

**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG  
UNTUK FISIKA SMA**

**SKRIPSI**

Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan



**EKA LESTARI ARDIYANTI  
3215111225**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN FISIKA**






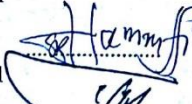

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2015

## LEMBAR PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI

### Pengembangan Alat Praktikum Muai Panjang untuk Fisika SMA

Nama : Eka Lestari Ardiyanti

No Reg : 3215111225

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Penanggung Jawab</b>			
Dekan	: <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		28/7-2015
<b>Wakil Penanggung Jawab</b>			
Pembantu Dekan I	: <u>Dr. Muktiningsih, M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		28/7-2015
Ketua	: <u>Hadi Nasbey, S.Pd, M.Si</u> NIP. 19790916 200501 1 004		15/7-2015
Sekretaris	: <u>Dr. Betty Zelda Siahaan, MM</u> NIP. 19520205 197810 2 001		27/7-2015
<b>Anggota</b>			
Pembimbing I	: <u>Dr. Desnita, M.Si</u> NIP. 19591208 198403 2 001		15/7-2015
Pembimbing II	: <u>Dra. Raihanati, M.Pd</u> NIP. 19570806 198210 2 001		14/7-2015
Penguji	: <u>Drs. Siswoyo, M.Pd</u> NIP. 19640604 199102 1 001		13/7-2015

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 08 Juli 2015

## ABSTRAK

**EKA LESTARI ARDIYANTI.** *Pengembangan Alat Praktikum Muai Panjang untuk Fisika SMA.* Skripsi. Jakarta: Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. 2015.

Telah dilakukan penelitian pengembangan yang menghasilkan media pembelajaran berupa alat praktikum muai panjang. Penelitian dilakukan di laboratorium fisika FMIPA UNJ pada tahap pengembangan alat praktikum dan di SMAN 22 Jakarta pada tahap ujicoba skala kecil penggunaan alat praktikum. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan yang mengacu pada teori Borg and Gall namun hanya sembilan langkah yang dilakukan. Alat praktikum muai panjang telah melalui tahap uji validasi dengan persentase capaian sebesar 91,67% menurut ahli materi, 90,94% menurut ahli pembelajaran, dan 91,93% menurut guru fisika SMA. Hasil uji efektivitas alat praktikum muai panjang fisika terhadap siswa menunjukkan persentase capaian sebesar 80,33% dan dapat menambah pengetahuan siswa. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa alat praktikum hasil pengembangan telah layak dan efektif digunakan pada pembelajaran fisika SMA.

**Kata Kunci:** Alat Praktikum, Muai Panjang, Fisika SMA

## **ABSTRACT**

**EKA LESTARI ARDIYANTI.** *Development of Instrument of Length Expansion as Instructional Media in Physics For Senior High School. Thesis. Jakarta: Physics Education Study Program. Department of Physics. Faculty of Mathematics and Natural Sciences. State University of Jakarta. 2015.*

*The result of development research has conducted such as instrument of length expansion as Instructional Media. Research and the instrument trial has been done in the Laboratory of Physics, Science Faculty, State University of Jakarta and 22 Senior High School Jakarta. This research use development research methods. The instrument of length expansion have been through the stages of validation with achievement percentage of 91,67% according to matter expert, 90,94% according to learning expert, and 91,93% according to physics teacher. instrument of length expansion trials showed achievement percentage of 80,33%. This research concludes that, instrument of length expansion have been qualified to be used as instructional media by physics for senior high school.*

**Keywords:** *instrument of length expansion, physics of senior high school,*

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji penulis panjatkan kepada Allah SWT atas semua karunia yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Alat Praktikum Muai Panjang untuk Fisika SMA” ini tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk melengkapi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar sarjana pendidikan. Dalam menyelesaikan skripsi, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Desnita, M.Si, sebagai Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi
2. Dra. Raihanati, M.Pd sebagai sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
3. Hadi Nasbey, S.Pd, M.Si sebagai Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Program Studi Pendidikan Fisika yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan
4. Drs. Anggara Budi Susila, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika,
5. Dosen dan Staff Jurusan Fisika, serta seluruh jajaran birokrasi FMIPA Universitas Negeri Jakarta
6. Marpu, S.Pd, M.Pd selaku guru fisika SMAN 22 Jakarta dan Yeni Marlina, S.Pd selaku guru fisika MAN 3 Jakarta yang telah membantu dan mendukung dalam pelaksanaan penelitian.
7. Serta pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembacanya, terutama dalam bidang pendidikan fisika.

Jakarta, 1 Juli 2015

Penulis

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan peneliti dalam menyelesaikan skripsi. Selain itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang membantu, membimbing, dan menuntun peneliti menulis skripsi ini,

1. Dr. Desnita, M.Si, sebagai Dosen Pembimbing I
2. Dra. Raihanati, M.Pd sebagai sebagai Dosen Pembimbing II
3. Hadi Nasbey, S.Pd, M.Si sebagai Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Program Studi Pendidikan Fisika
4. Drs. Anggara Budi Susila, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika,
5. Prof. Dr. Djaali, selaku Rektor UNJ

Kepada keluarga penulis yang telah membeli support secara materil dan moril, sehingga penulis tetap semangat menyelesaikan skripsi ini.

**Eka Lestari Ardiyanti**  
**NIM.3215111225**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Fokus Masalah .....	4
D. Perumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan Pustaka .....	6
1. Penelitian Pengembangan .....	6
2. Alat Praktikum .....	7
3. Muai Panjang .....	13
4. Fisika SMA .....	16
B. Kerangka Berpikir .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Tujuan Operasional Penelitian .....	20
B. Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
C. Tim Validasi .....	20
D. Responden .....	21
E. Metode Penelitian .....	21

1. Tahap Pendahuluan .....	23
2. Tahap Perancangan .....	23
3. Tahap Evaluasi .....	25
4. Tahap Penyempurnaan Produk .....	25
F. Desain Penelitian .....	26
G. Instrumen Penelitian .....	27
1. Instrumen Analisis Kebutuhan .....	27
2. Instrumen Uji Validasi .....	28
3. Instrumen Uji Empirik .....	30
4. Instrumen Efektivitas .....	30
H. Teknik Pengumpulan Data .....	31
I. Teknik Analisa Data .....	32
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Deskripsi Hasil Studi Pendahuluan dan Analisis Kebutuhan.....	34
B. Deskripsi Alat Praktikum Muai Panjang Hasil Pengembangan.....	34
1. Tahap Perancangan .....	34
2. Tahap Evaluasi .....	47
3. Tahap Penyempurnaan Produk.....	58
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	60
B. Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>62</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	



## DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
2.1	Nilai Koefisien Muai Panjang Suatu Bahan .....	14
3.1	Pelaksanaan Kegiatan Penelitian .....	20
3.2	Instrumen Analisis Kebutuhan untuk Guru .....	27
3.3	Instrumen Analisis Kebutuhan untuk Siswa .....	27
3.4	Kisi-kisi Instrumen Uji Validasi oleh Dosen Ahli Pembelajaran .....	28
3.5	Kisi-kisi Instrumen Uji Validasi oleh Dosen Ahli Materi .....	29
3.6	Kisi-kisi Instrumen Uji Validasi oleh Guru Fisika SMA .....	29
3.7	Kisi-kisi Instrumen Uji Empirik .....	30
3.8	Kisi-kisi Instrumen Uji Efektivitas Alat Praktikum Muai Panjang .....	30
3.9	Persentase dan Interpretasi Hasil Penilaian .....	32
3.10	Kategori Perolehan <i>N-gain</i> .....	33
4.1	Perbandingan Nilai $\alpha$ Berdasarkan Teori dengan Hasil Ujicoba Peneliti .....	47
4.2	Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, dan <i>N-gain</i> .....	51
4.3	Hasil Uji Validasi Ahli Materi .....	52
4.4	Hasil Uji Validasi Ahli Pembelajaran .....	53
4.5	Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, dan <i>N-gain</i> .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.1	Musschenbroek yang ada di Laboratorium Fisika SMAN 22 .....	2
2.1	Desain Musschenbroek .....	15
2.2	Konvesi Satuan Sudut ke Satuan Panjang untuk Alat Musschenbroek .....	15
3.1	Desain Tampak Depan Rancangan <i>Packaging</i> .....	23
3.2	Desain Rancangan Alat Praktikum Muai Panjang .....	24
3.3	Diagram Desain Penelitian .....	26
4.1	Elemen Setrika Listrik .....	35
4.2	Termometer Digital .....	35
4.3	Batang Logam .....	35
4.4	Dudukan Batang Logam .....	36
4.5	Dudukan Jarum Penunjuk .....	36
4.6	Skala .....	37
4.7	Penyanggah Jarum .....	37
4.8	Kotak Aluminium Tampak Atas .....	38
4.9	Kotak Aluminium Tampak Depan .....	39
4.10	Tutup Kotak Aluminium .....	39
4.11	Alat Praktikum Muai Panjang Tampak Depan .....	40
4.12	Alat Praktikum Muai Panjang Tampak Atas.....	40
4.13	Alat Praktikum Muai Panjang Tampak Belakang .....	40
4.14	Cover LKS dan Cover Buku Panduan .....	41
4.15	Box Alat Praktikum Muai Panjang .....	41
4.16	Memasang Batang Logam pada Kotak Aluminium .....	43
4.17	Mengkaliberasi Jarum Penunjuk .....	43
4.18	Penempatan Posisi Termometer .....	44
4.19	Menghubungkan Elemen dengan Listrik .....	44
4.20	Grafik Nilai $\alpha$ Aluminium .....	45
4.21	Grafik Nilai $\alpha$ Kuningan .....	46

4.22	Grafik Nilai $\alpha$ Besi .....	46
4.23	Tahap Ujicoba Terbatas .....	48
4.24	Siswa Menuliskan Nama pada Cover LKS .....	48
4.25	Jawaban Pertanyaan Awal .....	49
4.26	Siswa Melakukan Praktikum dan Mengambil Data .....	49
4.27	Data Pengamatan Siswa .....	50
4.28	Histogram Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, Kenaikan dan N-Gain .....	51
4.29	Diagram Hasil Uji Validasi Ahli Materi .....	52
4.30	Diagram Hasil Uji Validasi Ahli Pembelajaran .....	54
4.31	Diagram Hasil Uji Validasi Guru Fisika .....	55
4.32	Histogram Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, Kenaikan dan N-Gain .....	57
4.33	Diagram Hasil Uji Empirik .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Angket Analisis Kebutuhan Guru .....	63
2	Hasil Angket Analisis Kebutuhan Guru .....	67
3	Angket Analisis Kebutuhan Siswa .....	68
4	Hasil Angket Analisis Kebutuhan Siswa .....	72
5	Hasil Studi Pendahuluan Ketersediaan Alat Musschenbroek di Laboratorium Fisika SMA .....	74
6	Angket Uji Validasi Ahli Materi .....	75
7	Hasil Angket Uji Validasi Ahli Materi .....	78
8	Angket Uji Validasi oleh Ahli Pembelajaran .....	79
9	Hasil Angket Validasi Ahli Pembelajaran .....	85
10	Angket Validasi Guru Fisika .....	89
11	Hasil Angket Validasi oleh Guru Fisika .....	97
12	Angket Uji Empirik .....	99
13	Hasil Uji Empirik .....	101
14	Rencana Pelaksanaan Pembelajaran .....	102
15	Lembar Kerja Siswa.....	107
16	Dokumentasi Ujicoba Terbatas Alat Praktikum .....	120
17	Soal Pretest Pemuaian Panjang Logam .....	121
18	Soal Posttest Pemuaian Panjang Logam .....	125
19	Nilai Pretest, Posttest, Kenaikan dan <i>N-gain</i> hasil belajar fisika .....	129
20	Buku Panduan Penggunaan Alat Praktikum Muai Panjang .....	131
21	Hasil Ujicoba peneliti terhadap Alat Praktikum Muai Panjang .....	137
22	Surat Keterangan Penelitian .....	141

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Pembelajaran fisika di sekolah masih didominasi pembelajaran konvensional yang dilakukan guru kepada murid. Hasil observasi penulis di salah satu SMA Negeri di Jakarta Timur, pembelajaran fisika yang dilakukan di kelas hampir 75% menggunakan metode ceramah. Siswa cenderung hanya mendengarkan penjelasan yang disampaikan oleh guru.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Vernon A. Magnessen, 1983, dalam Hamid, didapatkan data bahwa, siswa belajar 10% dari apa yang dibaca, 20% dari apa yang didengar, 30% dari apa yang dilihat, 50% dari apa yang dilihat dan didengar, 70% dari apa yang dikatakan, dan 90% dari apa yang dikatakan dan dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa jika guru mengajar dengan ceramah, maka siswa akan mengingat dan menguasai pelajaran tersebut hanya 20%, karena ia hanya mendengarkan. Sebaliknya, jika guru memintanya untuk melakukan sesuatu dan melaporkannya, maka siswa akan mengingatnya dan menguasai pelajaran tersebut 90% (Hamid, 2011).

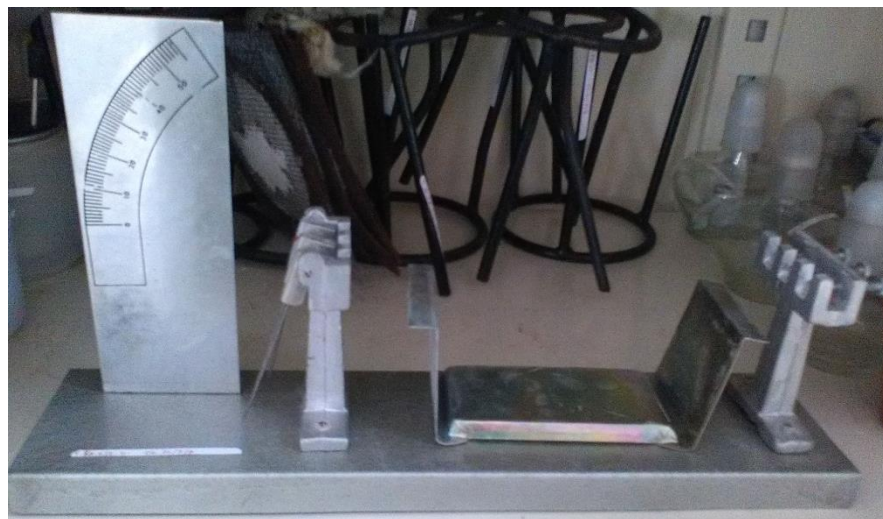
Pengajaran fisika seharusnya memfokuskan pada pemberian pengalaman secara langsung (*hands of activity*) dengan memanfaatkan dan menerapkan konsep, prinsip, serta fakta sains temuan saintis. Sehingga siswa mampu mengingat dan menguasai materi fisika yang disampaikan guru. Untuk mengkondisikan siswa aktif dalam proses pembelajaran, maka diperlukan alat praktikum dengan jumlah yang cukup. Berdasarkan analisis kebutuhan siswa yang dilakukan peneliti di beberapa SMA di Jakarta Timur, diperoleh informasi bahwa 97,96% siswa menyatakan bahwa kegiatan praktikum penting dalam proses pembelajaran dan 90,82% penggunaan alat praktikum mempermudah siswa memvisualisasikan proses terjadinya pemuaiian (lampiran 4).

Namun dari hasil studi pendahuluan di beberapa SMA Negeri di Jakarta Timur, peneliti memperoleh informasi mengenai gambaran ketersediaan alat praktikum fisika tingkat SMA kelas X secara umum, khususnya alat praktikum untuk menjelaskan materi pemuaiian panjang, yaitu musschenbroek. Terdapat

beberapa sekolah yang tidak memiliki alat praktikum tersebut, hanya 18,75% laboratorium fisika yang memiliki musschenbroek (lampiran 5).

Dari analisis kebutuhan siswa, 78,57% siswa tidak mengetahui alat praktikum yang digunakan untuk materi pemuaian panjang (lampiran 4) dan siswa jarang melakukan kegiatan praktikum untuk materi suhu dan kalor dikarenakan alat praktikum yang kurang memadai. Studi pendahuluan di atas menunjukkan alat-alat praktikum fisika untuk materi Suhu dan Kalor yang dimiliki laboratorium sekolah masih rendah, sehingga berdampak pada aktivitas belajar dan aspek keterampilan siswa menjadi rendah.

Berikut adalah musschenbroek yang berada di Laboratorium Fisika SMAN saat ini.



*Gambar 1.1 Musschenbroek yang ada di Laboratorium Fisika SMAN saat ini (Dokumentasi Peneliti)*

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan peneliti terhadap musschenbroek yang ada saat ini, alat ini terdiri dari tiga batang logam yang berbeda jenis, yaitu batang aluminium, batang besi, dan batang kuningan dengan masing-masing batang memiliki diameter 5mm, busur skala, penopang batang logam, dudukan, serta jarum penunjuk skala yang berfungsi untuk menunjukkan pertambahan panjang batang logam. Untuk menggunakan alat ini, bahan yang digunakan adalah spiritus. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan teknik pengapian. Dengan menggunakan teknik ini, tingkat keamanan dalam proses praktikum kurang,

karena spiritus termasuk dalam salah satu bahan kimia berbahaya. Selain itu, musschenbroek ini belum dapat mengukur suhu pada batang logam saat terjadi pemuaian. Sehingga siswa tidak dapat menghitung koefisien muai panjang logam dalam praktikum, karena pemuaian untuk ketiga jenis batang logam diasumsikan terjadi pada perubahan suhu yang sama Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan peneliti terhadap alat musschenbroek, diperoleh data bahwa, batang logam aluminium lebih cepat memuai dari pada batang logam kuningan dan besi. Hal ini ditunjukkan dengan jarum penunjuk skala dari batang logam aluminium lebih cepat menyimpang dari pada jarum penunjuk skala dari batang logam kuningan dan besi. Namun, jarum penunjuk skala dari batang logam besi tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, yakni jarum tetap berapa pada skala nol. Hal ini dikarenakan batang logam besi membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengalami pemuaian dan nilai koefisien muai besi lebih kecil dari pada kuningan dan aluminium. Dari hasil angket analisis kebutuhan guru diperoleh informasi bahwa guru mendukung pengembangan alat praktikum muai panjang sehingga dapat melengkapi fungsi alat musschenbroek yang sudah ada (lampiran 2).

Berdasarkan kondisi dan permasalahan di atas, peneliti ingin mengembangkan “Alat Praktikum Muai Panjang” agar alat musschenbroek tersebut mampu mengukur suhu ketiga batang logam saat terjadi pemuaian. Sehingga siswa dalam praktikum dapat membandingkan koefisien muai panjang logam berdasarkan praktikum dengan teori.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat diidentifikasi permasalahan yang dihadapi, antara lain:

1. Bagaimana memodifikasi alat musschenbroek agar dapat mengukur suhu batang logam saat terjadi pemuaian?
2. Apakah penggunaan alat praktikum muai panjang dapat memberikan pengalaman belajar lebih konkret?

3. Apakah penggunaan alat praktikum muai panjang dapat mempermudah siswa membandingkan koefisien muai panjang logam hasil praktikum dengan teori?
4. Apakah alat praktikum muai panjang yang dikembangkan layak digunakan pada pembelajaran fisika SMA?
5. Apakah alat praktikum muai panjang yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep pemuaian panjang logam?

### **C. Fokus Penelitian**

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dipaparkan di atas, penelitian ini difokuskan pada “Pengembangan alat praktikum muai panjang untuk fisika SMA” untuk mencapai kompetensi dasar yaitu, K.D 3.8 menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari, dan mengetahui efektivitas alat praktikum muai panjang dalam meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep pemuaian panjang logam.

### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Apakah alat praktikum muai panjang yang dikembangkan layak dan efektif digunakan pada pembelajaran fisika SMA?”

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan produk berupa alat praktikum muai panjang untuk fisika SMA dan mengetahui efektivitas alat praktikum muai panjang dalam pembelajaran fisika SMA.

### **F. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian pengembangan alat praktikum muai panjang ini diharapkan bermanfaat bagi banyak pihak, antara lain:

1. Bagi Siswa:
  - a. Memudahkan siswa dalam melakukan kegiatan praktikum pemuaian
  - b. Mendapatkan pengalaman baru dalam belajar



- c. Memperkuat lamanya daya ingat siswa mengenai konsep yang diajarkan
2. Bagi Guru:
    - a. Memudahkan pendidik dalam menyampaikan materi tentang pemuaian
    - b. Memudahkan pendidik untuk menanamkan konsep fisika yang menarik terkait materi pemuaian
  3. Bagi Peneliti:
    - a. Peneliti mendapat pengalaman langsung dalam mengembangkan alat praktikum muai panjang untuk fisika SMA.
    - b. Sebagai referensi dalam penelitian selanjutnya

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Penelitian Pengembangan**

“Metode penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut” (Sugiyono, 2011, 407). Borg and Gall menyatakan bahwa, penelitian dan pengembangan (*research and development/ R&D*) yang digunakan untuk mengembangkan atau memvalidasi produk-produk yang digunakan dalam pendidikan dan pembelajaran (Borg and Gall, 1983, 771). Metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa Inggrisnya *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2011).

Borg and Gall dalam bukunya “*Educational Research An Introduction*” menjelaskan : *educational research and development is a process used to develop and validate educational product*. Pada catatan kakinya tentang “produk”, *“product” includes not only materials object, such as textbooks, instructional films and so forth, but is also intended to refer to established procedures and processes, such as a method of teaching or method for organizing instruction*” (Borg and Gall, 1983,772).

Menurut mereka produk pendidikan yang dihasilkan melalui penelitian dan pengembangan itu tidak terbatas pada bahan-bahan pembelajaran seperti buku teks, film pendidikan dan lain sebagainya, akan tetapi juga bisa berbentuk prosedur atau proses seperti metode mengajar atau metode mengorganisasi pembelajaran.

Tahapan proses dalam penelitian pengembangan biasanya membentuk siklus yang konsisten untuk menghasilkan suatu produk tertentu sesuai kebutuhan, melalui langkah desain awal produk, ujicoba produk awal untuk menemukan berbagai kelemahan, perbaikan kelemahan, diujicobakan kembali, diperbaiki sampai akhirnya ditemukan produk yang dianggap ideal.

Dari beberapa pendapat para ahli di atas, maka dapat disintesis bahwa penelitian dan pengembangan (*research and development/R&D*) merupakan

metode penelitian yang dalam bidang pendidikan digunakan untuk menghasilkan, memvalidasi dan menguji keefektifan produk seperti bahan-bahan pembelajaran, metode pembelajaran ataupun metode mengorganisasi pembelajaran.

## 2. Alat Praktikum

Media pembelajaran menjadi salah satu penunjang kegiatan pembelajaran. Asosiasi Pendidikan Nasional menyatakan bahwa media adalah bentuk-bentuk komunikasi baik tercetak maupun audiovisual serta peralatannya (Arief, 2014).

Sementara menurut Arief Sadiman dalam bukunya “Media Pendidikan, Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya” media adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan minat serta perhatian siswa sedemikian rupa sehingga proses belajar terjadi (Arief, 2014).

Menurut Gagne, media pembelajaran adalah jenis komponen dalam lingkungan siswa yang dapat merangsangnya untuk belajar. Sementara pendapat Schramm dalam Asyhar, tentang media pembelajaran adalah teknologi pembawa pesan (informasi) yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan pembelajaran (Asyhar, 2011).

Berdasarkan definisi di atas maka dapat disintesis bahwa media pembelajaran adalah sarana yang dimanfaatkan untuk keperluan pembelajaran yang dapat merangsang siswa untuk belajar.

Berbagai jenis media pembelajaran yang digunakan untuk mempermudah siswa memahami materi yang disampaikan guru, baik berupa cetak, elektronik, maupun alat praktikum atau alat peraga. Terdapat beberapa kriteria dalam pemilihan media pembelajaran agar memiliki tingkat keefektifan dan efisien yang tinggi dalam kegiatan pembelajaran, serta sesuai dengan materi yang akan disampaikan.

Dick and Careey, dalam Arief (2014: 86) menyebutkan bahwa di samping kesesuaian dengan tujuan perilaku belajarnya, setidaknya terdapat tiga faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan media, yaitu:

a. Ketersediaan sumber setempat

Bila media yang bersangkutan tidak terdapat sumber-sumber yang ada, harus dibeli atau dibuat sendiri.

- b. Produksi  
Untuk membeli atau memproduksi sendiri media tersebut ada tenaga, dana, dan fasilitasnya atau tidak.
- c. Keluwesan, kepraktisan, dan ketahanan media yang bersangkutan untuk waktu yang lama.  
Media bisa digunakan di mana pun dengan peralatan yang ada di sekitarnya dan kapan pun serta mudah dijinjing dan dipindahkan.

Menurut Prof. Drs. Hartono Kasmadi, M.Sc, dalam Harjanto (2011) dalam pemilihan media terdapat empat hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

- a. Pertimbangan Produksi
  - 1) *Availability*  
Media akan efektif dalam mencapai tujuan bila tersedia bahan dan berada pada sistem yang tepat.
  - 2) *Cost*  
Harga tinggi tidak menjamin penyusunan menjadi tepat, demikian sebaliknya tanpa biasanya juga tidak akan berhasil, artinya tujuan belum tentu dapat dicapai.
  - 3) *Physical condition*  
Kondisi fisik sebuah media akan mempengaruhi proses belajar mengajar.
  - 4) *Accessibility to student*  
Media hendaknya bersifat dwi fungsi, yaitu guru dapat menggunakannya dan siswa juga akan semakin mudah mencerna pelajaran.
  - 5) *Emotional impact*  
Pelaksanaan pengajaran dengan menggunakan media harus mampu bernilai estetika sebab akan lebih menarik untuk menumbuhkan motivasi.
- b. Pertimbangan Peserta Didik
  - 1) *Student characteristics*  
Guru harus mampu memahami tingkat kematangan dan latar belakang siswa, sehingga guru dapat memilih media yang sesuai dengan karakteristik siswa, meliputi masalah tingkat kematangan siswa secara menyeluruh.

2) *Student relevance*

Media yang relevan akan memberi nilai positif dalam mencapai tujuan belajar, pengaruhnya akan meningkatkan pengalaman siswa, pengembangan pola pikir, analisis pelajaran, hingga dapat menceritakan kembali dengan baik.

