pemuaiian kurang baik. Hal ini kebanyakan disebabkan karena siswa kurang memahami konsep dasar kapan pemuaiian dapat terjadi. Peneliti menyimpulkan bahwa siswa yang mengalami perkembangan konsepsi ke arah yang salah atau miskonsepsi dikarenakan faktor pembelajaran yang salah dan faktor pengetahuan yang kurang mendalam.
- 3) Data tes tertulis dan wawancara menunjukkan bahwa pemahaman siswa mengenai konsep kalor dan perubahan wujud zat kurang baik. Miskonsepsi yang terjadi kebanyakan disebabkan karena siswa kurang bisa memahami bagaimana hubungan antara kalor terhadap perubahan wujud suatu zat.

Alasan dari siswa ini dikarenakan faktor pemahaman yang kurang mendalam terhadap konsep tersebut.

- 4) Dari data tes tertulis dan wawancara menunjukkan bahwa pemahaman siswa mengenai konsep suhu dan perpindahan kalor kurang baik. Miskonsepsi yang terjadi kebanyakan disebabkan karena siswa kurang memahami hubungan antara suhu dan perpindahan kalor. Hal ini menunjukkan bahwa siswa dalam mempelajari perpindahan kalor hanya sebatas hafalan saja dan buku pembelajaran yang digunakan kurang menekankan konsep.

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan hasil penelitian, maka saran yang dapat peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

- 1) Guru mata pelajaran fisika sebaiknya dapat melakukan model pembelajaran yang sesuai dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah dengan menekankan pada konsep dasar agar siswa dapat memahami konsep secara utuh. Dengan melakukan model pembelajaran tersebut, diharapkan guru dapat mengetahui dengan baik konsepsi-konsepsi yang terjadi pada siswa tentang materi yang diajarkan beserta faktor-faktor penyebab terjadinya.
- 2) Pembelajaran yang digunakan di sekolah hendaknya bukan hanya pembelajaran teori di kelas saja, namun praktik secara langsung dan beberapa tugas terstruktur.
- 3) Buku pembelajaran yang digunakan hendaknya memuat konsep-konsep dalam fisika dan latihan soal yang ada ditekankan pada konsep bukan pada rumus.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2013. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan Edisi 2*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Aufschnaiter, C.V. & C. Rogge. 2010. Misconceptions or Missing Conceptions? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1): 3-18. Tersedia: <http://ejmste.com> [diakses pada 18 Maret 2016]
- Berg, E.V.D. 1991. *Miskonsepsi dan Remediasi*. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Dahar, R.W. 2011. *Teori-Teori Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Erlangga.
- Depdiknas. 2007. *Tes Diagnostik*. Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Jewett, S. 2004. *Physics for Scientists and Engineers*. California State Polytechnic University, Pomona.
- Hakim, A., Liliarsari, & A. Kadarohman. 2012. Student Concept Understanding of Natural Products Chemistry in Primary and Secondary Metabolites Using the Data Collecting Technique of Modified CRI. *Journal of Educational Sciences*. 4(3): 544-553. Tersedia di <http://iojes.com> [diakses pada 18 Mei 2016]
- Hewson, P.W. 1992. *Conceptual Change in Science Teaching and Teacher Education*. Paper. Spain: Madrid.
- Kanginan, M. 2013. *Fisika untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Erlangga
- Kucukozer, H. & S. Kocakulah 2008. Effect of Simple Electric Circuits Teaching on Conceptual Change in Grade 9 Physics Course. *Journal of Turkish Science Education*. 5(1): 59-74. Tersedia: <http://search.proquest.com> [diakses pada 18 Maret 2016]
- Linuwih, S. & A. Setiawan. 2010. Latar Belakang Konsepsi Paralel Mahasiswa Pendidikan Fisika dalam Materi Dinamika. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 6(2010): 69-73. Tersedia: <http://journal.unnes.ac.id> [diakses pada 18 Maret 2016]
- Linuwih, S. 2011. *Konsepsi Paralel Mahasiswa Calon Guru Fisika Pada Topik Mekanika*. Disertasi. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Mosik & P. Maulana. 2010. Usaha Mengurangi Terjadinya Miskonsepsi Fisika melalui Pembelajaran dengan Pendekatan Konflik Kognitif. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 6(2010): 98-103. Tersedia: <http://journal.unnes.ac.id> [diakses pada 18 Maret 2016]

- Novak, J. D., & D.B. Gowin. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press. Tersedia: Center for Teaching: <http://centeach.uiowa.edu/concept-map-rubrics.html> [18 September 2013]
- Ozdemir, O.F. 2004. *The Coexistence of Alternative and Scientific Conceptions in Physics*. Disertasi. Ohio State University.
- Posner, G. J., K.A. Strike, P.W. Hewson, & W.A. Gertzog. 1982. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*. 88(2): 211-227.
- Ruhf, R.J. 2003. A General Overview of Conceptual Change Research. *Journal of Physics Education*. Tersedia: <http://citeseerx.ist.psu.edu/> [diakses pada 18 Maret 2016]
- Sochibin, A., P. Dwijananti, P. Marwoto. 2009. Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terpimpin untuk Peningkatan Pemahaman dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 5(2009): 96-101. Tersedia: <http://journal.unnes.ac.id> [diakses pada 18 Maret 2016]
- Sugiyono. 2007. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suparno, P. 2013. *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep Pendidikan Fisika*. Yogyakarta: Penerbit Grasindo.
- Suratno, T. 2008. *Konstruktivisme, Konsepsi Alternatif dan Perubahan Konseptual dalam Pendidikan IPA*. Jurnal Pendidikan Dasar.
- Tayubi, Y.R. 2005. *Identifikasi Miskonsepsi Pada Konsep-Konsep Fisika Menggunakan Certainty of Response Index (CRI)*. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- Tim Penyusun Kamus Pusat Bahasa. 2007. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Vosniadou, S. 1994. *Capturing and Modeling The Process Of Conceptual Change*. University of Athens, Greece Universty of Illinois at Urbana-Champaign, U.S.A.45-69
- Yusup, M. 2012. *Strategi Efektif Pembelajaran Fisika: Ajarkan Konsep*. Palembang: Universitas Sriwijaya.