3) *Student involvement*

Media yang disajikan akan memberikan kemampuan siswa dan keterlibatan siswa secara fisik dan mental untuk meningkatkan potensi belajar.

c. *Pertimbangan Isi*

1) *Curriculair relevance*

Penggunaan media harus sesuai dengan isi kurikulum dan tujuannya harus jelas.

2) *Content soundness*

Media yang digunakan usahakan “*up to date*”, sehingga perlu kejelian dalam memilih media, yaitu media digunakan untuk referensi bukan untuk demonstrasi, guru harus mampu membuat media sendiri yang cocok dengan kebutuhan pembelajaran.

3) *Presentation*

Jika isi sudah tepat dan sesuai kebutuhan, perlu juga cara menyajikan yang harus benar.

d. *Pertimbangan Guru*

1) *Teacher utilization*

Guru harus mempertimbangkan dari segi pemanfaatan media yang akan digunakan, yaitu digunakan untuk media atau kelompok, berupa media tunggal atau multimedia, serta berorientasi terhadap tujuan pembelajaran.

2) *Teacher peace of mind*

Media yang digunakan mampu memecahkan masalah, jangan menimbulkan masalah. Maka diperlukan observasi dan mengulas ulang bahan-bahan tersebut sebelum disajikan.

Berikut kriteria atau indikator dalam pemilihan media menurut Daryanto (2013: 37), yaitu:

- a. Berorientasi pada tujuan.
- b. Memiliki kemudahan:
  - 1) Harga terjangkau;
  - 2) Sederhana/mudah dioperasikan;
  - 3) Mudah untuk dibuat;
  - 4) Mudah dibawa.
- c. Memiliki kesesuaian/keluwesannya:
  - 1) Sesuai dengan informasi yang dibahas;
  - 2) Sesuai dengan kondisi peserta (penerima informasi);
  - 3) Dapat digunakan di berbagai tempat (ruangan);
  - 4) Ukuran proporsional.
- d. Dapat memotivasi:
  - 1) Indah (menarik);
  - 2) Menampilkan realita.

Media pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah alat praktikum. Praktikum berasal dari kata praktik yang artinya pelaksanaan secara nyata dari apa yang disebut dalam teori. “Praktikum adalah kegiatan di laboratorium yang dilaksanakan oleh praktikan dengan atau tanpa bimbingan dosen/asisten” (Moh.Amien, 1998:39). Praktikum menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008) adalah bagian dari pengajaran yang bertujuan siswa mendapat kesempatan untuk menguji dan melaksanakan secara nyata apa yang diperoleh dalam teori.

Berdasarkan definisi di atas, maka dapat disintesis bahwa praktikum adalah proses pembelajaran yang menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi dan membuktikan teori yang telah diperoleh.

Alat praktikum dapat juga diartikan sebagai alat peraga, pengertian alat peraga dikemukakan oleh beberapa ahli. Hamalik dalam bukunya “Kurikulum dan

Pembelajaran” mengemukakan bahwa alat peraga disebut juga media pendidikan, yaitu alat, metode, dan teknik yang digunakan dalam rangka mengefektifkan komunikasi dan interaksi antara guru dan siswa dalam proses pendidikan dan pengajaran di sekolah (Hamalik, 2012). Sedangkan menurut Moh. Uzer Usman (2010:31), alat peraga juga didefinisikan sebagai alat yang digunakan guru ketika mengajar untuk memperjelas materi pelajaran yang disampaikan kepada siswa dan mencegah terjadinya verbalisme pada siswa (Heni, 2014). Alat peraga memiliki beberapa kelebihan, diantaranya mampu menampilkan bentuk asli maupun bentuk tiruan dari fenomena yang akan disampaikan pada siswa. Alat peraga yang merupakan tiruan dari benda aslinya dapat memudahkan siswa memahami benda tersebut dengan lebih sederhana. Selain itu alat peraga juga dapat memperkuat daya ingat siswa. Kelebihan lain dari alat peraga ialah mampu membuat siswa lebih aktif dalam kegiatan di kelas, seperti mengamati, dan mendemonstrasikan.

Berdasarkan uraian di atas, sintesa alat peraga adalah alat yang digunakan dalam proses pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengalami atau melakukan sendiri, mengikuti suatu proses, mengamati suatu objek, keadaan, atau proses tersebut, dan menguji teori yang telah diperoleh.

Berdasarkan Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas (2011) dalam buku “Pedoman Pembuatan Alat Peraga Fisika Untuk SMA” terdapat delapan kriteria standar pengujian kelayakan alat peraga IPA dari segi aspek pembelajaran meliputi:

a) Keterkaitan dengan bahan ajar

Konsep yang diajarkan menggunakan alat peraga ada dalam kurikulum atau hanya pengembangan.

b) Nilai pendidikan

Kesesuaian dengan perkembangan intelektual siswa, yaitu sesuai atau kurang sesuai antara kompetensi yang ditingkatkan pada siswa dengan alat peraga yang dibuat.

c) Ketahanan alat

Ketahanan terhadap cuaca, memiliki alat pelindung dari kerusakan, kemudahan perawatan.

- d) Keakuratan alat ukur  
Ketepatan skala pengukuran, ketelitian pengukuran, ketepatan pemasangan tiap komponen, ketahanan komponen pada kedudukan asalnya (tidak longgar)
- e) Efisiensi penggunaan alat  
Kemudahan alat tersebut dirangkai dan dioperasikan
- f) Keamanan bagi siswa  
Konstruksi alat aman bagi siswa, bila perlu memiliki alat pengaman agar tidak mudah menimbulkan kecelakaan pada siswa
- g) Estetika  
Alat penampilannya menarik, berwarna indah, sehingga dapat memotivasi siswa untuk mau belajar dengan menggunakan alat peraga yang dibuat.
- h) Kotak penyimpanan  
Kemudahan mencari, menyimpan, dan mengambil alat.

Alat peraga yang dibuat harus memenuhi delapan kriteria tersebut. sehingga alat peraga dapat dikatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Berdasarkan kriteria pemilihan media pembelajaran dan standar pengujian kelayakan alat peraga menurut Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas, maka tiga indikator yang akan dikembangkan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

- a) Keterkaitan dengan Bahan Ajar.  
Aspek yang dinilai berdasarkan indikator ini adalah kesesuaian isi materi yang dapat disampaikan menggunakan alat praktikum yang dikembangkan dengan kompetensi yang harus dicapai oleh siswa.
- b) Efisiensi Penggunaan Alat  
Aspek yang dinilai berdasarkan indikator ini adalah kemudahan dan kepraktisan penggunaan alat praktikum yang dikembangkan.
- c) Estetika  
Aspek yang dinilai berdasarkan indikator ini adalah penampilan alat praktikum yang dikembangkan.



### 3. Muai Panjang

Salah satu materi fisika di tingkat SMA kelas X pada bab suhu dan kalor adalah pemuaian. Konsep pemuaian banyak diaplikasikan dalam bidang teknologi yaitu, pada pemasangan sambungan rel kereta api yang dibuat berongga, pemasangan kaca jendela yang terdapat ruang antara bingkai kayu dengan kaca, serta celah antara dua jembatan beton (Serway, 2010).

Pemuaian adalah bertambahnya ukuran suatu zat akibat bertambahnya suhu zat. “Sebagian besar zat memuai jika dipanaskan dan akan menyusut jika didinginkan. Bagaimanapun, besarnya pemuaian dan penyusutan bervariasi, bergantung pada materi itu sendiri” (Giancoli, 2001:454). Pemuaian terbagi menjadi tiga jenis, yaitu pemuaian panjang, pemuaian luas, dan pemuaian volume. Suatu zat padat akan mengalami pemuaian panjang ketika dipanaskan apabila lebar dan tebal zat padat tersebut dapat diabaikan terhadap panjangnya (Cutnell, 2013). Misalnya, batang logam yang mengalami pemuaian jika dipanaskan. Faktor yang mempengaruhi besar pemuaian panjang ada tiga, yaitu panjang awal benda ( $l_0$ ), karakteristik bahan ( $\alpha$ ), dan perubahan suhu benda ( $\Delta T$ ). Pemuaian panjang suatu batang logam berbanding lurus dengan panjang awal dan perubahan suhu batang logam tersebut. Semakin besar perubahan suhu yang terjadi pada batang logam, maka pemuaian batang logam tersebut semakin besar. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta l = l_1 \alpha \Delta T \quad (2 - 1)$$

Keterangan :

$\Delta l$  = pertambahan panjang benda (m)

$l_1$  = panjang benda mula-mula (m)

$\alpha$  = koefisien muai panjang ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta T$  = Perubahan suhu benda ( $^{\circ}\text{C}$ )

Koefisien muai panjang ( $\alpha$ ) merupakan besaran yang menyatakan perbandingan pertambahan dengan panjang awal benda tiap satuan kenaikan suhu. Berikut tabel nilai koefisien muai panjang suatu bahan:

*Tabel 2.1 Nilai Koefisien Muai Panjang Suatu Bahan  
(sumber: Halliday, 2011)*

**Some Coefficients of Linear Expansion<sup>a</sup>**

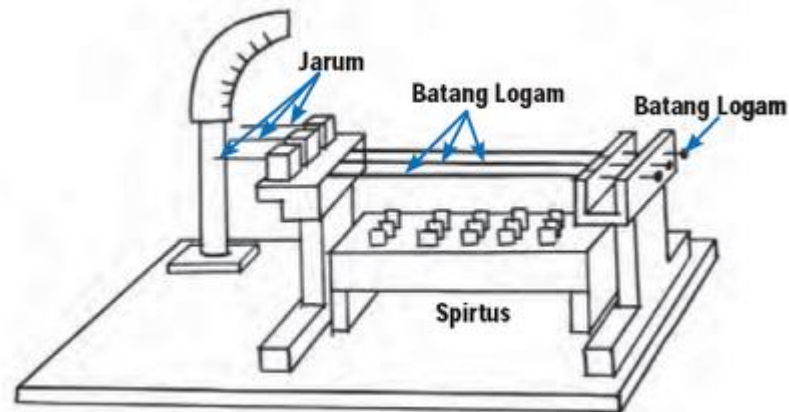
Substance	$\alpha$ ( $10^{-6}/C^{\circ}$ )	Substance	$\alpha$ ( $10^{-6}/C^{\circ}$ )
Ice (at $0^{\circ}C$ )	51	Steel	11
Lead	29	Glass (ordinary)	9
Aluminum	23	Glass (Pyrex)	3.2
Brass	19	Diamond	1.2
Copper	17	Invar <sup>b</sup>	0.7
Concrete	12	Fused quartz	0.5

<sup>a</sup>Room temperature values except for the listing for ice.

<sup>b</sup>This alloy was designed to have a low coefficient of expansion. The word is a shortened form of “invariable.”

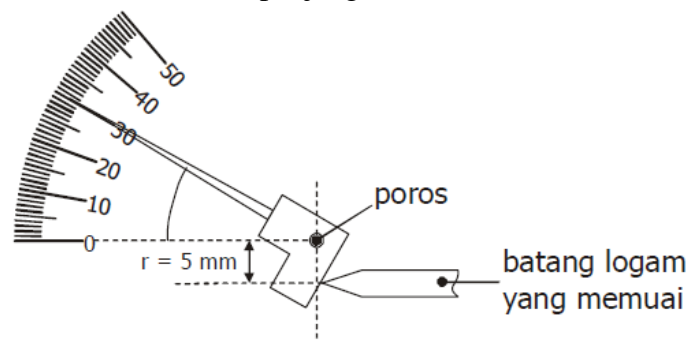
Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah logam yang berbeda jenis, yaitu aluminium, kuningan, dan besi. Koefisien muai panjang menggambarkan karakteristik logam. Semakin besar koefisien muai panjang suatu logam, maka pemuaian panjang logam tersebut akan semakin besar pula.

Alat yang digunakan untuk memvisualisasikan pemuaian panjang batang logam, yaitu alat muschenbroek. “Alat muschenbroek adalah alat yang dapat menunjukkan perbedaan muai panjang dari beberapa jenis batang logam yang dipanaskan” (Pudak, 2015). Berikut ini desain musschenbroek yang ada di Laboratorium Fisika dan dijual di pasaran.



Gambar 2.1. Desain Musschenbroek

Ada tiga jenis batang logam yaitu aluminium, kuningan, dan besi. Ketiga batang tersebut dipanaskan menggunakan pembakar spiritus, pemuaian ditunjukkan oleh pergerakan jarum yang terpasang pada bagian ujung alat musschenbrook. Jarum akan menyimpang dan akan menunjuk pada skala tertentu dalam satuan derajat. Semakin besar simpangan jarum tersebut, berarti semakin panjang pemuaiannya. Dalam menentukan besar pemuaian yang terjadi pada ketiga batang logam, alat muschenbrook memiliki skala dalam satuan derajat ( $^{\circ}$ ). Untuk mengetahui pemuaian diperlukan konversi ke dalam satuan panjang.



Gambar 2.2. Konvesi satuan sudut ke satuan panjang untuk alat musschenbrook

Untuk mengetahui pemuaian yang terjadi, alat muschenbrook memiliki jarum penunjuk simpangan yang dirancang seperti pada Gambar 2.2. Perhatikan Gambar 2.2. Jarak dari poros jarum ke ujung batang logam yang bersentuhan (ujung logam yang diruncingkan),  $\pm 5\text{mm}$ . Panjang pemuaian  $\Delta l$  dapat dihitung dengan persamaan: (Pudak, 2015)

$$\Delta l = \frac{\theta}{180} \pi \times 5\text{mm} \text{ atau } \Delta l = \frac{\theta}{180} \times 15,7\text{mm} \quad (2 - 2)$$

Keterangan :

$\Delta l$  = pertambahan panjang benda (m)

$\theta$  = sudut simpangan jarum ( $^{\circ}$ )

#### 4. Fisika SMA

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang paling mendasar, karena berhubungan dengan perilaku dan struktur benda. Bidang fisika biasanya dibagi menjadi enam topik umum, yaitu gerak, fluida, kalor, cahaya, listrik magnet, dan topik-topik modern seperti relativitas, struktur atom, fisika zat padat, fisika nuklir, partikel elementer, dan astrofisika (Giancoli, 2001:1).

Pada tingkat menengah atas, fisika dipelajari oleh siswa SMA jurusan IPA merupakan topik-topik khusus dari keenam topik umum tersebut. Untuk tingkat SMA kelas X, materi fisika yang dipelajari yaitu besaran fisika, gerak lurus, gerak melingkar, hukum Newton tentang gerak, elastisitas, fluida statis, suhu dan kalor, serta alat optik.

...Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) menyebutkan tujuan pembelajaran fisika SMA agar siswa memiliki kemampuan dalam mengembangkan pengalaman melalui percobaan, sehingga dapat merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, merancang dan merakit instrumen, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data serta mengkomunikasikannya secara lisan dan tertulis. Hal ini menunjukkan bahwa pelajaran fisika bukanlah pelajaran hafalan semata tetapi lebih lanjut menuntut pada keterampilan proses (Taviana, 2014:30).

Pembelajaran fisika saat ini menggunakan pendekatan *scientific*. Konsep pendekatan *scientific* memiliki tujuh kriteria, yaitu

- a) Materi pembelajaran berbasis pada fakta atau fenomena yang dapat dijelaskan dengan logika atau penalaran tertentu; bukan sebatas kira-kira, khayalan, legenda, atau dongeng semata.
- b) Penjelasan guru, respon siswa, dan interaksi edukatif guru-siswa terbebas dari prasangka yang serta-merta, pemikiran subjektif, atau penalaran yang menyimpang dari alur berpikir logis.
- c) Mendorong dan menginspirasi siswa berpikir secara kritis, analitis, dan tepat dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan mengaplikasikan materi pembelajaran.
- d) Mendorong dan menginspirasi siswa mampu berpikir hipotetik dalam melihat perbedaan, kesamaan, dan tautan satu sama lain dari materi pembelajaran.

- e) Mendorong dan menginspirasi siswa mampu memahami, menerapkan, dan mengembangkan pola berpikir yang rasional dan objektif dalam merespon materi pembelajaran.
  - f) Berbasis pada konsep, teori, dan fakta empiris yang dapat dipertanggungjawabkan.
  - g) Tujuan pembelajaran dirumuskan secara sederhana dan jelas, namun menarik sistem penyajiannya.
- (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Kebudayaan dan Penjaminan Mutu Pendidikan, 2013)

Dalam pendekatan scientific langkah-langkah pembelajaran yang ditempuh ada lima langkah, yaitu

- a) Mengamati  
Kegiatan ini bertujuan agar pembelajaran berkaitan erat dengan konteks situasi nyata yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Proses mengamati fakta atau fenomena mencakup mencari informasi, melihat, mendengar, membaca, dan/atau menyimak.
- b) Menanya  
Kegiatan ini dilakukan sebagai salah satu proses membangun pengetahuan siswa dalam bentuk konsep, prinsip, prosedur, hukum dan teori, hingga berpikir metakognitif. Tujuannya agar siswa memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi (*critical thinking skill*) secara kritis, logis, dan sistematis. Proses menanya dilakukan melalui kegiatan diskusi dan kerja kelompok serta diskusi kelas. Praktik diskusi kelompok memberi ruang kebebasan mengemukakan ide/gagasan dengan bahasa sendiri, termasuk dengan menggunakan bahasa daerah.
- c) Menalar/mengemukakan hipotesis  
Kegiatan ini bermanfaat untuk melatih siswa untuk berpikir menemukan jawaban sementara antar pertanyaan yang muncul pada langkah kegiatan menanya.
- d) Mencoba  
Kegiatan ini bermanfaat untuk meningkatkan keingintahuan siswa untuk memperkuat pemahaman konsep dan prinsip/prosedur dengan mengumpulkan data, mengembangkan kreatifitas, dan keterampilan kerja ilmiah. Kegiatan ini mencakup merencanakan, merancang, dan melaksanakan eksperimen, serta memperoleh, menyajikan, dan mengolah data. Pemanfaatan sumber belajar termasuk mesin komputasi dan otomasi sangat disarankan dalam kegiatan ini.
- e) Mengomunikasikan.  
Kegiatan ini adalah sarana untuk menyampaikan hasil konseptualisasi dalam bentuk lisan, tulisan, gambar/sketsa, diagram, atau grafik. Kegiatan ini dilakukan agar siswa mampu mengomunikasikan pengetahuan, keterampilan, dan penerapannya, serta kreasi siswa melalui presentasi, membuat laporan, dan/ atau unjuk karya. (anonim, 2013)

Dalam proses pembelajaran guru berfungsi sebagai fasilitator yang menuntun siswa dituntut melakukan lima kegiatan tersebut. Sehingga dalam proses pembelajarannya tidak cukup jika hanya mendengarkan penjelasan yang disampaikan guru secara verbal.

Salah satu kompetensi yang harus dicapai siswa dalam pembelajaran fisika SMA adalah KD.3.8 menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari, yang harus dicapai siswa SMA di kelas X. Artinya siswa harus melakukan kegiatan penyelidikan untuk bisa menganalisis pengaruh kalor pada kehidupan sehari-hari. Pada penelitian ini, materi fisika yang dibahas dibatasi pada materi suhu dan kalor, submateri pemuaian panjang logam. Logam yang digunakan memiliki jenis yang berbeda, sehingga siswa mengetahui perbedaan nilai koefisien muai panjang masing-masing logam dan penambahan panjang logam yang berbeda-beda.

Sintesa fisika SMA adalah pembelajaran fisika bukanlah sekedar hafalan semata tetapi lebih lanjut menuntut siswa memiliki kemampuan dalam mengembangkan pengalaman melalui percobaan. Berdasarkan lampiran Permendikbud No. 69 tahun 2013 tentang Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum SMA/MA, salah satu kompetensi yang harus dicapai siswa SMA kelas X, adalah KD.3.8 menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari. Dalam KD.3.8 ini materi yang dibahas adalah suhu dan kalor. Pada materi suhu dan kalor akan dipelajari pengaruh kalor terhadap ukuran benda (batang logam), kemudian akan dipelajari faktor-faktor yang mempengaruhi pemuaian panjang logam.

Lima langkah pembelajaran dalam pendekatan *scientific*, akan dijadikan indikator validasi alat praktikum muai panjang yang dikembangkan pada aspek pembelajaran, yaitu mengamati, menanya, menalar/mengemukakan hipotesis, mencoba, mengomunikasikan.

## **B. Kerangka Berpikir**

Pembelajaran fisika di sekolah masih didominasi pembelajaran konvensional yang dilakukan guru kepada murid. Pengajaran fisika seharusnya

memfokuskan pada pemberian pengalaman secara langsung (*hands of activity*) dengan memanfaatkan dan menerapkan konsep, prinsip, serta fakta sains temuan saintis. Untuk mengkondisikan siswa aktif dalam proses pembelajaran, maka diperlukan alat praktikum dengan jumlah yang cukup. Misalnya, dalam mempelajari materi pemuaian di kelas X, alat praktikum yang dibutuhkan adalah alat *musschenbroek*. Namun, peralatan praktikum yang terdapat di beberapa laboratorium fisika SMA kurang memadai. Berdasarkan analisis peneliti terhadap alat *musschenbroek*, alat ini tidak dapat digunakan untuk menentukan serta membandingkan nilai koefisien muai panjang logam hasil praktikum dengan teori. Penulis tertarik untuk mengembangkan alat praktikum muai panjang. Penulis berupaya memanfaatkan komponen yang ada pada alat *musschenbroek* yang dapat dikembangkan. Pengembangan alat dimulai dengan studi pendahuluan ke beberapa SMA Se-Jakarta Timur untuk mengetahui ketersediaan alat praktikum fisika di laboratorium fisika SMA. Setelah melakukan studi pendahuluan, penulis melakukan analisis kebutuhan siswa dan analisis kebutuhan guru, kemudian mensurvei barang-barang yang dapat digunakan untuk memproduksi alat praktikum muai panjang. Setelah melakukan analisis kebutuhan, penulis mulai merancang produk yang akan dikembangkan. Perancangan dimulai dengan membuat desain alat praktikum muai panjang berupa gambar, membuat kerangka alat praktikum muai panjang yang akan dikembangkan, mengumpulkan seluruh komponen alat dan bahan yang diperlukan, dan merakit seluruh komponen dengan kerangka alat praktikum muai panjang. Produk yang dikembangkan akan divalidasi oleh ahli materi dan pembelajaran. Selain itu produk akan diujicobakan kepada siswa SMA yang sedang atau telah mempelajari materi pemuaian sebagai validator. Dalam penelitian ini diharapkan semua siswa pada umumnya dapat mempelajari materi pemuaian melalui kegiatan praktikum.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Tujuan Operasional Penelitian

Tujuan operasional penelitian ini adalah mengembangkan alat praktikum muai panjang untuk fisika SMA dan menguji efektivitas alat praktikum muai panjang dalam pembelajaran fisika SMA.

#### B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lab Mekanika, jurusan fisika UNJ dan diujicobakan pada siswa di SMA Negeri 22 Jakarta Pusat. Kegiatan ini dilakukan sejak Desember 2014 hingga Juni 2015.

*Tabel 3.1 Pelaksanaan Kegiatan Penelitian*

No	Jenis Kegiatan	Waktu						
		Desember 2014	Januari 2015	Febuari 2015	Maret 2015	April 2015	Mei 2015	Juni 2015
1	Studi Pendahuluan							
2	Proposal Penelitian							
3	Tahap Perancangan							
4	Seminar Pra Skripsi							
5	Validasi							
6	Ujicoba							
7	Penulisan Laporan Akhir							

#### C. Tim Validasi

Tim validasi terbagi menjadi dua, yaitu tim validasi materi dan tim validasi pembelajaran. Tim validasi materi terdiri dari dosen Fisika, sedangkan tim validasi pembelajaran terdiri dari dosen Pendidikan Fisika.



#### **D. Responden**

Responden dalam penelitian ini dinyatakan sebagai tim ujicoba. Alat praktikum muai panjang diujicobakan pada siswa SMAN 22, MAN 3, SMAN 27 Jakarta di Laboratorium Fisika MAN 3 Jakarta sebanyak 15 siswa.

#### **E. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian pengembangan (*Research and development*). Metode ini dipilih untuk pengembangan alat praktikum muai panjang untuk fisika SMA. Menurut Borg dan Gall (dalam Sugiyono, 2011) langkah-langkah penelitian pengembangan secara umum adalah:

##### **1. Potensi dan Masalah**

Penelitian dapat berangkat dari adanya potensi dan masalah. Potensi adalah segala sesuatu yang bila didayagunakan akan memiliki nilai tambah. Sedangkan masalah adalah penyimpangan antara yang diharapkan dengan yang terjadi. Berdasarkan pengertian tersebut maka berikut ini adalah inventaris dari potensi dan masalah:

Materi fisika yang dibahas dalam penelitian ini adalah pemuai panjang. Alat musschenbroek yang ada saat ini hanya dapat digunakan untuk mendemonstrasikan proses pemuai panjang, tidak dapat digunakan untuk menghitung koefisien muai panjang logam.

##### **2. Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan menyebar angket analisis kebutuhan kepada guru fisika dan siswa SMA, kemudian melakukan studi ketersediaan alat musschenbroek di laboratorium fisika SMA.

##### **3. Desain Produk**

Setelah melakukan analisis kebutuhan dan studi ketersediaan alat musschenbroek, langkah selanjutnya adalah membuat desain produk yang akan dikembangkan. Pada langkah ini, dilakukan beberapa tahap, yaitu perancangan desain. Merancang desain alat praktikum muai panjang dalam

bentuk dua dimensi. kemudian mengumpulkan seluruh komponen yang diperlukan untuk membuat alat praktikum muai panjang.

4. Validasi Desain

Validasi desain alat praktikum muai panjang dilakukan oleh dosen pembimbing untuk menilai desain produk akan efektif atau tidak.

5. Revisi Desain

Setelah proses validasi desain dengan dosen pembimbing. Revisi desain dilakukan jika terdapat kekurangan desain alat praktikum muai panjang pada proses validasi.

6. Ujicoba Produk

Desain yang telah divalidasi oleh dosen pembimbing kemudian direalisasikan dan divalidasi oleh ahli materi dan ahli pembelajaran. Kemudian dilakukan ujicoba produk oleh peneliti untuk mengetahui nilai error alat praktikum, jika nilai error  $\leq 10\%$  maka alat praktikum muai panjang dapat dikatakan akurat sehingga alat praktikum dapat menunjukkan proses pemuaian panjang logam. Alat praktikum muai panjang ini juga diujicoba oleh siswa dalam skala kecil di laboratorium fisika SMA 22 Jakarta.

7. Revisi Produk

Revisi produk dilakukan jika produk masih tidak efektif. Setelah revisi, produk dapat digunakan untuk uji coba pemakaian.

8. Uji Empirik

Uji empirik alat praktikum muai panjang dilakukan oleh 15 siswa dari beberapa SMA dan MAN, yaitu siswa SMAN 27, siswa MAN 3, dan siswa SMAN 22.

9. Revisi Produk

Apabila dalam proses ujicoba pemakaian alat praktikum masih ditemukan kekurangan, maka dilakukan revisi produk

10. Produksi Massal

Dalam penelitian ini, tahapan pengembangan dilakukan secara sederhana dengan melibatkan tahapan utama tanpa mengurangi esensialnya. Prosedur

pengembangan terdiri atas empat tahap, yaitu tahap pendahuluan, tahap perancangan, tahap evaluasi, dan tahap penyempurnaan produk. Langkah-langkah penelitian pengembangan ini dilakukan sampai langkah kesembilan, yaitu revisi produk. Hal ini dikarenakan keterbatasan waktu dan kemampuan penulis. Berikut adalah langkah-langkah tahapan dalam penelitian ini:

## 1. Tahap Pendahuluan

### a. Studi pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai ketersediaan alat praktikum di laboratorium fisika SMA di Jakarta Timur.

### b. Analisis kebutuhan

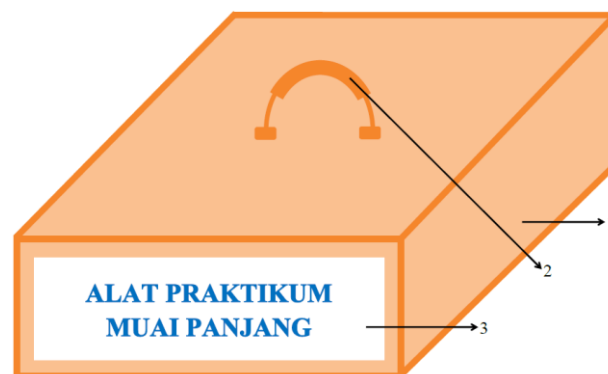
Analisis kebutuhan dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai urgensi dikembangkannya alat praktikum muai panjang bagi guru sebagai media pembelajaran.

## 2. Tahap Perancangan

### a. Perancangan

#### 1) Membuat desain rancangan alat praktikum muai panjang berupa gambar

##### a) Desain rancangan *packaging*

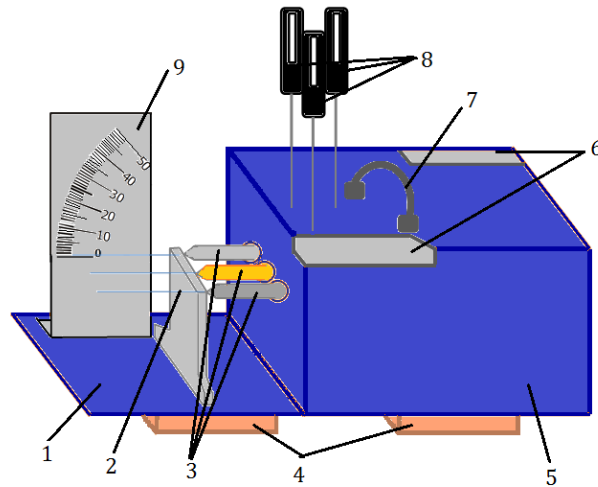


Gambar 3.1 desain tampak depan rancangan *packaging*

Keterangan gambar:

- (1) Papan kayu
- (2) Pegangan
- (3) Triplek mika

b) Desain alat praktikum muai panjang



*Gambar 3.2 desain rancangan alat praktikum muai panjang*

Keterangan gambar:

- (1) Papan kayu
  - (2) Jarum penunjuk skala
  - (3) Tiga jenis batang logam (aluminium, kuningan, dan besi)
  - (4) Kaki penyanggah, terbuat dari kayu
  - (5) Kotak aluminium yang dilapisi kayu
  - (6) Siku penyanggah tutup kotak
  - (7) Pegangan
  - (8) Tiga buah termometer digital
  - (9) Skala satuan derajat
- 2) Mengumpulkan seluruh komponen alat dan bahan yang dibutuhkan  
Mengumpulkan komponen alat praktikum dari barang-barang yang sudah ada.
  - 3) Merakit seluruh komponen alat praktikum muai panjang

#### b. Perangkaian Alat

Pada tahap perangkaian alat dimulai dengan mengumpulkan material alat praktikum muai panjang yang akan digunakan, dengan memperhitungkan fungsinya. Kemudian melakukan alat praktikum muai panjang yang disesuaikan dengan desain. Alat praktikum muai panjang yang telah dirangkai kemudian diuji oleh tenaga ahli. Uji validasi bertujuan untuk mengetahui validitas dari alat praktikum muai panjang yang dihasilkan.

### 3. Tahap Evaluasi

#### a. Validasi

Setelah alat praktikum muai panjang dibuat, kemudian divalidasi oleh tim ahli, yaitu ahli materi dan ahli pembelajaran, terdiri dari dosen fisika dan guru fisika SMA. Peneliti menyediakan instrumen untuk para validator untuk menilai dan memberikan saran.

#### b. Revisi Produk

Setelah mendapatkan hasil dari validator, data tersebut diolah dan produk direvisi sesuai penilaian dan saran validator. Hal ini bertujuan agar produk alat praktikum muai panjang yang dikembangkan dapat digunakan sebagai salah satu media pembelajaran pada materi pemuaian panjang.

#### c. Ujicoba Produk

Alat praktikum muai panjang yang telah divalidasi dan direvisi, diujicobakan kepada siswa SMA yang sedang atau telah mempelajari materi pemuaian panjang. Siswa akan mengisi angket terkait dengan alat praktikum muai panjang tersebut. Dari hasil angket tersebut dapat diketahui sejauh mana tanggapan siswa terhadap penggunaan alat praktikum muai panjang dalam proses pembelajaran fisika.

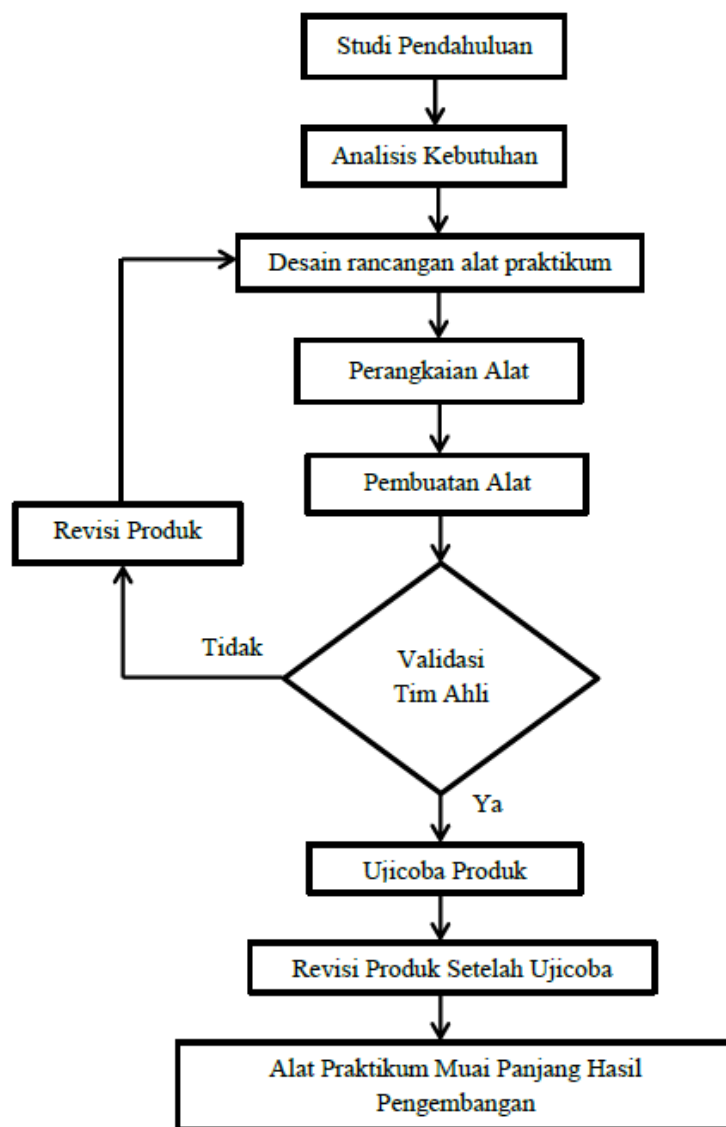
### 4. Tahap Penyempurnaan Produk

Apabila dalam ujicoba masih ditemukan kekurangan, maka perlu dilakukan revisi produk. Revisi pada tahap ini dilakukan agar alat praktikum muai panjang

yang telah dikembangkan dapat digunakan dengan mudah oleh guru maupun siswa.

#### F. Desain Penelitian

Berikut ini adalah desain penelitian alat praktikum pembelajaran fisika materi pemuaian panjang.



Gambar 3.3 Diagram Desain Penelitian

### G. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa lembar observasi angket analisis kebutuhan alat, angket validasi, dan angket ujicoba yang berpedoman pada teori kriteria pemilihan media pembelajaran yang terdapat dalam tinjauan pustaka. Lembar observasi digunakan untuk mengumpulkan data ketersediaan alat praktikum di laboratorium fisika sekolah.

#### 1. Instrumen Analisis Kebutuhan

Instrumen analisis kebutuhan yang digunakan dalam penelitian ini berupa angket yang diberikan kepada guru fisika SMA dan siswa SMA di Jakarta Timur.

*Tabel 3.2 Kisi-kisi Instrumen Analisis Kebutuhan untuk Guru*

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah
Materi	Persepsi guru	Kesulitan mengajarkan konsep-konsep pembelajaran fisika	1,2	2
		Faktor penyebab konsep fisika sulit dipahami siswa	3,4	2
Media	Alat praktikum muai panjang	Ketersediaan alat praktikum di laboratorium	7,8,9,11,12, 14, 15	7
		Penggunaan alat praktikum	10,13,16	3
		Dukungan media pembelajaran	17,18,19,	3
		Penerapan kegiatan praktikum	5, 6	2
<b>Jumlah Pertanyaan</b>				<b>19</b>

*Tabel 3.3 Kisi-kisi Instrumen Analisis Kebutuhan untuk Siswa*

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah
Materi	Persepsi siswa	Senang terhadap fisika	1	1
		Kesulitan memahami konsep-konsep pembelajaran fisika	2,3,4	3
	Pengetahuan siswa	Pengetahuan konsep kalor	13	1
Media	Persepsi siswa	Penggunaan alat praktikum	6,7	2

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah
		Dukungan media pembelajaran	11,12,14, 19	4
		Penerapan kegiatan praktikum	5	1
	Pengetahuan siswa	Pengetahuan tentang alat praktikum	8,9,10,15,16, 17,18	7
<b>Jumlah Pertanyaan</b>				<b>19</b>

## 2. Instrumen Uji Validasi

Instrumen uji validasi dalam penelitian ini berupa angket yang berpedoman pada teori kriteria pemilihan media pembelajaran yang terdapat dalam tinjauan pustaka, instrumen validasi ini diisi oleh dosen ahli pembelajaran dan ahli materi serta guru fisika SMA.

### a. Instrumen Uji Validasi oleh Dosen Ahli Pembelajaran

*Tabel 3.4 Kisi-kisi Instrumen Uji Validasi oleh Dosen Ahli Pembelajaran*

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah butir instrumen
Materi	Keterkaitan dengan bahan ajar	Kesesuaian konten materi	1, 2	2
		Kesesuaian konsep	3, 4, 5	3
Media	Efisiensi penggunaan alat	Alat praktikum mudah digunakan	16, 17	2
	Estetika	Ukuran proporsional alat praktikum	19	1
		Desain alat praktikum menarik	18	1
Pembelajaran	Eksplorasi kegiatan 5M	Mengamati	6, 7	2
		Menanya	8, 9	2
		Menalar/ mengemukakan hipotesis	10, 11	2



Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah butir instrumen
		Mencoba	12, 13	2
		Mengomunikasikan	14, 15	2
<b>Total</b>				<b>19</b>

b. Instrumen Uji Validasi oleh Dosen Ahli Materi

*Tabel 3.5 Kisi-kisi Instrumen Uji Validasi oleh Dosen Ahli Materi*

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah butir instrumen
Materi	Keterkaitan dengan bahan ajar	Kesesuaian konten materi	1, 2	2
		Kesesuaian konsep	3, 4, 5, 6, 7	5
<b>Total</b>				<b>7</b>

c. Instrumen Uji Validasi oleh Guru Fisika SMA

*Tabel 3.6 Kisi-kisi Instrumen Uji Validasi oleh Guru Fisika SMA*

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah butir instrumen
Materi	Keterkaitan dengan bahan ajar	Kesesuaian konten materi	1, 2	2
		Kesesuaian konsep	3, 4, 5	3
Media	Efisiensi penggunaan alat	Alat praktikum mudah digunakan	6, 7	2
	Estetika	Ukuran proporsional alat praktikum	9	1
		Desain alat praktikum menarik	8	1
Pembelajaran	Eksplorasi kegiatan 5M	Mengamati	10	1
		Menanya	11	1
		Menalar/mengemukakan	12	1

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah butir instrumen
		hipotesis		
		Mencoba	13	1
		Mengomunikasikan	14	1
<b>Total</b>				<b>14</b>

### 3. Instrumen Uji Empirik

Instrumen uji empirik dalam penelitian ini berupa angket yang diberikan kepada siswa SMA di Jakarta Timur dan Jakarta Pusat.

*Tabel 3.7 Kisi-kisi Instrumen Uji Empirik*

Dimensi	Aspek	Indikator	Butir Soal	Jumlah butir instrumen
Media	Efisiensi penggunaan alat	Alat praktikum mudah digunakan	1, 2, 3, 4	4
	Estetika	Desain alat praktikum menarik	5, 6	2
<b>Total</b>				<b>6</b>

### 4. Instrumen Uji Efektivitas

Instrumen uji efektivitas dalam penelitian ini berupa soal pilihan ganda yang diberikan kepada siswa pada saat melakukan ujicoba berdasarkan K.D 3.8 menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari.

*Tabel 3.8 Kisi-kisi Instrumen Uji Efektivitas Alat Praktikum Muai Panjang*

Indikator	Nomor Soal per Aspek Kognitif						Jumlah soal
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	
3.8.1 Siswa mampu menyebutkan karakteristik pemuaian panjang logam	1,2						2
3.8.2 Siswa mampu menghitung salah satu besaran fisis dari pemuaian panjang logam		3, 4, 5, 6, 7					5
3.8.3 Siswa mampu menggunakan konsep pemuaian panjang dalam kehidupan sehari-hari			8,9				2
3.8.4 Siswa mampu menganalisis hubungan antara koefisien muai panjang logam dengan perubahan suhu logam				10			1
<b>Jumlah soal</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>			<b>10</b>

#### H. Teknik Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini dikumpulkan melalui angket dengan menggunakan skala Likert. Angket untuk validator diberikan untuk menilai tingkat kevalidan alat praktikum muai panjang. Angket juga diberikan pada siswa SMA pada saat tahap ujicoba alat praktikum sebagai penilaian terhadap alat praktikum muai panjang yang telah dikembangkan.

## I. Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil validasi oleh ahli materi dan ahli media, serta ujicoba oleh siswa dianalisis menggunakan Skala Likert. Instrumen yang digunakan menggunakan skala Likert dengan pilihan skor 1-4 (Sugiyono, 2011). Kriteria interpretasi masing-masing skor sebagai berikut:

Skor 4 :Sangat Setuju

Skor 3: Setuju

Skor 2 : Tidak Setuju

Skor 1 : Sangat Tidak Setuju

Interpretasi skor dihitung berdasarkan skor perolehan tiap aspek penilaian dengan persamaan :

$$\% \text{ interpretasi skor} = \frac{\sum \text{skor perolehan}}{\sum \text{skor maksimum}} \times 100\% \quad (3 - 1)$$

Persentase yang didapatkan kemudian dicocokkan dengan tabel penilaian di bawah ini sebagai hasil penilaian tiap aspek.

Tabel 3.9 Persentase dan Interpretasi Hasil Penilaian

Persentase	Interpretasi
0% - 25%	Sangat Tidak Baik
26% - 50%	Tidak Baik
51% - 75%	Baik
76% - 100%	Sangat Baik

Data hasil belajar diperoleh dari nilai pretest dan posttest. Untuk mengetahui efektivitas alat praktikum muai panjang dilakukan dengan cara menganalisis nilai *pretest* dan nilai *posttest* hasil belajar siswa dengan menggunakan *N-gain*. Teknik *normalized gain* (*N-gain*) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{S_{Post} - S_{Pre}}{S_{Maks} - S_{Pre}} \quad (3 - 2)$$

(Sundayana, 2014 )

Keterangan:

$\langle g \rangle$  = Nilai *normalized gain* (*N-gain*)

$S_{Post}$  = Nilai *posttest*

$S_{Pre}$  = Nilai *pretest*

$S_{Maks}$  = Nilai maksimal ideal

Tabel 3.10 Kategori Perolehan Skor N-Gain

Batasan	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Rendah
$g < 0,3$	Sedang

(Sundayana, 2014)

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Deskripsi Hasil Studi Pendahuluan dan Analisis Kebutuhan**

Dalam penelitian ini, ada empat tahap yang dilakukan peneliti dalam mengembangkan alat praktikum muai panjang yang berpedoman pada teori Borg and Gall dan dilakukan secara sederhana tanpa mengurangi esensial dari langkah-langkah pengembangan menurut teori Borg and Gall. Tahap awal dari penelitian ini adalah tahap pendahuluan, yaitu studi pendahuluan dan analisis kebutuhan. Studi pendahuluan mengenai ketersediaan alat praktikum di laboratorium fisika SMA dilakukan dengan menyebarkan lembar observasi pada guru-guru fisika SMA dan melihat kondisi alat praktikum yang ada di laboratorium. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa ketersediaan alat *musschenbroek* di beberapa laboratorium fisika SMA hanya 18,75%. Berdasarkan analisis yang dilakukan peneliti terhadap alat *musschenbroek*, alat ini cenderung memiliki beberapa kelemahan, yaitu alat *musschenbroek* tidak dapat mengukur suhu ketiga batang logam saat terjadi pemuaian, penggunaan spirtus cenderung membahayakan siswa saat melakukan praktikum jika tidak dilakukan pengawasan yang ketat dalam proses praktikum, serta alat *musschenbroek* ini tidak dapat membantu siswa menghitung koefisien muai panjang berdasarkan praktikum dikarenakan variabel perubahan suhu yang tidak terukur dalam alat *musschenbroek* ini.

#### **B. Deskripsi Alat Praktikum Muai Panjang Hasil Pengembangan**

##### **1. Tahap Perancangan**

###### **a) Membuat desain rancangan alat praktikum muai panjang**

Tahap ini dimulai dengan membuat desain awal alat praktikum muai panjang. Desain alat dibuat berupa gambar dengan menganalisis alat muai panjang yang sudah ada, yaitu *musschenbroek*.

###### **b) Mengumpulkan seluruh komponen yang dibutuhkan**

Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk membuat alat praktikum muai panjang terdiri dari:

1) Elemen pemanas setrika listrik



*Gambar 4.1 elemen setrika listrik*

Elemen ini berfungsi untuk memanaskan ketiga batang logam. Elemen ini diperoleh dari setrika bekas namun masih dapat berfungsi dengan baik. Tombol otomatis pada setrika dicopot, hal ini dilakukan agar elemen selalu panas ketika dihubungkan ke listrik.

2) Tiga buah termometer



*Gambar 4.2 Termometer Digital*

Termometer yang digunakan pada alat praktikum muai panjang merupakan termometer yang memiliki rentang pengukuran antara  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $300^{\circ}\text{C}$ . Termometer ini berfungsi untuk mengukur suhu batang logam saat terjadi pemuaian.

3) Tiga jenis batang logam



*Gambar 4.3 Batang Logam*

Pada alat praktikum muai panjang, digunakan tiga jenis batang logam yang berbeda, yaitu aluminium, kuningan, dan besi. Panjang ketiga batang logam ini 20cm.

4) Dudukan batang logam



*Gambar 4.4 Dudukan Batang Logam*

Dudukan ini berfungsi untuk menyanggah ketiga batang logam. Pada dudukan ini terdapat mur dan baut yang berfungsi untuk menahan pemuaian pada pangkal batang logam.

5) Dudukan jarum penunjuk

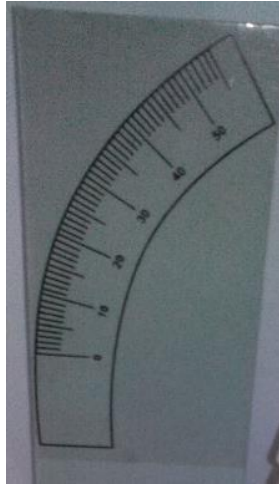


*Gambar 4.5 Dudukan Jarum Penunjuk*

Komponen ini berfungsi untuk menunjukkan terjadinya pertambahan panjang logam saat pemuaian. Jika batang logam mengalami pemuaian, maka jarum akan terdorong dan mengalami penyimpangan.



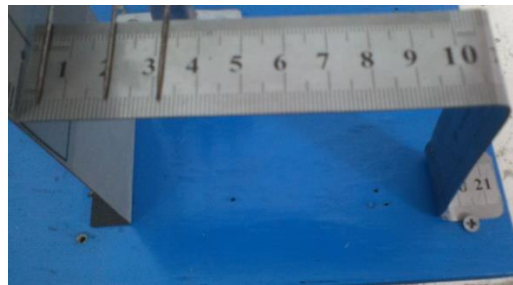
6) Skala (satuan derajat)



*Gambar 4.6 Skala*

Skala ini berfungsi untuk mengukur besar penyimpangan yang terjadi pada jarum penunjuk saat terjadi pemuaian. Skala ini memiliki satuan derajat dengan ketelitian sebesar  $1^\circ$ .

7) Penyanggah jarum



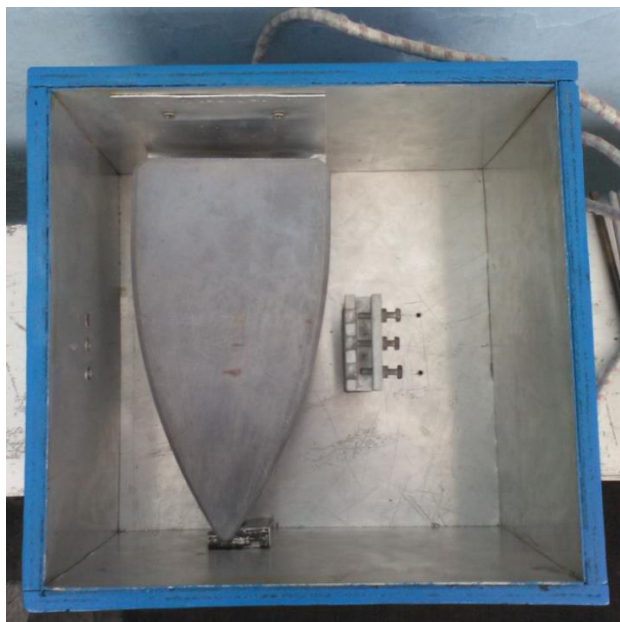
*Gambar 4.7 Penyanggah Jarum*

Penyanggah jarum yang digunakan pada alat praktikum muai panjang terbuat dari penggaris besi yang berukuran panjang 50 cm. penyanggah ini berfungsi untuk memposisikan jarum berada tepat di posisi  $0^\circ$ , hal ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan paralaks pada proses praktikum.

c) Merakit seluruh komponen alat praktikum muai panjang

Setelah semua komponen terkumpul dilanjutkan dengan tahap perakitan atau pembuatan alat praktikum muai panjang. Tahap pembuatan ini dimulai

dengan membuat kotak aluminium yang dilapisi kayu dengan ketebalan 10 mm dan pelat aluminium yang digunakan memiliki ketebalan 1 mm. Ukuran dalam kotak sebesar 24 cm x 23 cm x 12 cm dan ukuran luar kotak sebesar 26 cm x 25 cm x 14 cm. Kemudian memasang elemen setrika listrik pada posisi telentang dengan tombol otomatis yang telah dicopot dan memasang dudukan batang logam. Sisi kiri kotak dilubangi sehingga batang logam tembus keluar kotak. Berikut gambar kotak aluminium yang telah terpasang elemen dan dudukan batang logam:



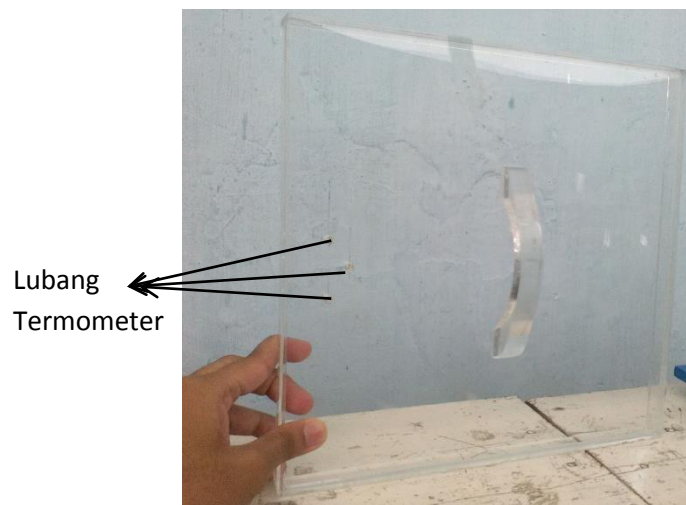
*Gambar 4.8 kotak aluminium tampak atas*

Komponen dudukan jarum, skala, dan penyanggah jarum dipasang di sisi luar luar kotak dan dihubungkan dengan papan kayu di bagian bawah. Papan kayu yang digunakan sebagai tempat dudukan jarum, skala, dan penyanggah jarum berukuran 15 cm x 25 cm dengan ketebalan papan 1 cm.



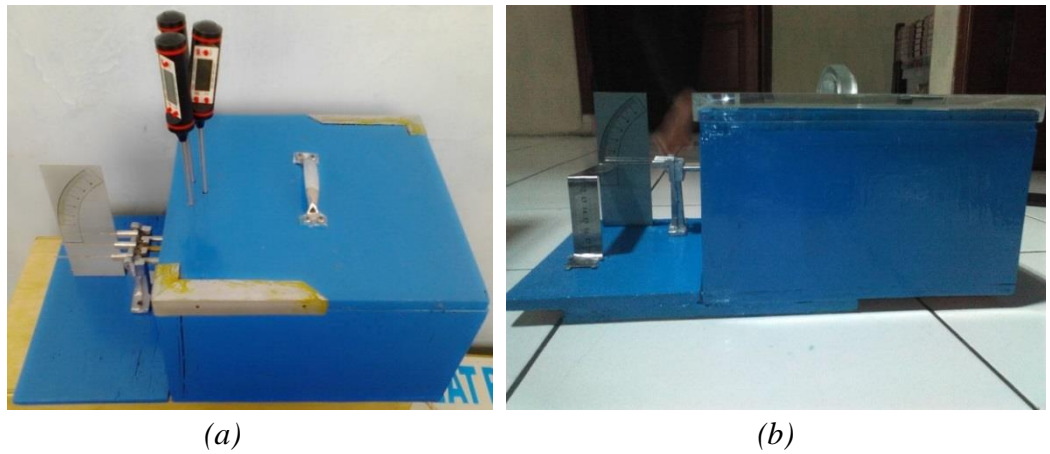
*Gambar 4.9 kotak aluminium tampak depan*

Bagian atas alat praktikum muai panjang atau tutup kotak aluminium terbuat dari akrilik berukuran 26 cm x 25 cm dengan ketebalan 10 mm, permukaan bagian kiri tutup kotak di lubangi tiga buah untuk tempat termometer (gambar 4.12)



*Gambar 4.10 Tutup kotak aluminium*

Ketika alat praktikum muai panjang digunakan, kotak aluminium dan komponen pengukur simpangan jarum disusun seperti pada gambar di bawah ini :



*Gambar 4.11 Alat praktikum muai panjang tampak depan (a) sebelum revisi dan (b) setelah revisi*



*Gambar 4.12 Alat praktikum muai panjang tampak atas (a) sebelum revisi dan (b) setelah revisi*



*Gambar 4.13 Alat praktikum muai panjang tampak belakang (a) sebelum revisi dan (b) setelah revisi*

Alat praktikum muai panjang dilengkapi buku panduan penggunaan alat dan LKS. Buku panduan berfungsi untuk membantu guru menggunakan alat praktikum. Buku ini berisi spesifikasi alat praktikum muai panjang, cara menentukan pemuaian, prosedur penggunaan alat, cara perawatan alat.



Gambar 4.14 (a) Cover LKS dan (b) Cover Buku Panduan

Kemudian alat praktikum muai panjang, LKS, serta buku panduan dimasukkan ke dalam box plastik, agar mudah dalam penggunaannya.



Gambar 4.15 Box Alat praktikum Muai Panjang (a) sebelum revisi dan (b) setelah revisi

#### d) Prinsip Kerja Alat

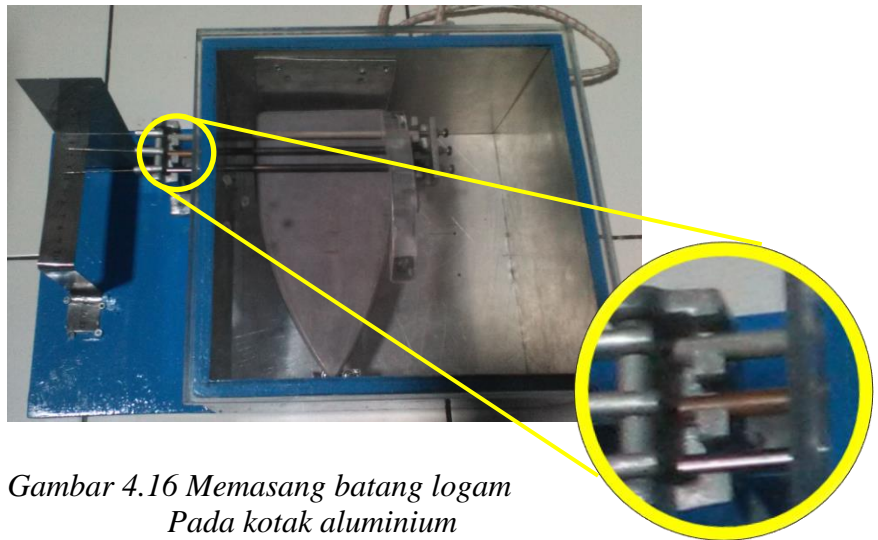
Alat praktikum ini berfungsi untuk memvisualisasikan proses pemuaian yang terjadi pada bahan logam, logam yang digunakan sebanyak tiga buah dengan jenis yang berbeda, yaitu aluminium, besi, dan kuningan. Ketiga batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas setrika listrik yang ditelentangkan sehingga ketiga batang logam menempel pada alas setrika. Posisi elemen setrika, ketiga batang logam, dan dudukan batang logam berada dalam kotak aluminium yang dilapisi kayu dengan ketebalan 10 mm. hal ini dilakukan agar kalor yang dihasilkan oleh elemen tidak terlepas ke luar. Sehingga proses pemuaian menjadi lebih cepat. alat praktikum muai panjang dilengkapi dengan termometer, yang berfungsi untuk mengukur suhu batang logam saat terjadi pemuaian. Termometer diletakkan di posisi bagian dalam kotak, sehingga mengukur suhu batang logam yang berada di bagian dalam kotak aluminium. Pada saat batang logam mengalami pemuaian, ujung batang logam akan mendorong jarum penunjuk, kemudian jarum tersebut akan mengalami penyimpangan. Jika jarum penunjuk mengalami penyimpangan yang besar, maka pemuaian panjang pada batang logam tersebut besar pula. Untuk menentukan besar pemuaian panjang, dilakukan konversi dari satuan derajat ke satuan panjang. Alat praktikum ini dapat membantu siswa menghitung koefisien muai panjang ( $\alpha$ ) masing-masing logam berdasarkan praktikum kemudian membandingkan nilai  $\alpha$  hasil praktikum dengan  $\alpha$  berdasarkan teori.

#### e) Hasil Ujicoba Alat Praktikum Muai Panjang yang telah Dibuat

Dilakukan pengujian alat praktikum muai panjang di rumah peneliti hingga alat praktikum tersebut dapat berfungsi optimal. Apabila alat praktikum sudah dapat bekerja sesuai fungsinya, maka alat praktikum tersebut sudah layak untuk dilakukan pengujian selanjutnya.

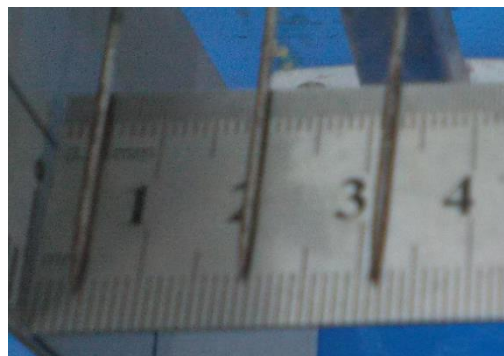
Pengujian alat praktikum bertujuan untuk mengetahui koefisien muai panjang logam yang dihasilkan. Adapun proses pengambilan data sebagai berikut:

- 1) Meletakkan tiga batang logam (aluminium, kuningan, besi) di atas elemen setrika listrik, kemudian memastikan ujung ketiga batang logam menempel pada pangkal jarum, setelah ujung batang menempel pada batang logam pasang tutup kotak



*Gambar 4.16 Memasang batang logam  
Pada kotak aluminium*

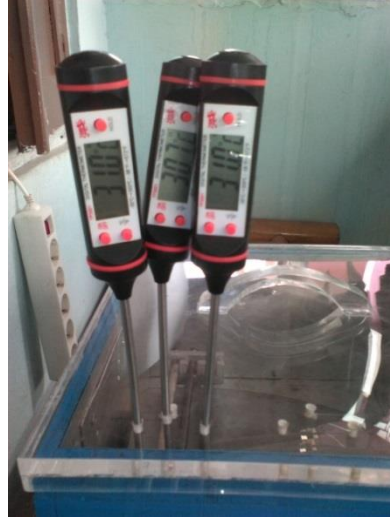
- 2) Memastikan jarum berada pada posisi nol derajat  
Ujung batang logam yang sudah menempel dengan pangkal jarum, kemudian memastikan jarum berada pada posisi nol derajat dengan cara posisi jarum tepat menempel pada badan penyanggah jarum.



*Gambar 4.17 Mengkalibrasi jarum penunjuk*

- 3) Memasang termometer  
Tiga buah termometer dipasang di atas tutup kotak aluminium yang terbuat dari akrilik. Suhu yang diukur adalah suhu batang logam yang berada dalam kotak aluminium. Posisi penempatan termometer disesuaikan

dengan jarak antar logam, yaitu 1 cm. sehingga terlihat tampak tumpang tindih.



*Gambar 4.18 Penempatan posisi termometer*

4) Mengukur suhu awal dan panjang awal batang logam

Dalam mengukur suhu awal, elemen setrika dalam keadaan “*off*” atau tidak terhubung dengan listrik, dan panjang batang logam diukur menggunakan mistar sebelum batang logam tersebut dipasang ke dalam rangkaian alat praktikum muai panjang.

5) Menghubungkan elemen setrika dengan listrik

Sebelum menghubungkan elemen dengan listrik, disiapkan *stopwatch* yang akan digunakan untuk menghitung lamanya pemuaiian batang logam.



*Gambar 4.19 Menghubungkan elemen dengan listrik*



- 6) Mengukur suhu masing-masing batang logam dan besar sudut simpangan. Selama proses pemanasan, suhu masing-masing batang logam diukur. Terlihat bahwa masing-masing logam memiliki kenaikan suhu yang berbeda. Kemudian diukur besar penyimpangan jarum pada suhu tertentu.

Dari data uji coba tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar suhu batang logam, maka penyimpangan sudut yang terjadi semakin besar juga.

Besar pertambahan panjang logam, dihitung dengan mengkonversikan satuan derajat ke satuan panjang dengan persamaan berikut :

$$\Delta l = \frac{\theta}{180} \pi \times 5 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad \Delta l = \frac{\theta}{180} \times 15,7 \text{ mm} \quad \dots (2 - 2)$$

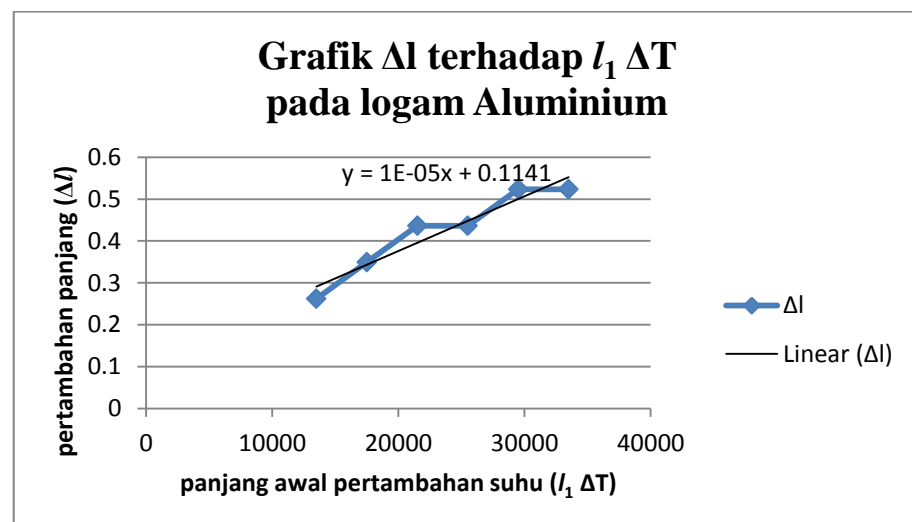
Untuk menentukan nilai koefisien muai panjang logam, diturunkan dari persamaan berikut:

$$\Delta l = l_1 \alpha \Delta T \quad (2 - 1)$$

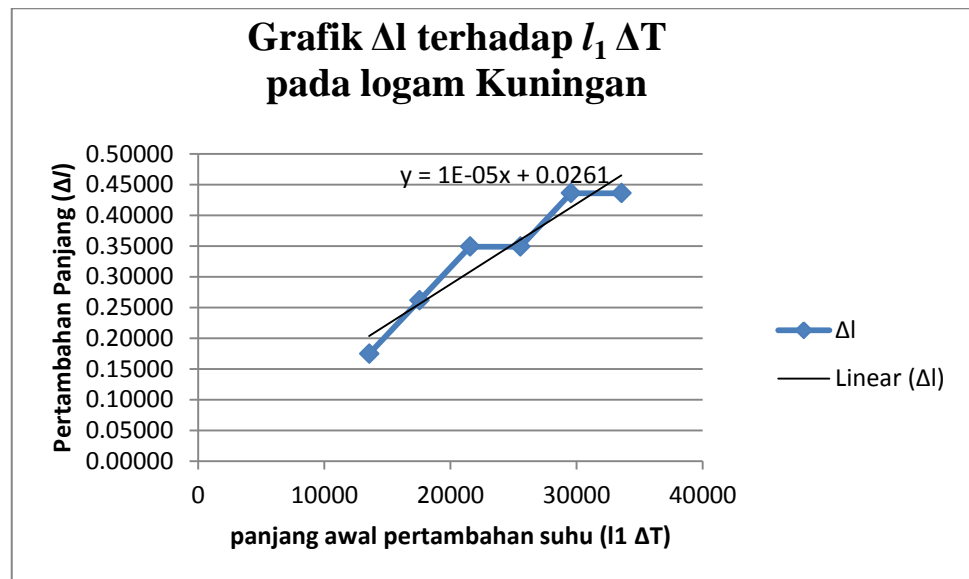
Sehingga diperoleh nilai koefisien muai panjang logam, yaitu :

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_1 \Delta T} \quad (4 - 1)$$

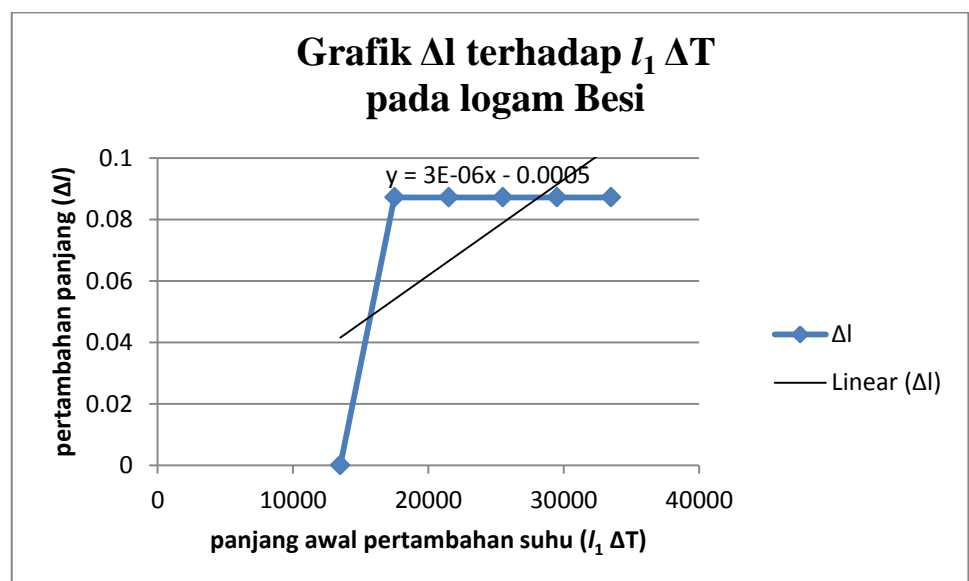
Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan peneliti terhadap alat praktikum muai panjang, diperoleh nilai  $\alpha$ , seperti grafik di bawah ini:



Gambar 4.20 Grafik nilai  $\alpha_{aluminium}$



Gambar 4.21 Grafik nilai  $\alpha$  kuningan



Gambar 4.22 Grafik nilai  $\alpha$  besi

Dari grafik pada gambar 4.20, 4.21, dan 4.22 dapat diketahui bahwa nilai  $\alpha$  dari ketiga logam yang diujicoba,  $\alpha$  aluminium lebih besar daripada  $\alpha$  kuningan besi. Hal ini membuktikan bahwa aluminium lebih cepat memuai daripada kuningan dan besi, dengan kata lain besi lebih tahan panas daripada kuningan dan aluminium. Berikut adalah tabel membandingkan nilai  $\alpha$  dari hasil praktikum dengan  $\alpha$  berdasarkan teori, yaitu:

*Tabel 4.1 Perbandingan nilai  $\alpha$  berdasarkan teori dengan hasil ujicoba peneliti*

<b>Batang Logam</b>	<b><math>\alpha</math> teori</b>	<b><math>\alpha</math> hasil ujicoba</b>	<b>KSR</b>
Aluminium	$2.4 \times 10^{-5}$	$1.83 \times 10^{-5} \pm 0.18 \times 10^{-5}$	9.9
Kuningan	$1.8 \times 10^{-5}$	$1.42 \times 10^{-5} \pm 0.13 \times 10^{-5}$	9.1
Besi	$1.2 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-6} \pm 1.7 \times 10^{-6}$	56.5

Terdapat perbedaan antara hasil ujicoba dengan teori. Hal ini dikarenakan alat praktikum muai panjang, memiliki komponen termometer digital dengan rentang pengukuran suhu antar  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $300^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pada proses pemanasan logam membutuhkan suhu yang cukup tinggi. Sehingga alat ini memiliki keterbatasan yaitu tidak dapat mengukur suhu logam melebihi  $300^{\circ}\text{C}$ . Untuk mengatasi miskonsepsi pada siswa saat menggunakan alat praktikum, maka logam guru memberi penjelasan kepada siswa bahwa logam besi membutuhkan suhu yang sangat tinggi untuk memuai, sehingga pada rentang pengukuran suhu antara  $100^{\circ}\text{C}$  sampai  $200^{\circ}\text{C}$ , jarum penunjuk logam besi hanya menyimpang antara  $0^{\circ}$  dan  $1^{\circ}$ .

## 2. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk menguji kelayakan dan kualitas alat praktikum muai panjang.

### a. Deskripsi Hasil Ujicoba Terbatas

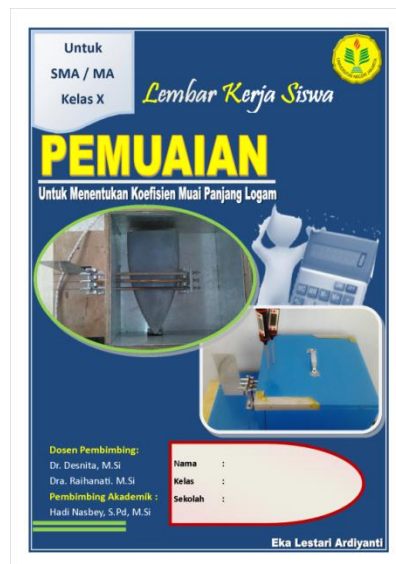
Ujicoba terbatas dilakukan sebelum dilakukan validasi kepada ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran. Tahap ujicoba terbatas dilakukan di Laboratorium fisika SMAN 22 Jakarta pada tanggal 29 Mei 2015 dengan jumlah siswa kelas X MIA 4 sebanyak 5 siswa.



*Gambar 4.23 Tahap Ujicoba terbatas*

Pada tahap ini siswa melakukan praktikum menggunakan alat praktikum muai panjang dengan panduan langkah kerja dari LKS. Siswa juga mengisi LKS (Lembar Kerja Siswa) sesuai dengan variabel-variabel yang dicari pada tabel pengamatan. Langkah-langkah kerja juga sama seperti pengambilan data peneliti. Berikut kegiatan siswa SMAN 22 Jakarta:

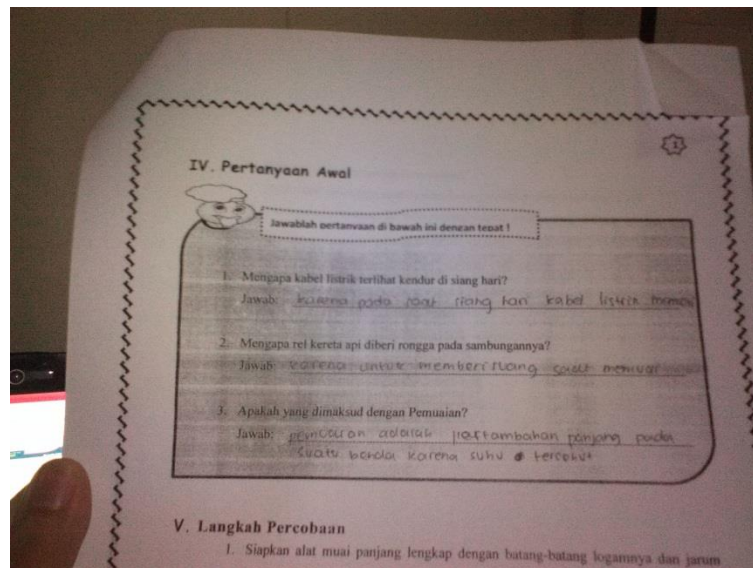
- 1) Siswa diberikan soal pretest kemudian diisi selama 10 menit
- 2) Siswa dibagikan LKS dan mengisi nama di kolom nama pada cover LKS.



*Gambar 4.24 Siswa menuliskan nama pada cover LKS*

- 3) Masing-masing siswa menjawab pertanyaan awal yang terdapat di dalam LKS

Pada pertanyaan awal menurut jawaban siswa, pemuaian merupakan pertambahan panjang pada suatu benda karena suhu tersebut.



Gambar 4.25 Jawaban Pertanyaan Awal

- 4) Siswa melakukan praktikum dengan alat praktikum muai panjang



Gambar 4.26 Siswa melakukan praktikum dan mengambil data

Pengambilan data dilakukan selama 25 menit. Siswa mengalami kesulitan dalam menentukan posisi awal jarum penunjuk pada skala  $0^\circ$ . Setelah selesai mengkalibrasi, siswa mengisi tabel pengamatan yang terdapat dalam LKS.

7

### VI. Data Pengamatan

Variabel	Batang Logam	
	Aluminium	Kuningan
$T_1$ (°C)	29,1	30,8
$l_0$ (mm)	100	100

$T_2$ (°C)	$\theta$ (°)	
	Aluminium	Kuningan
100	1	0
120	3	1
140	5	2
160	7	3
180	9	3
200	9	4

11 menit 27 detik

**Keterangan:**  
 $T_1$  = Suhu benda mula-mula (°C)  
 $l_0$  = panjang benda mula-mula (m)  
 $T_2$  = Suhu benda setelah dipanaskan (°C)  
 $\theta$  = sudut simpangan jarum (°)

### VII. Data Hasil Pengamatan

Saat $T_2$ (°C)	Aluminium		
	$\Delta T$ (°C)	$\Delta l$ (mm)	$\alpha$ (°C)
100	68,9	0,0832	$1,206 \times 10^{-5}$
120	88,9	0,2617	$1,491 \times 10^{-5}$
140	108,9	0,427	$1,27 \times 10^{-5}$
160	128,9	0,61054	$2,37 \times 10^{-5}$
180	148,9	0,8104	$2,05 \times 10^{-5}$
200	168,9	0,6105	$3,3280 / 181,8$
$\alpha_{rata-rata} = \frac{8,4159}{6} = 1,409 \times 10^{-5}$			

Saat $T_2$ (°C)	Kuningan		
	$\Delta T$ (°C)	$\Delta l$ (mm)	$\alpha$ (°C)
100	69,2	0	0
120	89,2	0,892	$4,807 \times 10^{-6}$
140	109,2	0,174	$0,008 \times 10^{-6}$
160	129,2	0,467	$10,14 \times 10^{-6}$
180	149,2	0,2614	$0,76 \times 10^{-5}$
200	169,2	0,76	$3,840 / 7,68 \times 10^{-5}$
$\alpha_{rata-rata} = \frac{207,064}{6} = 3,724 \times 10^{-5}$			

**Keterangan:**  
 $\Delta T = T_2 - T_1$   
 $\Delta l = \frac{\theta}{180} \times 15,7 \text{ mm}$   
 $\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$   
 $\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha}{6}$

**Catatan:**  
 hasil perhitungan dibuat menjadi tiga angka penting (2 angka di belakang koma)

$\frac{1}{100} \times 17,7$   
 $\frac{9}{180} \times 15,7 =$

Gambar 4.27 Data Pengamatan Siswa

5) Siswa menjawab pertanyaan akhir dan menarik kesimpulan dari praktikum yang telah dilakukan.

Pertanyaan akhir terdiri dari dua butir, siswa menjawab dari hasil praktikum yang telah dilakukan, jarum penunjuk pada logam aluminium mengalami penyimpangan yang lebih besar dari pada kuningan. Semakin besar suhu logam maka semakin besar penyimpangannya.

Dari kegiatan yang dilakukan siswa menggunakan alat praktikum muai panjang, siswa dapat menyimpulkan bahwa:

- Semakin tinggi suhu logam maka semakin besar pemuaiannya
- Aluminium memiliki koefisien muai panjang logam yang lebih besar dari pada kuningan

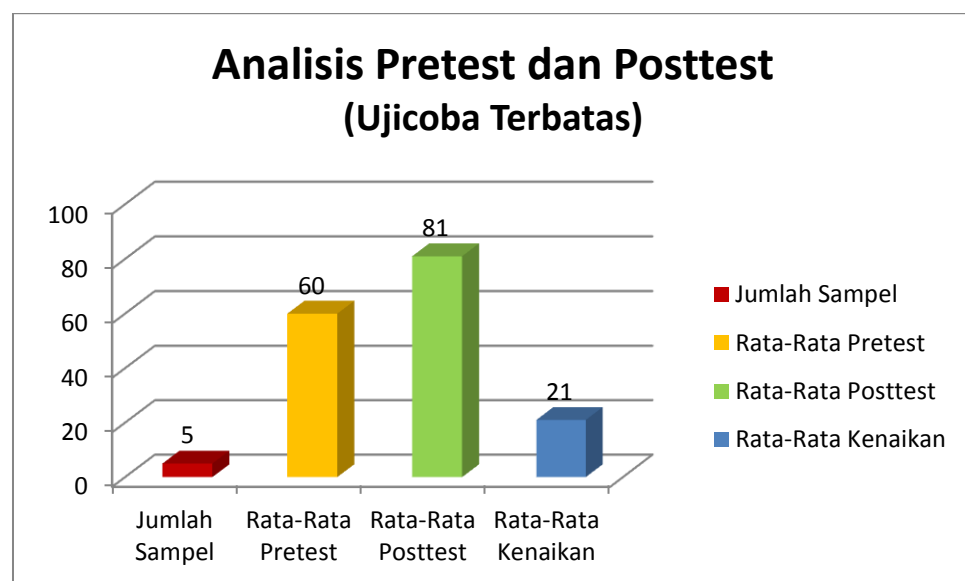
Pada tahap ujicoba terbatas, diperoleh nilai pretest dan posttest yang dianalisis menggunakan *N-gain*, yaitu membandingkan nilai *posttest* setelah menggunakan alat praktikum muai panjang dengan nilai *pretest* sebelum

menggunakan alat praktikum muai panjang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas penggunaan alat praktikum muai panjang sebagai media pembelajaran.

Tabel 4.2 Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, dan N-gain

Jumlah Sampel	Rata-Rata Pretest	Rata-Rata Posttest	Rata-Rata Kenaikan	Rata-Rata N-gain	Kriteria
5	60	81	21	0,52	Sedang

Berdasarkan tabel 4.4 maka dapat dibuat histogram sebagai berikut:



Gambar 4.28 Histogram Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, Kenaikan dan N-gain

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.22, diperoleh hasil analisis data uji *N-gain* sebesar 0,52 (sedang). Hal ini menunjukkan efektivitas penggunaan alat praktikum muai panjang sebagai media pembelajaran berada pada kategori sedang.

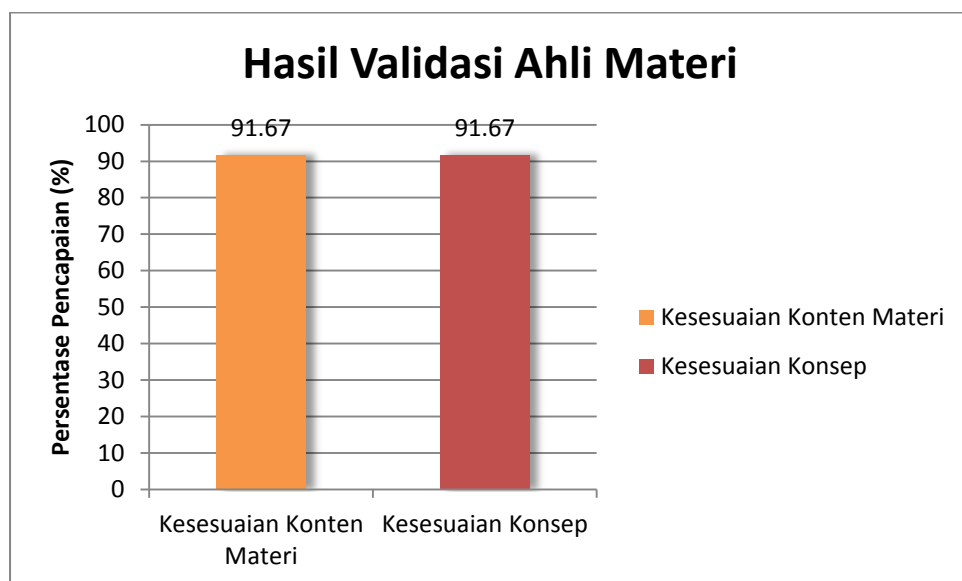
#### b. Deskripsi Hasil Validasi Ahli Materi Fisika

Uji validasi oleh ahli materi dilakukan di Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA UNJ. Validasi ini bertujuan untuk mengetahui kualitas alat praktikum muai panjang dari segi isi materi pembelajaran. Ahli materi yang dilibatkan

adalah dua dosen fisika FMIPA UNJ dan satu dosen teknik FT UIJ. Penilaian diberikan melalui lembar uji validasi ahli materi. Lembar uji validasi berisi 7 butir pernyataan dari 2 indikator, yaitu kesesuaian konten materi dan kesesuaian konsep. Berikut adalah tabel data hasil validasi oleh ahli materi yang dihitung berdasarkan skala Likert:

*Tabel 4.3 Hasil Uji Validasi Ahli Materi*

No	Indikator	Persentase Pencapaian (%)	Interpretasi
1	Kesesuaian Konten Materi	91,67	Sangat Baik
2	Kesesuaian Konsep	91,67	Sangat Baik
Rata-rata		91,67	Sangat Baik



*Gambar 4.29 Diagram Hasil Uji Validasi Ahli Materi*

Pada tahapan penilaian validasi yang dilakukan oleh ahli materi fisika terdapat beberapa saran untuk pengembangan alat praktikum muai panjang ini, yaitu:

- 1) Disarankan menambahkan penyanggah pada posisi nol derajat, sehingga kalibrasi titik nol menjadi akurat



- 2) Disarankan menambahkan termokopel, sehingga pengukuran suhu lebih kompleks
- 3) Disarankan mencari solusi pendinginan logam agar suhu logam kembali normal

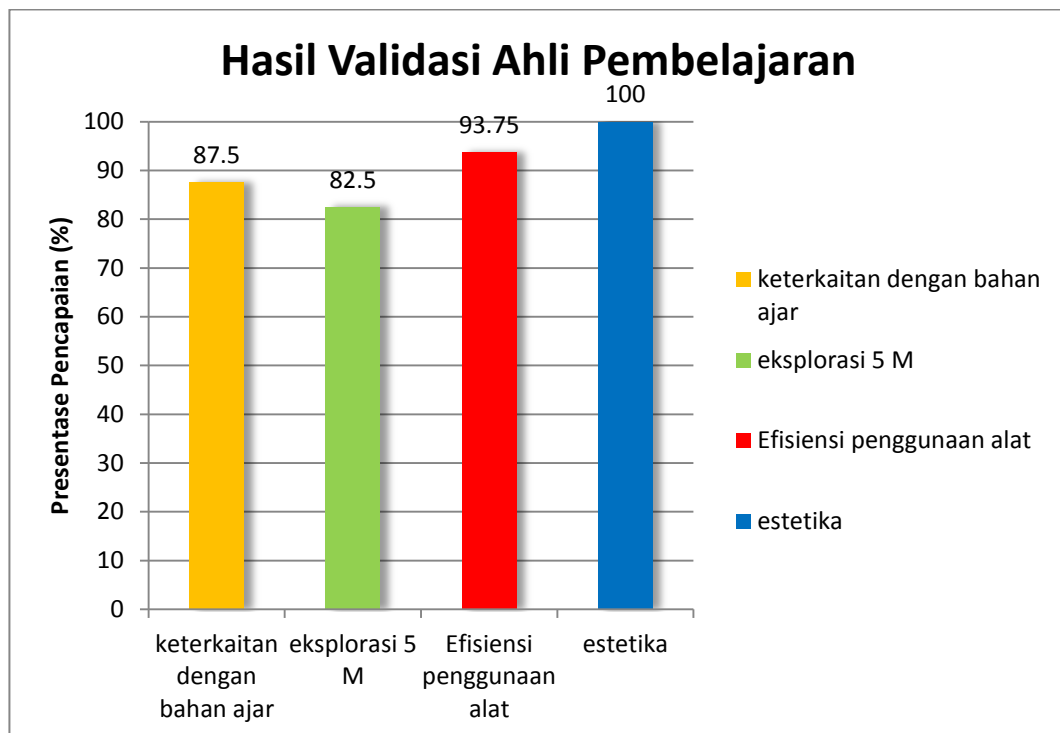
c. Deskripsi Hasil Validasi Ahli Pembelajaran Fisika

Selain divalidasi oleh ahli materi, alat praktikum muai panjang divalidasi oleh ahli pembelajaran. Validasi oleh ahli pembelajaran dilakukan di jurusan fisika FMIPA UNJ. Ahli pembelajaran yang dilibatkan berjumlah dua orang dosen pendidikan fisika. Penilaian uji validasi ahli pembelajaran terdiri dari 4 aspek, yaitu keterkaitan dengan bahan ajar yang terdiri dari 5 pertanyaan, eksplorasi kegiatan 5M terdiri dari 10 pertanyaan, efisiensi penggunaan alat terdiri dari 2 pertanyaan, dan estetika terdiri dari 2 pertanyaan.

Penilaian diberikan melalui lembar validasi ahli pembelajaran (lampiran). Adapun data yang diperoleh dari ahli pembelajaran, sebagai berikut :

*Tabel 4.4 Hasil Uji Validasi Ahli Pembelajaran*

No	Aspek	Persentase Pencapaian (%)	Interpretasi
1	Keterkaitan dengan Bahan Ajar	87,50	Sangat Baik
2	Eksplorasi 5 M	82,50	Sangat Baik
3	Efisiensi Penggunaan Alat	93,75	Sangat Baik
4	Estetika	100	Sangat Baik
Rata-rata		90,94	Sangat Baik



*Gambar 4.30 Diagram Hasil Uji Validasi Ahli Pembelajaran*

Dari validasi yang dilakukan oleh ahli pembelajaran diperoleh skor rata-rata keseluruhan aspek sebesar 86,84 % dan skor rata-rata keseluruhan indikator sebesar 90,94%. Berdasarkan skala likert dan tabel 4.6 dinilai sangat baik. Pada tahapan penilaian validasi yang dilakukan oleh ahli media terdapat beberapa saran untuk pengembangan alat praktikum muai panjang ini, yaitu:

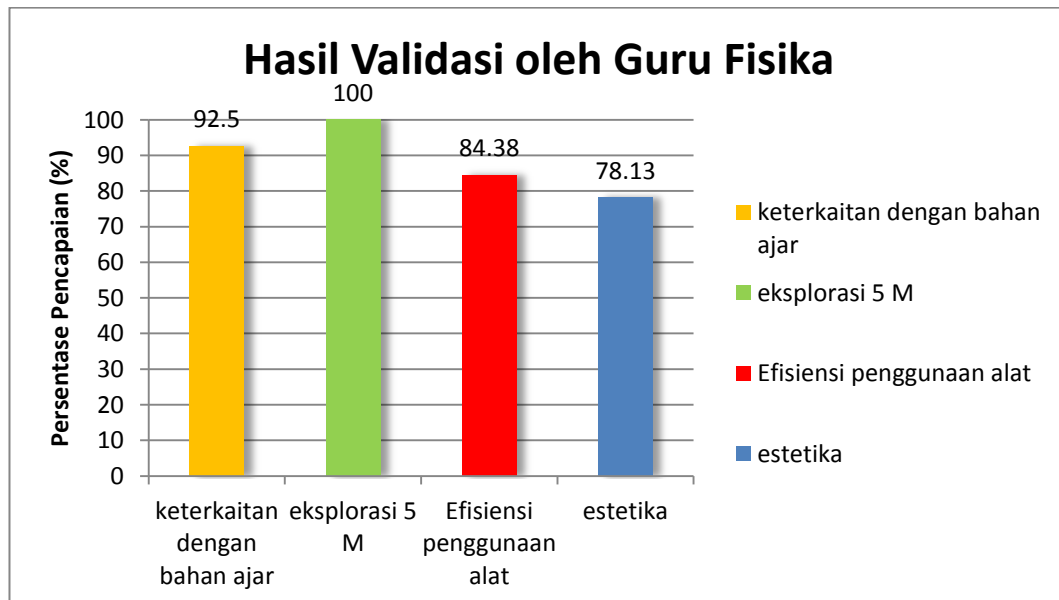
- 1) Disarankan untuk mengubah tutup kotak menjadi transparan, agar komponen yang terdapat di dalam kotak, seperti elemen setrika listrik dan 3 batang logam (aluminium, kuningan, besi) dapat terlihat, serta ujung termometer dapat terlihat bahwa sudah menempel pada batang logam,
- 2) Disarankan untuk mengubah posisi batang logam agar ketiga batang logam mendapatkan panas yang sama besar,
- 3) Disarankan LKS pemuaiannya menambahkan pedoman matematis mengkonversi satuan derajat ke satuan panjang pada bagian teori pendukung dan dikembangkan LKS berbasis masalah,

- 4) Disarankan menambahkan perbandingan hasil ujicoba peneliti dengan teori pada buku panduan yang akan menjadi pegangan guru,
- 5) Disarankan memberikan keterangan untuk komponen yang berbahaya,

d. Deskripsi Hasil Validasi Guru Fisika

Alat praktikum yang telah divalidasi oleh guru bertujuan untuk mengetahui alat praktikum tersebut dapat digunakan di sekolah atau tidak dan memiliki kesesuaian dengan kondisi pembelajaran yang ada di sekolah. Guru fisika yang melakukan validasi alat praktikum ini yaitu dari SMAN 22 Jakarta dan MAN 3 Jakarta. Penilaian uji validasi terdiri dari 4 aspek, yaitu keterkaitan dengan bahan ajar yang terdiri dari 5 pertanyaan, eksplorasi kegiatan 5M terdiri dari 5 pertanyaan, efisiensi penggunaan alat terdiri dari 2 pertanyaan, dan estetika terdiri dari 2 pertanyaan.

Penilaian diberikan melalui validasi guru fisika (lampiran). Adapun data yang diperoleh dari guru fisika (lampiran) adalah sebagai berikut:



Gambar 4.31 Diagram Hasil Uji Validasi Guru Fisika

Dari validasi yang dilakukan oleh guru diperoleh rata-rata keseluruhan aspek sebesar 91,93%. Berdasarkan skala Likert diperoleh penilaian bahwa

kualitas alat praktikum ditinjau dari segi kesesuaian isi, kesesuaian konsep, interaktif, dan kesesuaian desain dinilai sangat baik.

Pada tahapan penilaian validasi yang dilakukan oleh guru fisika terdapat beberapa saran untuk pengembangan alat praktikum muai panjang ini, yaitu:

- 1) Disarankan mencari solusi menentukan koefisien muai panjang besi agar siswa tidak miskonsepsi saat praktikum
- 2) Disarankan membuat desain lebih praktis, menarik, dan mudah dibawa kemana-mana

e. Deskripsi Hasil Uji Empirik

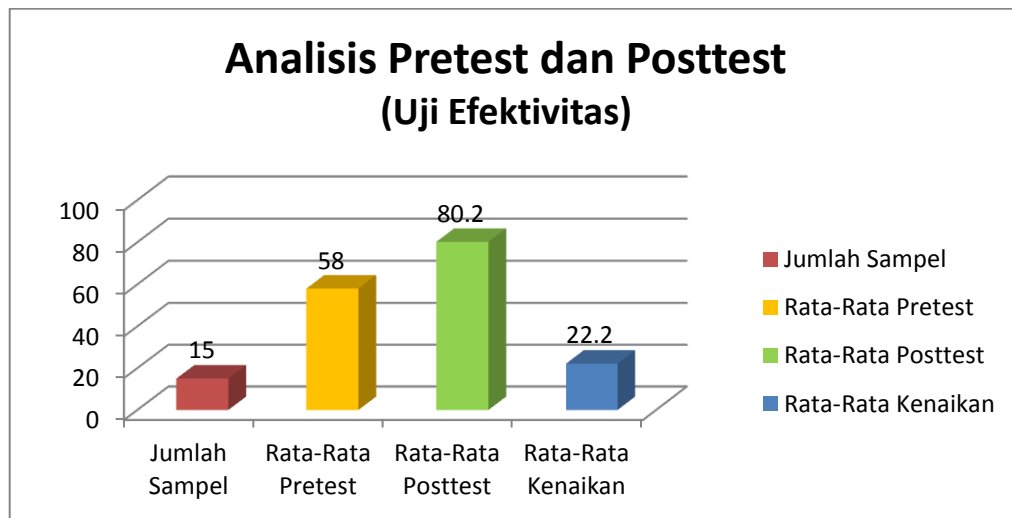
Selain divalidasi oleh dosen ahli materi, ahli pembelajaran, guru fisika, dan diujicoba oleh peneliti, dilakukan uji empirik alat praktikum muai panjang terhadap siswa SMA. Uji empirik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui respon siswa terhadap penggunaan alat praktikum dalam pembelajaran fisika.

Tahap uji empirik setelah proses validasi sama dengan tahap ujicoba terbatas, yang membedakan jumlah sampel. Pada tahap uji empirik ini, jumlah sampel yang diambil sebanyak 15 siswa. Dari hasil uji empirik, diperoleh hasil pretest dan posttest yang dianalisis menggunakan *N-gain*.

*Tabel 4.5 Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, dan N-gain*

<b>Jumlah Sampel</b>	<b>Rata-Rata Pretest</b>	<b>Rata-Rata Posttest</b>	<b>Rata-Rata Kenaikan</b>	<b>Rata-Rata N-gain</b>	<b>Kriteria</b>
15	58	80,2	22,2	0,51	Sedang

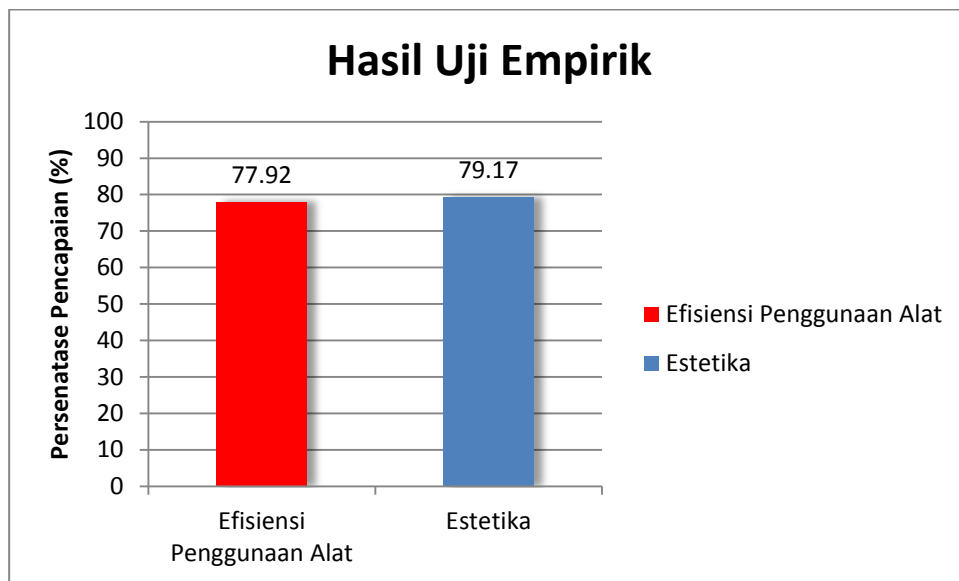
Berdasarkan tabel 4.5 maka dapat dibuat histogram sebagai berikut:



*Gambar 4.32 Histogram Hasil Analisis Rata-Rata Pretest, Posttest, Kenaikan dan N-gain*

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.25, diperoleh hasil analisis data uji *N-gain* sebesar 0,51 (sedang). Hal ini menunjukkan efektivitas penggunaan alat praktikum muai panjang sebagai media pembelajaran berada pada kategori sedang dengan rata-rata skor yang diperoleh sebesar 80,2 dengan nilai KKM (Kriteria Ketuntasan Minimal) 75.

Penilaian terhadap alat praktikum muai panjang diberikan melalui lembar kuisisioner uji empirik (lampiran). Adapun hasil uji empirik yang dilakukan (lampiran) adalah sebagai berikut:



*Gambar 4.33 Diagram Hasil Uji Empirik*

Responden pada tahap uji empirik alat praktikum muai panjang sebanyak 15 siswa yang terdiri dari siswa SMAN 27, SMAN 22, dan MAN 3 Jakarta. Dari hasil uji empirik diperoleh rata-rata efisiensi penggunaan alat sebesar 77,92% dan estetika sebesar 79,17%. Hal ini dikarenakan persepsi siswa terhadap alat praktikum muai panjang bahwa alat terlalu besar, sehingga sulit untuk di bawa kemana-mana dan terkesan sulit untuk menggunakan. Konstruksi alat muai panjang dibuat mengikuti fungsi dari setiap komponen yang terdapat pada alat praktikum muai panjang. Sehingga tampak lebih besar daripada alat sebelumnya, yaitu *musschenbroek*. Namun, rata-rata keseluruhan aspek mencapai 78,33% dan diinterpretasikan bahwa alat praktikum muai panjang yang dikembangkan dinilai sangat baik.

### 3. Tahap Penyempurnaan Produk

Setelah melalui proses validasi dan uji empirik, alat praktikum muai panjang mendapat saran agar alat tersebut menjadi lebih baik. Berdasarkan saran dari ahli materi, ahli pembelajaran, dan guru, maka peneliti melakukan beberapa revisi dari alat praktikum muai panjang, yaitu

- a. Tutup kotak aluminium dibuat menjadi transparan menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 10 mm, agar siswa tidak menduga-duga komponen apa saja yang terdapat dalam kotak dan dapat memastikan bahwa ujung termometer telah menempel pada permukaan batang logam,
- b. Pada posisi  $0^\circ$  diberi penyanggah dari penggaris besi, agar siswa dapat memastikan bahwa jarum sudah berada pada posisi  $0^\circ$  sebelum dilakukan pemanasan,
- c. Posisi ketiga batang logam diubah menjadi diletakkan di bagian elemen setrika yang memiliki sisi yang sama panjang

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil validasi pada alat praktikum muai panjang yang telah dilakukan, maka alat praktikum muai panjang diinterpretasikan sangat baik. Interpretasi ini menunjukkan bahwa alat praktikum muai panjang layak digunakan pada pembelajaran fisika materi pemuaian panjang logam.

Berdasarkan hasil pretest dan posttest pada tahap uji efektivitas alat praktikum muai panjang, maka alat praktikum muai panjang dapat meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep pemuaian panjang logam.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa alat praktikum muai panjang yang dikembangkan layak dan efektif digunakan pada pembelajaran fisika SMA.

#### **B. Saran**

Penelitian yang dilakukan tentunya masih memiliki kekurangan, oleh karena itu, peneliti menganjurkan dilakukannya penelitian selanjutnya, yaitu untuk menemukan strategi pembelajaran terbaik menggunakan alat ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amien, Moh. 1998. *Buku Pedoman Laboratorium dan Petunjuk Praktikum IPA Umum (General Science) untuk Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan*. Jakarta: Depdikbud.
- Asyhar, R. 2011. *Kreatif Mengembangkan Media Pembelajaran*. Jakarta : Gaung Presada Press.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Kebudayaan dan Penjaminan Mutu Pendidikan. 2013. *Konsep Pendekatan Scientific*. Kemendikbud.ppt
- Borg, W.R dan Gall, M.D. 1989. *An Introduction Educational Research*. New York: Pitman Publishing Inc.
- Cutnell, John dan Kenneth W. Johnson. 2013. *Introduction to Physics*. California: Wiley.
- Daryanto. 2013. *Strategi dan Tahapan Mengajar*. Bandung: Yrama Widya.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. 2011. *Pedoman Pembuatan Alat Peraga Fisika Untuk SMA*. Kemendikbud.pdf
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 1 (Ed Kelima)*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, David, R. Resnick, dan Jearl W. 2011. *Fundamentals of Physics*. US of America: Wiley.
- Hamalik, Oemar. 2012. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hamid, M.S. 2011. *Metode Edu Tainment*. Yogyakarta: DIVA Press
- Idris, Zahara dan Lisma Jamal. 1991. *Pengantar Pendidikan*. Padang: Grasindo.
- Nur, Taviana. 2014. *Pengaruh Penggunaan Pembelajaran Learning Cycle 5E Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas X SMA*. Skripsi FMIPA Universitas Negeri Jakarta: tidak diterbitkan.
- Pudak Scientific. 2015. *Manual Musschenbroek*. Bandung: Pudak Scientific.
- Rohmawati, Heni. 2014. *Menentukan Nilai Tetapan Planck sebagai Media Pembelajaran Fisika Modern*. Skripsi FMIPA Universitas Negeri Jakarta: tidak diterbitkan.
- Sadiman, Arief, dkk. 2014. *Media Pendidikan, Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Depok: Rajagrafindo.

- Salinan-Permendikbud Nomor 69 tahun 2013 tentang Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum SMA/MA.pdf
- Sanjaya, Wina. 2013. *Penelitian Pendidikan: Jenis, Metode, dan Prosedur*. Bandung : Kencana Prenada Media Group.
- Serway, Raymond A, dan John W.Jewett Jr. 2010. *Fisika untuk Sains dan Teknik. Buku 2* (Ed Keenam). Jakarta : Salemba Teknika.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sundyana, Rostina. 2014. *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Universitas Pdjajaran. 2011. *Pedoman Penyusunan dan Penulisan Skripsi Program Sarjana Universitas Padjadjaran*. Bandung: UNPAD.
- Universitas Pendidikan Indonesia. 2007. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Bandung: UPI.

## Lampiran 1

## Angket Analisis Kebutuhan Guru

SIYAN 22

ANGKET ANALISIS KEBUTUHAN MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA  
PADA MATERI SUHU DAN KALOR BAGI GURU FISIKA SMA

Nama : MARPU, S.pd.  
Guru Kelas : X

Berikan tanda (√) sesuai dengan jawab Bapak/Ibu.

Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
1. Apakah Bapak/Ibu mengalami kesulitan dalam mengajar materi fisika khususnya pada materi suhu dan kalor?		✓
2. Apakah siswa yang diajarkan mengalami kesulitan dalam memahami materi tersebut (materi suhu dan kalor)?	✓	
3. Menurut Bapak/Ibu faktor yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah sulit untuk dibayangkan/divisualisasikan?	✓	
4. Menurut Bapak/Ibu faktor lain yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah terlalu banyak rumus, simbol, dan istilah yang harus diingat?	✓	
5. Menurut Bapak/Ibu, apakah kegiatan eksperimen/praktikum penting dalam proses pembelajaran?	✓	
6. Apakah Bapak/Ibu menerapkan kegiatan eksperimen/praktikum dalam proses pembelajaran, khususnya materi suhu dan kalor?	✓	
7. Apakah di sekolah tersedia alat praktikum fisika yang memadai?	✓	
8. Apakah alat musschenbroek tersedia di laboratorium fisika? Jika ya,		
9. Berapa jumlah alat musschenbroek? <u>15 SET</u>	✓	
10. Apakah alat musschenbroek tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi proses pemuaiian panjang?	✓	
11. Apakah alat kalorimeter tersedia di laboratorium fisika? Jika ya,	✓	

Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
12. Berapa jumlah alat kalorimeter? <u>20</u> .....	✓	
13. Apakah alat kalorimeter tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi kalor jenis zat?	✓	
14. Apakah alat konduksi dan konveksi kalor tersedia di laboratorium fisika? Jika ya,	✓	
15. Berapa jumlah alat konduksi dan konveksi kalor? <u>15</u> .....	✓	
16. Apakah alat konduksi dan konveksi kalor tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi proses perpindahan kalor?	✓	
17. Apakah alat praktikum yang tersedia di laboratorium fisika mendukung proses pembelajaran, khususnya untuk materi suhu dan kalor?	✓	
Selanjutnya akan dikembangkan media pembelajaran berupa set eksperimen kalor untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah.		
18. Bagaimana pendapat Bapak/Ibu mengenai rencana tersebut?	(Mendukung)	(Tidak Mendukung)
19. Menurut Bapak/Ibu apakah penggunaan set eksperimen kalor ini mengurangi kesulitan Bapak/Ibu dalam mengajar materi fisika kepada siswa?	✓	

SMAN S3

ANGKET ANALISIS KEBUTUHAN MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA  
PADA MATERI SUHU DAN KALOR BAGI GURU FISIKA SMA

Nama : Menani Tongger H

Guru Kelas : X, XI

Berikan tanda (✓) sesuai dengan jawab Bapak/Ibu.

Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
1. Apakah Bapak/Ibu mengalami kesulitan dalam mengajar materi fisika khususnya pada materi suhu dan kalor?		✓
2. Apakah siswa yang diajarkan mengalami kesulitan dalam memahami materi tersebut (materi suhu dan kalor)?		✓
3. Menurut Bapak/Ibu faktor yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah sulit untuk dibayangkan/divisualisasikan?		✓
4. Menurut Bapak/Ibu faktor lain yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah terlalu banyak rumus, simbol, dan istilah yang harus diingat?	✓	
5. Menurut Bapak/Ibu, apakah kegiatan eksperimen/praktikum penting dalam proses pembelajaran?		✓
6. Apakah Bapak/Ibu menerapkan kegiatan eksperimen/praktikum dalam proses pembelajaran, khususnya materi suhu dan kalor?	✓	
7. Apakah di sekolah tersedia alat praktikum fisika yang memadai?		✓
8. Apakah alat musschenbroek tersedia di laboratorium fisika? Jika ya,		
9. Berapa jumlah alat musschenbroek? .....	✓	
10. Apakah alat musschenbroek tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi proses pemuaiian panjang?		
11. Apakah alat kalorimeter tersedia di laboratorium fisika? Jika ya,		✓

Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
12. Berapa jumlah alat kalorimeter? .....		
13. Apakah alat kalorimeter tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi kalor jenis zat?		✓
14. Apakah alat konduksi dan konveksi kalor tersedia di laboratorium fisika? Jika ya,		✓
15. Berapa jumlah alat konduksi dan konveksi kalor? .....		
16. Apakah alat konduksi dan konveksi kalor tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi proses perpindahan kalor?		
17. Apakah alat praktikum yang tersedia di laboratorium fisika mendukung proses pembelajaran, khususnya untuk materi suhu dan kalor?		✓
Selanjutnya akan dikembangkan media pembelajaran berupa set eksperimen kalor untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah.		
18. Bagaimana pendapat Bapak/Ibu mengenai rencana tersebut?	(Mendukung)	(Tidak Mendukung)
19. Menurut Bapak/Ibu apakah penggunaan set eksperimen kalor ini mengurangi kesulitan Bapak/Ibu dalam mengajar materi fisika kepada siswa?		✓

## Lampiran 2

**Hasil Angket Analisis Kebutuhan Guru**

PERTANYAAN	Persentase (%)	
	Y	T
1. Apakah Bapak/Ibu mengalami kesulitan dalam mengajar materi fisika khususnya pada materi suhu dan kalor?	0	100
2. Apakah siswa yang diajarkan mengalami kesulitan dalam memahami materi tersebut (materi suhu dan kalor)?	30	70
3. Menurut Bapak/Ibu faktor yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah sulit untuk dibayangkan / divisualisasikan?	20	80
4. Menurut Bapak/Ibu faktor lain yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah terlalu banyak rumus, simbol, dan istilah yang harus diingat?	80	20
5. Menurut Bapak/Ibu, apakah kegiatan eksperimen / praktikum penting dalam proses pembelajaran?	90	10
6. Apakah Bapak/Ibu menerapkan kegiatan eksperimen/praktikum dalam proses pembelajaran, khususnya materi suhu dan kalor?	70	30
7. Apakah di sekolah tersedia alat praktikum fisika yang memadai?	40	60
8. Apakah alat musschenbroek tersedia di laboratorium fisika?	40	60
10. Apakah alat musschenbroek tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi proses pemuaiian panjang?	20	80
11. Apakah alat kalorimeter tersedia di laboratorium fisika?	40	60
13. Apakah alat kalorimeter tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi kalor jenis zat?	20	80
14. Apakah alat konduksi dan konveksi kalor tersedia di laboratorium fisika?	20	80
16. Apakah alat konduksi dan konveksi kalor tersebut sering digunakan untuk menerangkan materi proses perpindahan kalor?	20	80
17. Apakah alat praktikum yang tersedia di laboratorium fisika mendukung proses pembelajaran, khususnya untuk materi suhu dan kalor?	40	60
18. Selanjutnya akan dikembangkan media pembelajaran berupa set eksperimen kalor untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah. Bagaimana pendapat Bapak/Ibu mengenai rencana tersebut?	90	10
19. Menurut Bapak/Ibu apakah penggunaan set eksperimen kalor ini mengurangi kesulitan Bapak/Ibu dalam mengajar materi fisika kepada siswa?	100	0

## Lampiran 3

## Angket Analisis Kebutuhan Siswa

SMTAAN 53

**ANGKET ANALISIS KEBUTUHAN MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA  
PADA MATERI SUHU DAN KALOR BAGI SISWA SMA**

Nama : *Tasya Khairina*  
Kelas : *X MIA 2*

Berikan tanda (√) sesuai dengan jawab Bapak/Ibu.

Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
1. Apakah Anda menyukai pelajaran fisika?		✓
2. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam memahami materi fisika?	✓	
3. Menurut Anda faktor yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah sulit untuk dibayangkan/divisualisasikan?	✓	
4. Menurut Anda faktor lain yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah terlalu banyak rumus, simbol, dan istilah yang harus diingat?	✓	
5. Menurut Anda, apakah kegiatan eksperimen/praktikum penting dalam proses pembelajaran?	✓	
6. Apakah Anda dalam pembelajaran suhu dan kalor menggunakan alat praktikum?		✓
7. Apakah guru Anda pernah menggunakan media alat praktikum dalam pembelajaran?	✓	
8. Apakah Anda mengetahui alat praktikum pemuai panjang?		✓
9. Apakah Anda mengetahui alat praktikum konduksi dan konveksi kalor?	✓	
10. Apakah Anda mengetahui alat praktikum penentuan kalor jenis zat?		✓
Selanjutnya akan dikembangkan media pembelajaran berupa set eksperimen kalor untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah.		
11. Bagaimana pendapat Anda mengenai rencana tersebut?	✓ (Mendukung)	(Tidak Mendukung)
12. Menurut Anda apakah penggunaan set eksperimen kalor ini mengurangi kesulitan Bapak/Ibu dalam mengajar materi fisika kepada siswa?	✓	
13. Apakah Anda tahu dan memahami bagaimana proses pemuai dan	✓	



Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
perpindahan kalor itu terjadi?		
14. Menurut Anda, apakah materi fisika tentang kalor (pemuai, perpindahan kalor, azas <i>black</i> ) merupakan materi yang sulit dan membutuhkan media tambahan agar lebih mudah dipahami?	✓	
15. Menurut Anda, apakah set eksperimen kalor dapat memperlihatkan proses terjadinya pemuai dan perpindahan kalor?	✓	
16. Apakah Anda pernah menggunakan alat praktikum berupa set eksperimen yang terdiri dari beberapa alat praktikum?	✓	
17. Menurut Anda, Apakah penggunaan alat praktikum akan lebih mempermudah dan dapat memvisualisasikan proses terjadinya pemuai dan perpindahan kalor?	✓	
18. Apakah penggunaan alat praktikum sebagai pendukung pembelajaran fisika dapat mengurangi kesulitan Anda dalam memahami konsep pemuai dan perpindahan kalor?	✓	
19. Apakah Anda tertarik untuk menggunakan media set eksperimen kalor sebagai pendukung pembelajaran fisika?	✓	

SMA N 22 JAKARTA

ANGKET ANALISIS KEBUTUHAN MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA  
PADA MATERI SUHU DAN KALOR BAGI SISWA SMA

Nama : NURUL APRILIA F.Kelas : X MIA-4

Berikan tanda (✓) sesuai dengan jawab Bapak/Ibu.

Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
1. Apakah Anda menyukai pelajaran fisika?	✓	
2. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam memahami materi fisika?	✓	
3. Menurut Anda faktor yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah sulit untuk dibayangkan/divisualisasikan?		✓
4. Menurut Anda faktor lain yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah terlalu banyak rumus, simbol, dan istilah yang harus diingat?	✓	
5. Menurut Anda, apakah kegiatan eksperimen/praktikum penting dalam proses pembelajaran?	✓	
6. Apakah Anda dalam pembelajaran suhu dan kalor menggunakan alat praktikum?		✓
7. Apakah guru Anda pernah menggunakan media alat praktikum dalam pembelajaran?	✓	
8. Apakah Anda mengetahui alat praktikum pemuai panjang?		✓
9. Apakah Anda mengetahui alat praktikum konduksi dan konveksi kalor?		✓
10. Apakah Anda mengetahui alat praktikum penentuan kalor jenis zat?		✓
Selanjutnya akan dikembangkan media pembelajaran berupa set eksperimen kalor untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah.		
11. Bagaimana pendapat Anda mengenai rencana tersebut?	(Mendukung) ✓	(Tidak Mendukung)
12. Menurut Anda apakah penggunaan set eksperimen kalor ini mengurangi kesulitan Bapak/Ibu dalam mengajar materi fisika kepada siswa?		
13. Apakah Anda tahu dan memahami bagaimana proses pemuai dan	✓	

Pertanyaan	Jawaban	
	Ya	Tidak
perpindahan kalor itu terjadi?	✓	
14. Menurut Anda, apakah materi fisika tentang kalor (pemuaiian, perpindahan kalor, azas <i>black</i> ) merupakan materi yang sulit dan membutuhkan media tambahan agar lebih mudah dipahami?		✓
15. Menurut Anda, apakah set eksperimen kalor dapat memperlihatkan proses terjadinya pemuaiian dan perpindahan kalor?	✓	
16. Apakah Anda pernah menggunakan alat praktikum berupa set eksperimen yang terdiri dari beberapa alat praktikum?	✓	
17. Menurut Anda, Apakah penggunaan alat praktikum akan lebih mempermudah dan dapat memvisualisasikan proses terjadinya pemuaiian dan perpindahan kalor?	✓	
18. Apakah penggunaan alat praktikum sebagai pendukung pembelajaran fisika dapat mengurangi kesulitan Anda dalam memahami konsep pemuaiian dan perpindahan kalor?	✓	
19. Apakah Anda tertarik untuk menggunakan media set eksperimen kalor sebagai pendukung pembelajaran fisika?	✓	

## Lampiran 4

## Hasil Angket Analisis Kebutuhan Siswa

Pertanyaan	Jawaban (%)		
	Y	T	K
1. Apakah Anda menyukai pelajaran fisika?	80.61	18.37	1.02
2. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam memahami materi fisika?	79.59	19.39	1.02
3. Menurut Anda faktor yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah sulit untuk dibayangkan/divisualisasikan?	53.06	45.92	1.02
4. Menurut Anda faktor lain yang menyebabkan materi fisika sekolah sulit dipahami adalah terlalu banyak rumus, simbol, dan istilah yang harus diingat?	90.82	9.18	0.00
<b>5. Menurut Anda, apakah kegiatan eksperimen/praktikum penting dalam proses pembelajaran?</b>	<b>97.96</b>	<b>2.04</b>	<b>0.00</b>
6. Apakah Anda dalam pembelajaran suhu dan kalor menggunakan alat praktikum?	50.00	46.94	3.06
7. Apakah guru Anda pernah menggunakan media alat praktikum dalam pembelajaran?	98.98	1.02	0.00
<b>8. Apakah Anda mengetahui alat praktikum pemuaian panjang?</b>	<b>20.41</b>	<b>78.57</b>	<b>1.02</b>
9. Apakah Anda mengetahui alat praktikum konduksi dan konveksi kalor?	31.63	67.35	1.02
10. Apakah Anda mengetahui alat praktikum penentuan kalor jenis zat?	13.27	80.61	6.12
Selanjutnya akan dikembangkan media pembelajaran berupa set eksperimen kalor untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah.			
11. Bagaimana pendapat Anda mengenai rencana tersebut?	93.88	1.02	5.10
12. Menurut Anda apakah penggunaan set eksperimen kalor ini mengurangi kesulitan Bapak/Ibu dalam mengajar materi fisika kepada siswa?			
13. Apakah Anda tahu dan memahami bagaimana proses pemuaian dan perpindahan kalor itu terjadi?	84.69	8.16	7.14
14. Menurut Anda, apakah materi fisika tentang kalor (pemuaian, perpindahan kalor, azas <i>black</i> ) merupakan materi yang sulit dan membutuhkan media tambahan agar lebih mudah dipahami?	56.12	43.88	0.00
15. Menurut Anda, apakah set eksperimen kalor dapat memperlihatkan proses terjadinya pemuaian dan perpindahan kalor?	68.37	28.57	3.06

Pertanyaan	Jawaban (%)		
	Y	T	K
16. Apakah Anda pernah menggunakan alat praktikum berupa set eksperimen yang terdiri dari beberapa alat praktikum?	89.80	10.20	0.00
<b>17. Menurut Anda, Apakah penggunaan alat praktikum akan lebih mempermudah dan dapat memvisualisasikan proses terjadinya pemuaian dan perpindahan kalor?</b>	<b>90.82</b>	<b>9.18</b>	<b>0.00</b>
<b>18. Apakah penggunaan alat praktikum sebagai pendukung pembelajaran fisika dapat mengurangi kesulitan Anda dalam memahami konsep pemuaian dan perpindahan kalor?</b>	<b>97.96</b>	<b>2.04</b>	<b>0.00</b>
19. Apakah Anda tertarik untuk menggunakan media set eksperimen kalor sebagai pendukung pembelajaran fisika?	95.92	4.08	0.00
<b>Keterangan :</b> <b>Y = ya</b> <b>T = tidak</b> <b>K = kosong (tidak menjawab)</b>			

## Lampiran 5

**Hasil Studi Pendahuluan Ketersediaan Alat Musschenbroek di Laboratorium  
Fisika SMA**

<b>Musschenbroek</b>						
<b>Sekolah</b>	<b>Ketersediaan</b>		<b>Kondisi (Jika Ada)</b>			<b>Jumlah</b>
	<b>Ada</b>	<b>Tidak Ada</b>	<b>Baik</b>	<b>Diperbaiki</b>	<b>Rusak</b>	
SMA 14		1				0
SMA 21	1		2			2
SMA 22	1		4			4
SMA 31	1		1			1
SMA 39		1				0
SMA 48		1				0
SMA 53		1				0
SMA 54		1				0
SMA 58		1				0
SMA 61		1				0
SMA 64		1				0
SMA 76		1				0
SMA 100		1				0
SMA 102		1				0
SMA 103		1				0
SMA 107		1				0
<b>Jumlah</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
<b>Persentase</b>	<b>18.75</b>	<b>81.25</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

## Lampiran 6

## Angket Uji Validasi Ahli Materi

**LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI FISIKA**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**

---

Hari/Tanggal : RABU / 3 JUNI 2015  
 Nama Validator : TARWA

Petunjuk Pengisian:

- Mohon beri tanda "✓" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju

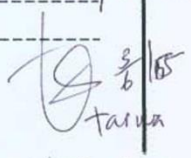
No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian Isi	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator			✓	
2.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				✓
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat mengatasi miskonsepsi pada materi pemuaian pada benda <u>padat</u>			✓	
4.		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam				✓
5.		Alat praktikum muai panjang dapat menentukan perubahan panjang batang logam saat pemuaian				✓
6.		Alat muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam				✓
7.		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengukuran suhu batang logam saat pemuaian dengan akurat			✓	

Tambahan Pendapat dan Saran

Hasil uji coba yg dilakukan pada saat validasi, menunjukkan alat praktikum muai panjang sudah layak & di aplikasikan

Saran-saran Pertimbangan

1. Sebaik indikator terlalu jauh & jarak sehingga tingkat presisi nya kurang.
2. Masing-masing jarak muai harus memiliki skala indikator.
3. Berapa waktu yg dibutuhkan / proses pendugian pd batang logam sehingga & Melampirkan percobaan ~~dan~~ ~~dan~~ logam tsb buktinya kembali. Nama

Jakarta,  3/6/15  
 Tarwa

**LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI FISIKA**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**

Hari/Tanggal : Senin 1 Juni 2015  
 Nama Validator : Dr. Esma Hari Budi

Petunjuk Pengisian:

- Mohon beri tanda "✓" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:
  - Skor 4: Sangat Setuju
  - Skor 3: Setuju
  - Skor 2: Tidak Setuju
  - Skor 1: Sangat Tidak Setuju

No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian Isi	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator				✓
2.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				✓
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat mengatasi miskonsepsi pada materi pemuaian pada benda				✓
4.		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam				✓
5.		Alat praktikum muai panjang dapat menentukan perubahan panjang batang logam saat pemuaian				✓
6.		Alat muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam				✓
7.		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengukuran suhu batang logam saat pemuaian dengan akurat				✓

Tambahan Pendapat dan Saran

Mohon di perbaiki cara penentuan pertambahan muai panjang  $\rightarrow$  lebih akurat.

Jakarta,

  
 (Esma Hari Budi)



**LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI FISIKA**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**


Hari/Tanggal : 16/6 2015  
 Nama Validator : Iwan Sugihartono

**Petunjuk Pengisian:**

- Mohon beri tanda "√" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju

No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian Isi	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator			√	
2.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				√
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat mengatasi miskonsepsi pada materi pemuaian pada benda				√
4.		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam				√
5.		Alat praktikum muai panjang dapat menentukan perubahan panjang batang logam saat pemuaian			√	
6.		Alat muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam			√	
7.		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengukuran suhu batang logam saat pemuaian dengan akurat			√	

**Tambahan Pendapat dan Saran**

- over all ok  
 - bila memungkinkan menggunakan alat digital seperti alat ukur temperatur yg mengah pada titik misal panel sensor/termohopel. Jakarta, 16/6 2015  
 - Manual book/buku panduan penggunaan alat! → 

## Lampiran 7

## Hasil Angket Uji Validasi Ahli Materi

Ahli Materi										
No	Aspek	Indikator	Butir instrumen	Skor				$\Sigma$	% per aspek	% per indikator
				1	2	3	4			
1	Keterkaitan dengan bahan ajar	Kesesuaian konten materi	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator			2	1	10	83.33	91.67
2			Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				3	12	100.00	
3		Kesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat mengatasi miskonsepsi pada materi pemuaian pada benda			1	2	11	91.67	91.67
4			Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam				3	12	100.00	
5			Alat praktikum muai panjang dapat menentukan perubahan panjang batang logam saat pemuaian			1	2	11	91.67	
6			Alat muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam			1	2	11	91.67	
7			Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengukuran suhu batang logam saat pemuaian dengan akurat			2	1	10	83.33	

## Lampiran 8

## Angket Uji Validasi oleh Ahli Pembelajaran

**LEMBAR VALIDASI AHLI PEMBELAJARAN FISIKA**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM UNTUK FISIKA SMA KELAS X**

Hari/Tanggal : 29-06-2015  
 Nama Validator : Fandi Isakri

Petunjuk Pengisian:

- Mohon beri tanda “ ” pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju


No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			4	3	2	1
1.	Kesesuaian Isi	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator		✓		
2.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran	✓			
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam	✓			
4.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam		✓		
5.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuai panjang		✓		
6.	Eksplorasi Kegiatan 5 M	Alat praktikum muai panjang membantu siswa mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas	✓			
7.		Alat praktikum muai panjang membantu siswa mengamati perubahan panjang logam melalui penyimpangan pada jarum	✓			
8.		Alat praktikum muai panjang dapat memfasilitasi siswa untuk bertanya mengenai				

		hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam		✓		
9.		Alat praktikum muai panjang dapat memfasilitasi siswa untuk bertanya mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam			✓	
10.		Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengemukakan hipotesis mengenai hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam		✓		
11.		Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengemukakan hipotesis mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam			✓	
12.		Alat praktikum muai panjang memfasilitasi siswa melakukan praktikum untuk menguji hipotesis mengenai hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam		✓		
13.		Alat praktikum muai panjang memfasilitasi siswa melakukan praktikum untuk menguji hipotesis mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam	✓			
14.		Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengomunikasikan hasil praktikum pemuaian panjang logam			✓	
15.		Alat praktikum muai panjang memudahkan siswa menghitung penambahan panjang logam yang memuai		✓		
16.	Kesesuaian Desain	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi pemuaian benda	✓			
17.		Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan	✓			
18.		Desain Alat praktikum muai panjang menarik	✓			
19.		Ukuran alat praktikum muai panjang proporsional dengan siswa	✓			

Tambahan Pendapat dan Saran

Instrumen tidak mendai LKS, apakah LKS kegi  
dari alat atau buku ?

Jakarta,

  
( FAUZI BAKRI )

**LEMBAR VALIDASI AHLI PEMBELAJARAN FISIKA  
PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM UNTUK FISIKA SMA KELAS X**

Hari/Tanggal : 29-6-15  
 Nama Validator : D. Supriyadi

Petunjuk Pengisian:

- Mohon beri tanda “√” pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju

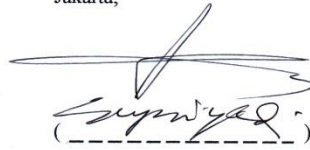
No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			4	3	2	1
1.	Kesesuaian	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator	√			
2.	Isi	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran	√			
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam	√			
4.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam		√		
5.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuaian panjang		√		
6.	Eksplorasi Kegiatan 5 M	Alat praktikum muai panjang membantu siswa mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas	√			
7.		Alat praktikum muai panjang membantu siswa mengamati perubahan panjang logam melalui penyimpangan pada jarum		√		
8.		Alat praktikum muai panjang dapat memfasilitasi siswa untuk bertanya mengenai	√			

		hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam				
9.		Alat praktikum muai panjang dapat memfasilitasi siswa untuk bertanya mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam	✓			
10.		Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengemukakan hipotesis mengenai hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam	✓			
11.		Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengemukakan hipotesis mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam		✓		
12.		Alat praktikum muai panjang memfasilitasi siswa melakukan praktikum untuk menguji hipotesis mengenai hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam	✓			
13.		Alat praktikum muai panjang memfasilitasi siswa melakukan praktikum untuk menguji hipotesis mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam		✓		
14.		Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengomunikasikan hasil praktikum pemuaian panjang logam	✓			
15.		Alat praktikum muai panjang memudahkan siswa menghitung penambahan panjang logam yang memuai		✓		
16.	Kesesuaian Desain	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi pemuaian benda	✓			
17.		Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan		✓		
18.		Desain Alat praktikum muai panjang menarik	✓			
19.		Ukuran alat praktikum muai panjang proporsional dengan siswa	✓			

## Tambahan Pendapat dan Saran

- Sebaiknya Lembar kerjanya bersifat saintifik, "masalahnya" & temuan sendiri oleh siswa.
- Praktiknya termasuk jenis problema.
- Lembar kerjanya ada temuan praktiknya resp.

Jakarta,



(Supriyati)



## Lampiran 9

## Hasil Angket Validasi Ahli Pembelajaran

No	Indikator	Butir instrumen	Tingkat Penilaian				$\Sigma$	% per aspek	% per indikator
			4	3	2	1			
1	keterkaitan dengan bahan ajar	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator	1	1			7	87.5	87.50
2		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran	2				8	100	
3		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam	2				8	100	
4		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam		2			6	75	
5		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuaian panjang		2			6	75	

6	eksplorasi 5 M	Alat praktikum muai panjang membantu siswa mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas	2			8	100	82.5
7		Alat praktikum muai panjang membantu siswa mengamati perubahan panjang logam melalui penyimpangan pada jarum	1	1		7	87.5	
8		Alat praktikum muai panjang dapat memfasilitasi siswa untuk bertanya mengenai hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam	1	1		7	87.5	
9		Alat praktikum muai panjang dapat memfasilitasi siswa untuk bertanya mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam	1	1		6	75	

10	Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengemukakan hipotesis mengenai hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam	1	1			7	87.5
11	Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengemukakan hipotesis mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam		1	1		5	62.5
12	Alat praktikum muai panjang memfasilitasi siswa melakukan praktikum untuk menguji hipotesis mengenai hubungan antara sudut simpangan dan perubahan suhu, dengan penambahan panjang logam	1	1			7	87.5
13	Alat praktikum muai panjang memfasilitasi siswa melakukan praktikum untuk menguji hipotesis mengenai faktor yang mempengaruhi pemuaian logam	1	1			7	87.5
14	Alat praktikum muai panjang dapat memberi kesempatan siswa mengomunikasikan hasil praktikum pemuaian panjang logam	1		1		6	75

15		Alat praktikum muai panjang memudahkan siswa menghitung pertambahan panjang logam yang memuai		2			6	75	
16	Efisiensi penggunaan alat	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi pemuaian benda		2			8	100	93.75
17		Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan	1	1			7	87.5	
18	estetika	Desain Alat praktikum muai panjang menarik		2			8	100	100
19		Ukuran alat praktikum muai panjang proporsional dengan siswa		2			8	100	

## Lampiran 10

## Angket Validasi Guru Fisika

**LEMBAR VALIDASI OLEH GURU**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**

---

Hari/Tanggal : SELASA, 3-6-15  
Nama : MARPUZ M. Pd

Petunjuk Pengisian:

- Berilah tanda "√" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
Skor 4: Sangat Setuju  
Skor 3: Setuju  
Skor 2: Tidak Setuju  
Skor 1: Sangat Tidak Setuju

No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator				✓
2.	Isi	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				✓
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam				✓
4.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam				✓
5.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuaian panjang				✓

6.	Interaktif	Siswa dapat mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas				✓
7.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi				✓
8.	Kesesuaian Desain	Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan			✓	
9.		Desain Alat praktikum muai panjang menarik			✓	
10.		Alat praktikum muai panjang ukurannya proporsional dengan siswa				✓

Tambahan Pendapat dan Saran

- DESAIN ALAT DIBUAT LEBIH MENARIK DAN PRAKTIS LAGI ALAR SISWA TERTARIK.
- PADA UMUMNYA ALAT PERAGA YANG DIBUAT SUDAH DAPAT BERFUNGSI DENGAN BAK DAN BENAR UNTUK MENUNJUKAN PERISTIWA MUAI PANJANG.

Jakarta,  
3 Juni 2015.  
*[Signature]*  
(MARPU, M.Pd.)

**LEMBAR VALIDASI OLEH GURU**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**

Hari/Tanggal : Rabu, 3 Juni 2015  
 Nama : Juika Amanah

Petunjuk Pengisian:

- Berilah tanda "√" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju

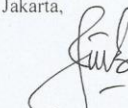
No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator				✓
2.	Isi	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				✓
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam				✓
4.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam				✓
5.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuaian panjang				✓

6.	Interaktif	Siswa dapat mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas				✓
7.	Kesesuaian Desain	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi				✓
8.		Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan			✓	
9.		Desain Alat praktikum muai panjang menarik			✓	
10.		Alat praktikum muai panjang ukurannya proporsional dengan siswa				✓

Tambahan Pendapat dan Saran

- Alat peraga yang dibuat sudah dapat berfungsi dengan baik dalam hal menunjukkan peristiwa muai panjang.
- Desain alat dibuat lebih simpel. & menarik.

Jakarta,

  
(Julka Amanah)



**LEMBAR VALIDASI OLEH GURU**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**

Hari/Tanggal : Jenin, 1 Juni 2015  
 Nama : Jeni Nurana, S.Pd

Petunjuk Pengisian:

- Berilah tanda "√" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:

Skor 4: Sangat Setuju

Skor 3: Setuju

Skor 2: Tidak Setuju

Skor 1: Sangat Tidak Setuju

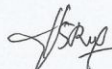
No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian Isi	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator				√
2.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				√
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam			√	
4.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam			√	
5.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuaian panjang		√		

6.	Interaktif	Siswa dapat mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas				✓
7.	Kesesuaian Desain	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi			✓	
8.		Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan			✓	
9.		Desain Alat praktikum muai panjang menarik			✓	
10.		Alat praktikum muai panjang ukurannya proporsional dengan siswa		✓		

Tambahan Pendapat dan Saran

Cari solusi bagaimana menentukan koefisien muai panjang logam besi. Supaya tidak mengecewakan siswa saat praktikum.

Jakarta, 1 Juni 2018

  
( Jeni Marlina, S.Pd )

**LEMBAR VALIDASI OLEH GURU**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**

Hari/Tanggal : Senin, 1 Juni 2018  
 Nama : Alur Wulandari, S.Pd.

Petunjuk Pengisian:

- Berilah tanda “√” pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju

No	Indikator	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
			1	2	3	4
1.	Kesesuaian Isi	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator			✓	
2.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				✓
3.	Kesesuaian Konsep	Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam				✓
4.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam				✓
5.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuaian panjang			✓	

6.	Interaktif	Siswa dapat mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas				✓
7.		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi				✓
8.	Kesesuaian Desain	Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan			✓	
9.		Desain Alat praktikum muai panjang menarik			✓	
10.		Alat praktikum muai panjang ukurannya proporsional dengan siswa			✓	

Tambahan Pendapat dan Saran

Design alat dibuat lebih menarik dan dibuat mudah  
dibawah kemana - mana

Jakarta, 1 Juni 2015.



( \_\_\_\_\_ )

## Lampiran 11

## Hasil Angket Validasi oleh Guru Fisika

No	Indikator	Aspek Penilaian	Skor				% per aspek	% per indikator
			1	2	3	4		
1	Keterkaitan dengan bahan ajar	Kesesuaian konten materi pada alat praktikum muai panjang dengan KI, KD, dan Indikator			1	3	93.75	92.50
2		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan sebagai media visual dalam pembelajaran				4	100	
3		Alat praktikum muai panjang dapat menunjukkan pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam			1	3	93.75	
4		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang batang logam			1	3	93.75	
5		Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan analisis koefisien muai panjang pada percobaan pemuaian panjang		1	1	2	81.25	
6	eksplorasi kegiatan 5 M	Siswa dapat mengamati langsung suhu yang terukur menggunakan termometer digital setelah batang logam dipanaskan menggunakan elemen pemanas				4	100	100
7	efisiensi	Alat praktikum muai panjang dapat digunakan untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi			1	3	93.75	84.375
8		Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan			4		75	
9	estetika	Desain Alat praktikum muai panjang menarik			4		75	78.125

<b>10</b>	Alat praktikum muai panjang ukurannya proporsional dengan siswa	1	1	2	81.25	
-----------	---	---	---	---	-------	--

## Lampiran 12

## Angket Uji Empirik

**LEMBAR VALIDASI OLEH SISWA  
PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA  
KELAS X**

Hari/Tanggal : Rabu ~~10~~<sup>11</sup> - 2015  
 Nama : Alfi Rasnawan

## Petunjuk Pengisian:

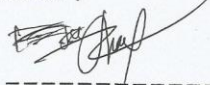
- Berilah tanda "✓" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju

No	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
		1	2	3	4
1.	Dengan menggunakan alat praktikum muai panjang, saya dapat memahami pemuaian panjang benda dengan mudah			✓	
2.	Dengan menggunakan alat praktikum muai panjang, saya dapat memahami pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam dengan mudah				✓
3.	Saya dapat mengukur suhu lebih mudah			✓	
4.	Saya dapat menghitung nilai koefisien muai panjang logam menggunakan alat praktikum muai panjang			✓	
5.	Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan		✓		
6.	Desain alat praktikum muai panjang menarik			✓	

## Tambahkan Pendapat dan Saran

Alat praktikum muai panjang tersebut kurang kecil  
 supaya lebih mudah dibawa kemana<sup>2</sup>

Jakarta, 11 Juni 2015

  
 ( Alfi Rasnawan )

**LEMBAR VALIDASI OLEH SISWA**  
**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG UNTUK FISIKA SMA**  
**KELAS X**

Hari/Tanggal : Rabu 1 Juli 2015  
 Nama : M. Barkah

Petunjuk Pengisian:

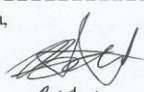
- Berilah tanda "√" pada kolom tingkat penilaian sesuai dengan pendapat Anda.
- Skor penilaian adalah sebagai berikut:  
 Skor 4: Sangat Setuju  
 Skor 3: Setuju  
 Skor 2: Tidak Setuju  
 Skor 1: Sangat Tidak Setuju

No	Aspek Penilaian	Tingkat Penilaian			
		1	2	3	4
1.	Dengan menggunakan alat praktikum muai panjang, saya dapat memahami pemuaian panjang benda dengan mudah			√	
2.	Dengan menggunakan alat praktikum muai panjang, saya dapat memahami pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam dengan mudah			√	
3.	Saya dapat mengukur suhu lebih mudah			√	
4.	Saya dapat menghitung nilai koefisien muai panjang logam menggunakan alat praktikum muai panjang			√	
5.	Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan		√		
6.	Desain alat praktikum muai panjang menarik		√		

Tambahan Pendapat dan Saran

Desainnya kalau bisa bisa lebih menarik biar  
agar bisa penerapan dan orang tertarik diluar  
dari desainya

Jakarta,

  
 ( Barkah. )



## Lampiran 13

## Hasil Uji Empirik

Indikator	Aspek Penilaian	Skor				% per aspek	% per Indikator
		1	2	3	4		
Efisiensi Penggunaan Alat	Dengan menggunakan alat praktikum muai panjang, saya dapat memahami pemuaian panjang benda dengan mudah			8	7	86.67	77.92
	Dengan menggunakan alat praktikum muai panjang, saya dapat memahami pengaruh suhu terhadap perubahan panjang batang logam dengan mudah		3	9	3	75.00	
	Saya dapat menghitung nilai koefisien muai panjang logam menggunakan alat praktikum muai panjang		1	8	6	83.33	
	Alat praktikum muai panjang mudah dibawa dan digunakan		6	8	1	66.67	
Estetika	Saya dapat mengukur suhu lebih mudah		1	8	6	83.33	79.17
	Desain alat praktikum muai panjang menarik		4	7	4	75.00	

## Lampiran 14

**Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)**

Satuan Pendidikan: SMA  
Kelas/Semester : X / 2  
Mata Pelajaran : Fisika  
Topik : Pemuaian  
Alokasi Waktu : 2 x 45 menit

**A. Kompetensi Inti**

- KI 1: Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
- KI 2: Mengembangkan perilaku (jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong, kerjasama, cinta damai, responsif dan pro-aktif) dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
- KI 3: Memahami dan menerapkan pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
- KI 4: Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

**B. Kompetensi Dasar**

- 3.8 Menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari.

- 4.8 Merencanakan dan melakukan percobaan untuk menyelidiki karakteristik termal suatu bahan, terutama kapasitas dan konduktivitas.

### **C. Indikator Pencapaian Kompetensi**

1. Siswa mampu menyebutkan karakteristik pemuaian panjang logam
2. Siswa mampu menghitung salah satu besaran fisis dari pemuaian panjang logam
3. Siswa mampu menggunakan konsep pemuaian panjang dalam kehidupan sehari-hari
4. Siswa mampu menganalisis hubungan antara koefisien muai panjang logam dengan perubahan suhu logam

### **D. Tujuan Pembelajaran**

1. Setelah mengamati besaran-besaran yang dapat diukur menggunakan alat praktikum muai panjang, siswa mampu menyebutkan karakteristik pemuaian panjang logam
2. Setelah melakukan percobaan dan diskusi kelompok tentang pemuaian panjang logam, siswa mampu menghitung salah satu besaran fisis dari pemuaian panjang logam
3. Setelah melakukan percobaan dan diskusi kelompok tentang pemuaian panjang logam, siswa mampu menggunakan konsep pemuaian panjang dalam kehidupan sehari-hari
4. Setelah melakukan percobaan dan diskusi kelompok tentang pemuaian panjang logam, siswa mampu menganalisis hubungan antara koefisien muai panjang logam dengan perubahan suhu logam

### **E. Materi Ajar**

#### **Pemuaian**

- Pemuaian pada zat padat

## » Pemuaian panjang

Pemuaian panjang adalah pertambahan panjang batang logam karena mendapat panas. Perumusannya:

$$l_t = l_o + \Delta l$$

$$\Delta l = l_o \alpha \Delta T$$

$$l_t = l_o(1 + \alpha \Delta T)$$

$l_o$  = Panjang batang mula-mula (m)

$l_t$  = Panjang batang setelah dipanaskan (m)

$\Delta l$  = Selisih panjang batang =  $l_t - l_o$

$\alpha$  = Koefisien muai panjang ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_1$  = Suhu batang mula-mula ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_2$  = Suhu batang setelah dipanaskan ( $^{\circ}\text{C}$ )

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertambahan panjang:

- a) Sebanding dengan kenaikan suhu
- b) Sebanding dengan panjang batang mula-mula
- c) Tergantung pada jenis logam

**F. Metode Pembelajaran**

- Praktikum
- Diskusi

**G. Kegiatan Pembelajaran**

(2x45 menit)

Rincian Kegiatan	Waktu
Pendahuluan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengajak siswa menyiapkan diri dan berdoa sebelum belajar.</li> <li>• Mengabsen kehadiran siswa.</li> <li>• Menyampaikan tujuan yang akan dicapai dalam pembelajaran.</li> <li>• Melaksanakan pretest mengenai Pemuaian</li> </ul>	10 menit
Kegiatan Inti	70 menit

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa mengamati alat praktikum muai panjang</li> <li>• Siswa dibagi menjadi kelompok kecil</li> <li>• Siswa diberikan LKS pemuai untuk melakukan percobaan menyelidiki pemuai batang logam</li> <li>• Siswa merangkai alat/bahan percobaan sesuai dengan langkah-langkah yang terdapat di LKS</li> <li>• Siswa mengamati perubahan panjang batang logam setelah dipanaskan dan menuliskan data dalam tabel pengamatan</li> <li>• Siswa menginterpretasi data dan membuat grafik hubungan perubahan suhu dengan perubahan panjang</li> <li>• Setiap kelompok mempresentasikan laporan data dan grafik hasil percobaannya kepada kelompok lain.</li> </ul>	
<p>Penutup</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelompok dengan kinerja dan kerja sama yang baik akan diberikan penghargaan oleh guru.</li> <li>• Siswa menyusun kesimpulan mengenai pemuai pada zat padat</li> </ul>	10 menit

#### **H. Alat dan Sumber Belajar**

1. Buku pegangan kurikulum 2013
2. Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Pemuai
3. Alat praktikum muai panjang

#### **I. Penilaian Hasil Belajar**

1. Mekanisme dan prosedur  
Penilaian hasil dilakukan melalui tes tertulis.
2. Aspek dan Instrumen penilaian  
Instrumen tes menggunakan tes tertulis pilihan ganda.

Jakarta, 1 Juni 2015

Mengetahui,  
Guru Mata Pelajaran Fisika

Peneliti


(Marpu, S.Pd, M.Pd)  
NIP: 197504042008011023

(Eka Lestari A)  
NIM: 3215111225

Lampiran 15

## Lembar Kerja Siswa

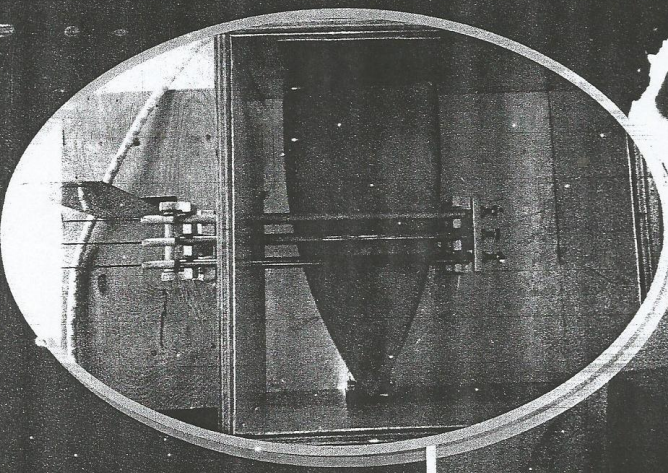
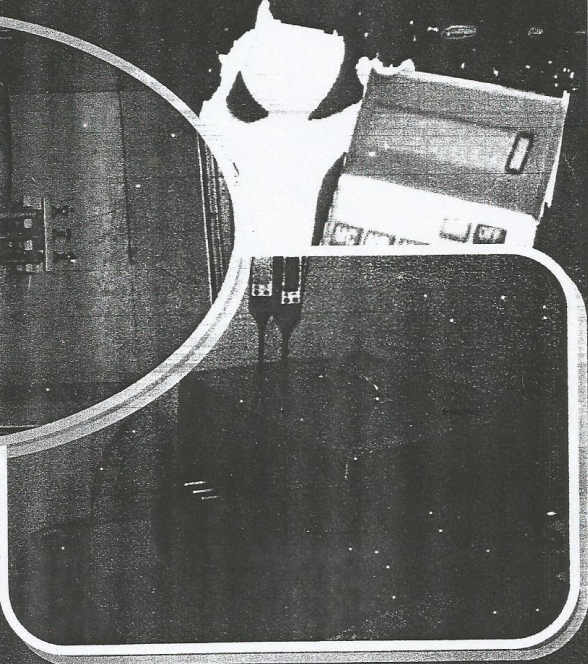
Untuk  
SMA / MA  
Kelas X



## Lembar Kerja Siswa

# PEMUAIAIAN

Untuk Menentukan Koefisien Muai Panjang Logam

**Dosen Pembimbing:**  
Dr. Dénita, M.Si  
Dra. Raihanati, M.Si

**Pembimbing Akademik :**  
Hadi Nasbey, S.Pd, M.Si

**Nama** : ALFI Resnawah

**Kelas** : X

**Sekolah** : SIMAN 27

Eka Lestari Ardiyanti

1

## Pendahuluan

### A. IDENTITAS

Judul : Pemuaiian Zat Padat  
Mata Pelajaran : Fisika  
Kelas : X  
Semester : 2  
Tempat : Laboratorium Fisika  
Alokasi Waktu : 2 x 45 Menit

### B. PETUNJUK BELAJAR

1. Pahami tujuan praktikum sebelum melakukan praktikum.
2. Siapkan alat dan bahan sebelum melakukan praktikum dengan melihat alat dan bahan yang diperlukan.
3. Bacalah informasi pendukung terkait praktikum pada LKS dengan cermat.
4. Cermati setiap prosedur kerja pada LKS dengan baik.
5. Lakukan praktikum dengan teliti dan benar.
6. Kerjakan tugas yang diminta pada setiap kegiatan percobaan.

### C. KOMPETENSI

#### ✦ Kompetensi Inti

Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.



2

**↳ Kompetensi Dasar**

- 4.1. Menyajikan hasil pengukuran besaran fisis dengan menggunakan peralatan dan teknik yang tepat untuk penyelidikan ilmiah
- 4.8 Merencanakan dan melaksanakan percobaan untuk menyelidiki karakteristik termal suatu bahan, terutama kapasitas dan konduktivitas kalor

**D. INDIKATOR**

- Siswa mampu menentukan koefisien muai panjang pada percobaan Pemuaihan batang logam

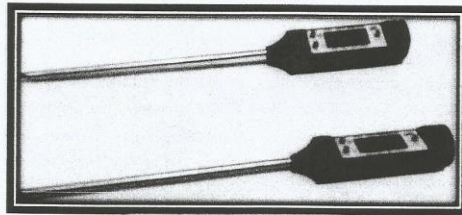
**E. TUJUAN KEGIATAN**

Siswa menggunakan alat muai panjang untuk:

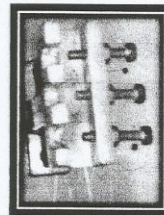
- Menentukan koefisien muai panjang pada percobaan Pemuaihan batang logam

3

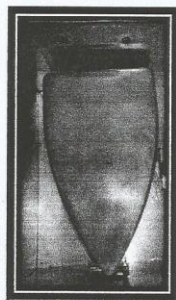
## Komponen Alat Praktikum Muai Panjang



Termometer Digital



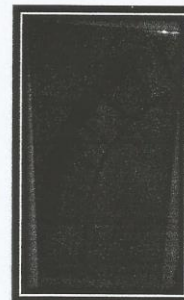
Dudukan Batang Logam



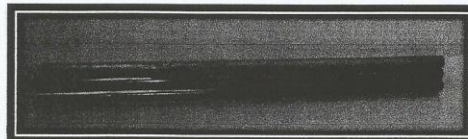
Elemen Pemanas



Jarum Penunjuk Skala



Busur Derajat



3 Jenis Batang Logam  
(Aluminium, Kuningan, Besi)

4



## Kegiatan Belajar: Pemuaian Batang Logam

### I. Tujuan Kegiatan

- Siswa menentukan koefisien muai panjang pada praktikum Pemuaian batang logam
- Siswa membandingkan koefisien muai panjang hasil praktikum dengan teori

### II. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat dan Bahan	Jml	No.	Nama Alat dan Bahan	Jml
1	Batang Logam Aluminium	1 buah	6	Busur Derajat	1 buah
2	Batang Logam Kuningan	1 buah	7	Jarum Penunjuk Skala	1 buah
3	Batang Logam Besi	1 buah	8	Elemen Pemanas	1 buah
4	Kotak Aluminium	1 buah	9	Penyanggah Batang Logam	1 buah
5	Termometer Digital	3 buah			

### III. Informasi Pendukung

#### Pemuaian Zat Padat

Pada umumnya setiap benda akan mengalami perubahan pada ukuran benda. Perubahan suhu suatu benda akan mempengaruhi ukuran suatu benda, hal ini dikenal dengan sebutan pemuaian. Besar pemuaian bergantung pada tiga hal, yaitu ukuran awal benda ( $l_0$ ), karakteristik bahan ( $\alpha$ ), dan besar perubahan suhu benda ( $\Delta T$ ).

Besar pemuaian berbanding lurus dengan pertambahan panjang benda dan perubahan suhu. Semakin besar perubahan suhu maka semakin besar pemuaian suatu benda. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta l = l_1 \alpha \Delta T, \text{ dengan } \Delta T = T_2 - T_1 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

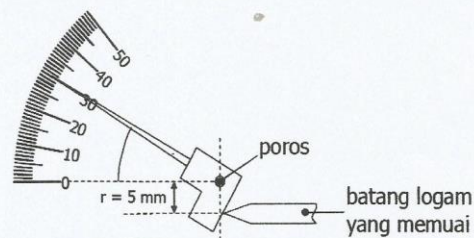
$\Delta l$  = pertambahan panjang benda (m)       $l_1$  = panjang benda mula-mula (m)

5

$\alpha$  = koefisien muai panjang ( $^{\circ}\text{C}$ )       $\Delta T$  = Perubahan suhu benda ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $T_1$  = Suhu benda mula-mula ( $^{\circ}\text{C}$ )       $T_2$  = Suhu benda setelah dipanaskan ( $^{\circ}\text{C}$ )

Pemuaian juga bergantung dengan karakteristik suatu bahan. Koefisien muai panjang bahan berbeda satu dengan yang lain. Misalnya aluminium memiliki koefisien muai panjang yang lebih besar dari dibandingkan beton.

Pada percobaan pemuaian batang logam, digunakan alat muai panjang. Dalam menggunakan alat muai panjang ini, Pemuaian ditunjukkan oleh pergerakan jarum yang terpasang pada bagian luar box. Jarum akan menyimpang dan akan menunjuk pada skala tertentu dalam satuan derajat. Untuk mengetahui pemuaian diperlukan konversi ke dalam satuan panjang, alat muai panjang ini memiliki jarum penunjuk simpangan yang dirancang seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Konversi dari satuan sudut ke satuan panjang

Jarak dari poros jarum ke ujung batang logam yang bersentuhan (ujung logam yang diruncingkan),  $\pm 5\text{mm}$ . panjang pemuaian  $\Delta l$  dapat dihitung dengan persamaan:

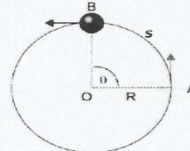
$$\Delta l = \frac{\theta}{180} \pi \times 5\text{mm} \quad \text{atau} \quad \Delta l = \frac{\theta}{180} \times 15,7\text{mm} \quad \dots (4)$$

Keterangan :

$\theta$  = sudut simpangan jarum ( $^{\circ}$ )

Pojok Matematis

samaan (4) diperoleh dari konsep perindahan sudut dan perpindahan linier dengan mengubah satuan derajat ke satuan radian, yaitu :



Gambar 2. Jarak sudut dan perpindahan sudut

Ujung jarum bergerak dari titik A ke titik B dan mengalami perubahan posisi sudut sebesar  $\theta$  serta menempuh lintasan sepanjang S. Titik A adalah titik dengan sudut  $0^\circ$ . Berdasarkan gambar di atas, hubungan antara  $\theta$  dengan S dapat dituliskan secara matematis, sebagai berikut :

$$S = \theta R \dots \dots \dots (5)$$

ketika ujung jarum menempuh satu putaran penuh, maka  $S = 2\pi R$ , sehingga :

$$\theta = \frac{S}{R} = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi \text{ Radian} \dots \dots \dots (6)$$

Sehingga 1 Putaran =  $2\pi$  Radian =  $360^\circ$ , dan 1 Radian =  $\frac{180}{\pi}$  Derajat dan 1 Derajat =  $\frac{\pi}{180}$  Radian.

Pertambahan panjang logam ( $\Delta l$ ) dipaparkan dengan panjang lintasan (S) dengan  $R = 5 \text{ mm}$ , sehingga diperoleh persamaan (4).

IV. Pertanyaan Awal



Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat !

1. Jika ketiga kawat (aluminium, kuningan, besi) dipanaskan, apakah panjang awal sama dengan panjang akhirnya?

Jawab: tidak, soalnya dipanasin

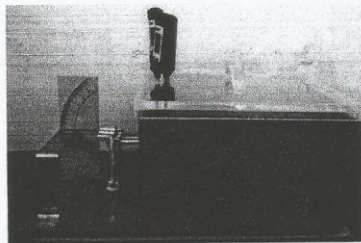
2. Apakah kenaikan suhu mempengaruhi perubahan panjang?

Jawab: YA, semakin tinggi suhunya maka semakin besar perubahan panjangnya

7

### V. Langkah Percobaan

1. Siapkan alat muai panjang lengkap dengan batang-batang logamnya dan jarum penunjuk skala,
2. Ukur panjang awal ( $l_1$ ) masing-masing logam,
3. Masukkan ketiga batang logam ke dalam kotak aluminium melalui lubang di sebelah kiri kotak,
4. Atur posisi jarum pada skala  $0^\circ$ , dengan memutar baut pengatur di bagian pangkal batang,
5. Pastikan batang logam menempel pada pelat elemen pemanas,
6. Masukkan ketiga termometer ke dalam masing-masing lubang yang ada pada tutup box,
  - > Pastikan ujung termometer menempel pada permukaan batang logam,
7. Ukur suhu awal ( $T_1$ ) ketiga batang logam,
8. Hubungkan kabel elemen pemanas pada listrik,
9. Perhatikan masing-masing termometer!  
Ukur sudut simpangan apabila suhu batang sudah menunjukkan angka  $100^\circ$
10. Catat sudut simpangan dan suhu masing-masing jarum untuk setiap pemuaian batang



Gambar 3. Percobaan Menentukan Koefisien Muai Panjang Logam

8

## VI. Data Pengamatan

Variabel	Batang Logam		
	Aluminium	Kuningan	Besi
T <sub>1</sub> (°C)	30,5	31	30,5
l <sub>1</sub> (mm)	200	200	200

T <sub>2</sub> (°C)	θ (°)		
	Aluminium	Kuningan	Besi
100	2	2	0
120	3	2	1
140	4	3	1
160	4	3	1
180	5	4	1
200	5	4	1

**Keterangan :**T<sub>1</sub> = Suhu benda mula-mula (°C)L<sub>1</sub> = panjang benda mula-mula (m)T<sub>2</sub> = Suhu benda setelah dipanaskan (°C)

θ = sudut simpangan jarum (°)

## VII. Data Hasil Pengamatan

Aluminium			
T <sub>2</sub> (°C)	ΔT (°C)	l <sub>1</sub> · ΔT (mm °C)	Δl (mm)
100	69,5	13900	0,179
120	89,5	17900	0,162
140	109,5	21900	0,139
160	129,5	25900	0,139
180	149,5	29900	0,136
200	169,5	33900	0,136

Kuningan			
T <sub>2</sub> (°C)	ΔT (°C)	l <sub>1</sub> · ΔT (mm °C)	Δl (mm)
100	69	13800	0,179
120	89	17800	0,179
140	109	21800	0,162
160	129	25800	0,162
180	149	29800	0,139
200	169	33800	0,139

**Keterangan :**

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta l = \frac{\theta}{180} \times 15,7 \text{ mm}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha}{6}$$

**Catatan:**

hasil perhitungan, dibuat menjadi tiga angka penting (2 angka di belakang koma)

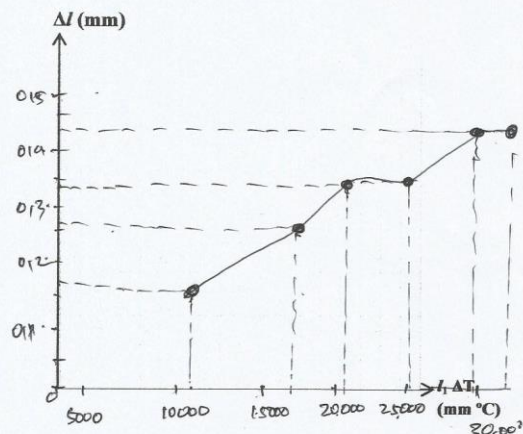
9

Besi			
T <sub>2</sub> (°C)	ΔT (°C)	l <sub>1</sub> · ΔT (mm °C)	Δl (mm)
100	89,5	12500	0
120	89,5	17000	0,007
140	109,5	21000	0,007
160	129,5	25000	0,007
180	149,5	29000	0,007
200	169,5	33000	0,007

### VIII. Pertanyaan Akhir

- Berdasarkan data hasil pengamatan pada praktikum pemuaian panjang, buatlah grafik hubungan panjang awal pertambahan suhu  $l_1 \Delta T$  terhadap pertambahan panjang  $\Delta l$  untuk semua jenis logam.

Aluminium	
l <sub>1</sub> ΔT (mm °C)	Δl (mm)
12500	0,174
17000	0,262
21000	0,349
25000	0,349
29000	0,436
33000	0,436

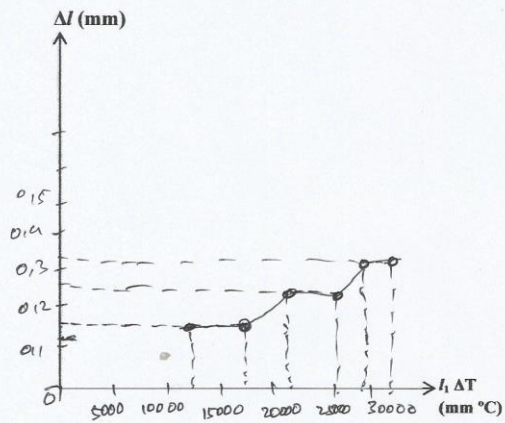


$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

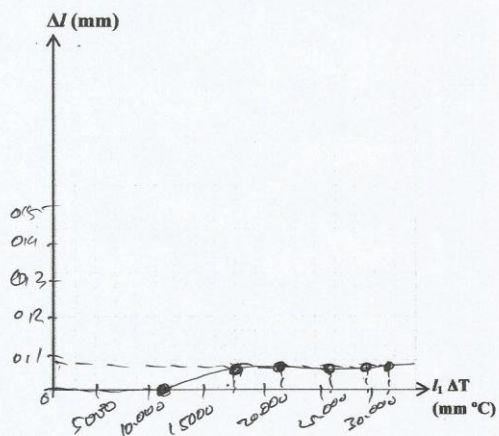
$$= \frac{\Delta l}{l_1 \cdot \Delta T}$$



Kuningan	
$l_1 \Delta T$ (mm °C)	$\Delta l$ (mm)
12500	0,174
12800	0,174
21800	0,262
25000	0,262
25800	0,349
33800	0,349



Besi	
$l_1 \Delta T$ (mm °C)	$\Delta l$ (mm)
13500	0
17500	0,0872
21500	0,0872
25500	0,0872
29500	0,0872
33500	0,0872



11

2. Berdasarkan pertanyaan nomor 1, tentukan nilai  $\alpha$  dengan mencari gradien garis pada masing-masing grafik, yaitu  $\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$

Aluminium	
$l_0 \Delta T$ (mm °C)	$\alpha$ (°C)
13500	$1,25 \times 10^{-5}$
17500	$1,146 \times 10^{-5}$
21500	$1,159 \times 10^{-5}$
25500	$1,135 \times 10^{-5}$
29500	$1,146 \times 10^{-5}$
33500	$1,125 \times 10^{-5}$
$\bar{\alpha} =$	$1,1 \times 10^{-5}$

Kuningan	
$l_0 \Delta T$ (mm °C)	$\alpha$ (°C)
13000	$1,126 \times 10^{-5}$
17000	$0,10 \times 10^{-6}$
21000	$1,12 \times 10^{-5}$
25000	$1,101 \times 10^{-5}$
29000	$1,117 \times 10^{-5}$
33000	$1,103 \times 10^{-5}$
$\bar{\alpha} =$	$1,11 \times 10^{-5}$

Besi	
$l_0 \Delta T$ (mm °C)	$\alpha$ (°C)
13500	0
17500	$4,107 \times 10^{-6}$
21500	$3,198 \times 10^{-6}$
25500	$2,137 \times 10^{-6}$
29500	$2,052 \times 10^{-6}$
33500	$2,57 \times 10^{-6}$
$\bar{\alpha} =$	$2,135 \times 10^{-6}$

3. Berdasarkan praktikum yang telah dilakukan, bagaimana hubungan antara perubahan suhu ( $\Delta T$ ) dengan sudut simpangan ( $^\circ$ )

Jawab: Semakin besar suhu logam, maka semakin  
besar sudut simpangan.  
tapi tidak untuk Besi.

12

4. Dari hasil percobaan di atas, batang logam manakah yang memiliki koefisien muai panjang paling besar?

Jawab: dari pertanyaan akhir nomor 2, koefisien muai panjang yang paling besar adalah aluminium

### IX. Kesimpulan



Buatlah kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dengan mengisi titik-titik di bawah ini!

(Bandingkan nilai  $\alpha$  hasil praktikum dengan  $\alpha$  berdasarkan teori yang terdapat pada buku paket, jika terdapat perbedaan jelaskan mengapa demikian!)

Aluminium :  $1,4 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$        $2,1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

Kuningan :  $6,1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$        $1,6 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

Besi :  $2,05 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$        $1,2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

karena melihat jarumnya kurang akurat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Halliday, Resnick. 2007. *Fundamental Of Physics*. United States Of America: Wiley.
- R.A.Serway, J. T. 2004. *Physics for Scientists and Engineers, 6th Edition*. Pomona: California State Polytechnic University.
- Tim dosen Fisika Dasar. 2011. *Praktikum Fisika Dasar 1*. Lampung: FKIP UNLAM.
- Zemansky. 2002. *Fisika Universitas, Edisi Kesepuluh Jilid I*. Jakarta: Erlangga.

## Lampiran 16

**Dokumentasi Ujicoba Terbatas Alat Praktikum**

*Gambar 1. Ujicoba oleh Siswa di SMAN 22 Jakarta*



*Gambar 2. Siswa Mengambil Data Pengamatan*

## Lampiran 17

**Soal Pretest Pemuaian Panjang Logam**

Nama :

Berilah tanda silang pada salah satu pilihan jawaban yang paling tepat

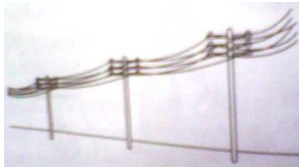
1. Perhatikan pernyataan di bawah ini !
  - a) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam berbanding lurus dengan panjang batang logam mula-mula
  - b) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam berbanding lurus dengan kenaikan suhu ( $\Delta T$ )
  - c) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam bergantung pada jenis batang logam
  - d) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam tidak bergantung pada jenis batang logam

Pernyataan di atas yang sesuai dengan konsep pemuaian panjang suatu batang adalah . . . .

- A. (a) dan (b)
  - B. (b) dan (d)
  - C. (a) dan (d)
  - D. (c) dan (d)
  - E. (a) dan (c)
- 
2. Koefisien muai panjang kaca  $0,000009\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan koefisien muai panjang pyrex  $0,000003\text{ }^{\circ}\text{C}$ , artinya . . .
    - A. Kaca lebih tahan panas daripada pyrex
    - B. Pyrex tidak mudah pecah dibandingkan kaca
    - C. Kaca tidak mudah pecah dibandingkan pyrex
    - D. Pyrex lebih tahan panas dibandingkan kaca
    - E. Pyrex mudah pecah dibandingkan kaca

3. Panjang sebatang besi pada suhu  $15^{\circ}\text{C}$  adalah 20 cm. Bila koefisien muai panjang besi  $0,000012^{\circ}\text{C}$ , maka panjang besi pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  adalah . . .
  - A. 20,0192 cm
  - B. 20,0156 cm
  - C. 20,0136 cm
  - D. 20,0012 cm
  - E. 20,0100 cm
  
4. Dua batang K dan L jenisnya sama. Pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  panjangnya berturut-turut 4 m dan 6 m. Saat dipanasi sampai suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , ternyata batang K panjangnya menjadi 4,15 m. Jika besi L dipanasi sampai suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , maka panjangnya menjadi ....
  - A. 6,10 m
  - B. 6,20 m
  - C. 6,25 m
  - D. 6,30 m
  - E. 6,45 m
  
5. Sebuah benda yang terbuat dari baja memiliki panjang 1000 cm. Berapakah pertambahan panjang baja itu, jika terjadi perubahan suhu sebesar  $50^{\circ}\text{C}$  adalah .... (6cm)
  - A. 12 mm
  - B. 24 mm
  - C. 60 mm
  - D. 72 mm
  - E. 84 mm
  
6. Suhu batang logam yang terbuat dari aluminium memiliki panjang 7,5m pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ . Besarnya pertambahan panjang batang tersebut bila suhunya dinaikkan menjadi  $55^{\circ}\text{C}$  dengan koefisien muai panjang aluminium  $24 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  adalah . . .
  - A. 0,0054 m
  - B. 0,054 m
  - C. 0,54 m
  - D. 5,4 m
  - E. 54 m

7. Batang besi panjangnya 2 m pada suhu 20 °C. setelah suhunya mencapai 80°C, panjang batang logam menjadi .... (koefisien muai panjang besi =  $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )
- $3,44 \times 10^{-2}$  m
  - $3,44 \times 10^{-3}$  m
  - $3,44 \times 10^{-4}$  m
  - $3,44 \times 10^{-5}$  m
  - $3,44 \times 10^{-6}$  m
8. Pemasangan kaca jendela pada bingkainya dibuat renggang karena . . .
- Agar tidak pecah ketika memuai
  - Agar tidak pecah ketika menyusut
  - Pemuaian kaca sama besar dengan bingkainya
  - Pemuaian kaca lebih kecil daripada bingkainya
  - Pemuaian kaca sangat kecil
9. Perhatikan gambar berikut.



Pemasangan kawat listrik dibiarkan kendur, dimaksudkan agar . .

- Tidak putus ketika menyusut
  - Tidak putus ketika memuai
  - Tidak melengkung ketika menyusut
  - Tidak melengkung ketika memuai
  - Tidak terjadi apa-apa
10. Perhatikan tabel berikut!

Jenis zat	Koefisien muai panjang
Benda 1	0,000009/K
Benda 2	0,000001/K
Benda 3	0,000012/K
Benda 4	0,000003/K
Benda 5	0,0000019/K

Dari keempat logam tersebut, yang memerlukan kenaikan suhu paling tinggi jika diinginkan pertambahan panjang yang sama adalah . . .

- Benda 1
- Benda 2

- C. Benda 3
- D. Benda 4
- E. Benda 5



## Lampiran 18

**Soal Postest Pemuaian Panjang Logam**

Nama :

Berilah tanda silang pada salah satu pilihan jawaban yang paling tepat

1. Perhatikan pernyataan di bawah ini !

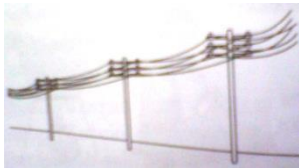
- a) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam berbanding lurus dengan panjang batang logam mula-mula
- b) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam berbanding lurus dengan kenaikan suhu ( $\Delta T$ )
- c) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam bergantung pada jenis batang logam
- d) Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) batang logam tidak bergantung pada jenis batang logam

Pernyataan di atas yang sesuai dengan konsep pemuaian panjang suatu batang adalah . . . .

- A. (a) dan (b)
  - B. (b) dan (d)
  - C. (a) dan (d)
  - D. (c) dan (d)
  - E. (a) dan (c)
2. Koefisien muai panjang kaca  $0,000009\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan koefisien muai panjang pyrex  $0,000003\text{ }^{\circ}\text{C}$ , artinya . . .
- A. Kaca lebih tahan panas daripada pyrex
  - B. Pyrex tidak mudah pecah dibandingkan kaca
  - C. Kaca tidak mudah pecah dibandingkan pyrex
  - D. Pyrex lebih tahan panas dibandingkan kaca
  - E. Pyrex mudah pecah dibandingkan kaca

3. Panjang sebatang besi pada suhu  $15^{\circ}\text{C}$  adalah 20 cm. Bila koefisien muai panjang besi  $0,000012^{\circ}\text{C}$ , maka panjang besi pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  adalah . . .
- A. 20,0192 cm
  - B. 20,0156 cm
  - C. 20,0136 cm
  - D. 20,0012 cm
  - E. 20,0100 cm
4. Dua batang K dan L jenisnya sama. Pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  panjangnya berturut-turut 4 m dan 6 m. Saat dipanasi sampai suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , ternyata batang K panjangnya menjadi 4,15 m. Jika besi L dipanasi sampai suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , maka panjangnya menjadi ....
- A. 6,10 m
  - B. 6,20 m
  - C. 6,25 m
  - D. 6,30 m
  - E. 6,45 m
5. Sebuah benda yang terbuat dari baja memiliki panjang 1000 cm. Berapakah pertambahan panjang baja itu, jika terjadi perubahan suhu sebesar  $50^{\circ}\text{C}$  adalah .... (6cm)
- A. 12 mm
  - B. 24 mm
  - C. 60 mm
  - D. 72 mm
  - E. 84 mm
6. Suhu batang logam yang terbuat dari aluminium memiliki panjang 7,5m pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ . Besarnya pertambahan panjang batang tersebut bila suhunya dinaikkan menjadi  $55^{\circ}\text{C}$  dengan koefisien muai panjang aluminium  $24 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  adalah . . .
- A. 0,0054 m
  - B. 0,054 m
  - C. 0,54 m
  - D. 5,4 m
  - E. 54 m

7. Batang besi panjangnya 2 m pada suhu 20 °C. setelah suhunya mencapai 80°C, panjang batang logam menjadi .... (koefisien muai panjang besi =  $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )
- $3,44 \times 10^{-2}$  m
  - $3,44 \times 10^{-3}$  m
  - $3,44 \times 10^{-4}$  m
  - $3,44 \times 10^{-5}$  m
  - $3,44 \times 10^{-6}$  m
8. Pemasangan kaca jendela pada bingkainya dibuat renggang karena . . .
- Agar tidak pecah ketika memuai
  - Agar tidak pecah ketika menyusut
  - Pemuaian kaca sama besar dengan bingkainya
  - Pemuaian kaca lebih kecil daripada bingkainya
  - Pemuaian kaca sangat kecil
9. Perhatikan gambar berikut.



Pemasangan kawat listrik dibiarkan kendur, dimaksudkan agar . .

- Tidak putus ketika menyusut
  - Tidak putus ketika memuai
  - Tidak melengkung ketika menyusut
  - Tidak melengkung ketika memuai
  - Tidak terjadi apa-apa
10. Perhatikan tabel berikut!

Jenis zat	Koefisien muai panjang
Benda 1	0,000009/K
Benda 2	0,000001/K
Benda 3	0,000012/K
Benda 4	0,000003/K
Benda 5	0,0000019/K

Dari keempat logam tersebut, yang memerlukan kenaikan suhu paling tinggi jika diinginkan pertambahan panjang yang sama adalah . . .

- Benda 1
- Benda 2
- Benda 3

D. Benda 4

E. Benda 5

## Lampiran 19

**Nilai *Pretest*, *Posttest*, Kenaikan dan *N-gain* hasil belajar fisika**

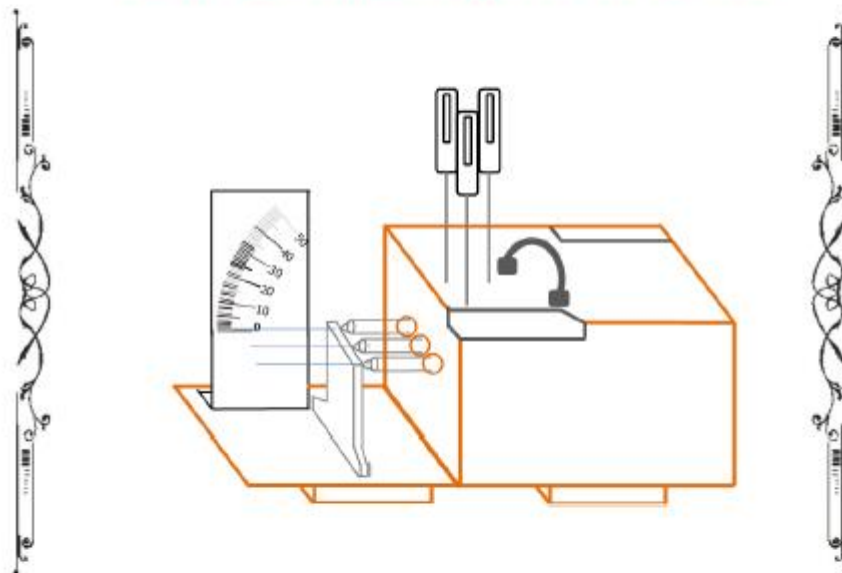
Hasil Ujicoba Terbatas				
No	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Kenaikan	<i>N-gain</i>
1	50	78	28	0.56
2	50	78	28	0.56
3	55	75	20	0.44
4	60	76	16	0.40
5	70	77	7	0.23
$\bar{X}$	<b>60</b>	<b>81</b>	<b>21</b>	<b>0.52</b>

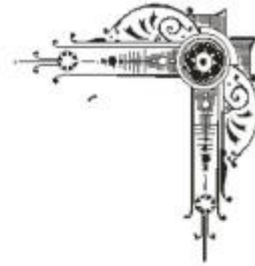
Hasil Ujicoba				
No	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Kenaikan	<i>N-gain</i>
1	50	78	28	0.56
2	50	78	28	0.56
3	55	75	20	0.44
4	60	76	16	0.40
5	70	77	7	0.23
6	55	75	20	0.44
7	55	80	25	0.56
8	70	80	10	0.33
9	70	87	17	0.57
10	50	83	33	0.66
11	60	77	17	0.43
12	65	76	11	0.31
13	55	88	33	0.73

<b>14</b>	55	85	30	0.67
<b>15</b>	50	88	38	0.76
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>58</b>	<b>80.2</b>	<b>22.2</b>	<b>0.51</b>

Lampiran 20

**Buku Panduan Penggunaan Alat Praktikum Muai Panjang**





Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta  
Kampus B / Timur Universitas Negeri Jakarta  
Jl. Pemuda 10 Rawamangun, Jakarta Timur 13220



## ALAT PRAKTIKUM MUAI PANJANG

### I. Pengenalan Alat

Alat praktikum muai panjang merupakan hasil pengembangan dari alat *musschenbroek*. Selain dapat menunjukkan perbedaan muai panjang dari beberapa jenis batang logam yang dipanaskan, alat ini juga dapat menunjukkan perubahan suhu yang terjadi pada ketiga jenis batang logam.

Spesifikasi alat:



*Gambar 1. Packaging Alat Praktikum Muai Panjang*

- Alat praktikum ini di masukkan ke dalam sebuah box plastik berukuran 45cm x 27cm x 30cm
- Kotak kontainer aluminium yang berukuran 24cm x 23cm x 12cm, yang dilapisi papan kayu dengan ketebalan 1cm.
- Tiga jenis batang logam, yaitu aluminium, kuningan, dan besi, masing-masing logam berukuran 20 cm
- Elemen pemanas, yang berfungsi untuk memanaskan ketiga batang logam dan terjadi dalam kondisi tertutup
- Tiga buah termometer, yang berfungsi untuk menunjukkan suhu batang logam saat dipanaskan.
- Penunjuk skala, yang terdiri dari busur derajat dan jarum penunjuk.

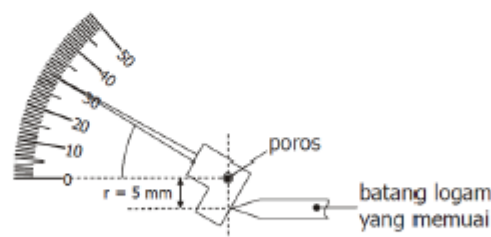


Gambar 2. Alat Praktikum Muat Panjang

Pemuaian terlihat pada ujung batang logam sebelah kiri yang didesain tembus keluar box. Di belakang jarum penunjuk diletakkan skala yang berfungsi untuk menunjukkan besar perubahan panjang batang logam. Pemuaian ditunjukkan oleh pergerakan jarum yang terpasang pada bagian luar box. Jarum akan menyimpang dan akan menunjuk pada skala tertentu dalam satuan derajat. Semakin besar simpangan jarum tersebut, berarti semakin panjang pemuaiannya.

## II. Menentukan Pemuaian

Set eksperimen kalor memiliki skala yang sama dengan alat muschenbroek yang memiliki skala dalam satuan derajat ( $^{\circ}$ ). Untuk mengetahui pemuaian diperlukan konversi ke dalam satuan panjang.



Gambar 2. Konversi dari satuan sudut ke satuan panjang

Untuk mengetahui pemuaian yang terjadi, alat muschenbroek memiliki jarum penunjuk simpangan yang dirancang seperti pada Gambar 2. Perhatikan Gambar 2. Jarak dari poros jarum ke ujung batang logam yang bersentuhan (ujung logam yang diruncingkan),  $\approx 5\text{mm}$ . panjang pemuaian  $s$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$s = \frac{\theta}{180} \pi \times 5\text{mm} \quad \text{atau} \quad s = \frac{\theta}{180} \times 15,7\text{mm} \quad \dots (\text{persamaan 1})$$

Selain dapat menunjukkan pemuaian, alat ini dapat menunjukkan perubahan suhu saat batang logam mengalami pemuaian. Pengukuran suhu batang logam menggunakan termometer digital yang memiliki rentang  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $300^{\circ}\text{C}$



Gambar 3. Termometer Digital

Berdasarkan hasil ujicoba yang dilakukan peneliti terhadap alat praktikum muai panjang diperoleh nilai koefisien muai panjang pada masing-masing batang logam, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Nilai koefisien muai panjang hasil praktikum dan teori

Batang logam	$\alpha_{\text{hasil ujicoba}}$	KSR	$\alpha_{\text{teori}}$
Aluminium	$1.83 \times 10^{-5} \pm 0.18 \times 10^{-5}$	9.9	$2.4 \times 10^{-5}$
Kuningan	$1.42 \times 10^{-5} \pm 0.13 \times 10^{-5}$	9.1	$1.8 \times 10^{-5}$
Besi	$3 \times 10^{-5} \pm 1.7 \times 10^{-5}$	56.5	$1.2 \times 10^{-5}$

Dari tabel di atas, maka alat praktikum ini memiliki keterbatasan, yaitu pengukuran suhu batang logam. Pada alat praktikum muai panjang ini, suhu maksimum yang dapat diukur oleh termometer yang terdapat pada alat ini adalah 300°C. Sedangkan pada proses pemanasan untuk logam kuningan dan besi, memerlukan waktu yang cukup lama untuk menyerap kalor dari elemen setrika. Sehingga tingkat kesalahan relatif dari hasil pengukuran cukup besar.

### III. Penggunaan

1. Siapkan alat praktikum muai panjang lengkap dengan batang-batang logamnya dan jarum penunjuk skala,
2. Ukur panjang awal ( $l_1$ ) masing-masing logam,
3. Masukkan ketiga batang logam ke dalam kotak aluminium melalui lubang di sebelah kiri kotak,
4. Atur posisi jarum pada skala 0°, dengan memutar baut pengatur di bagian pangkal batang,
5. Pastikan batang logam menempel pada pelat elemen pemanas,
6. Masukkan ketiga termometer ke dalam masing-masing lubang yang ada pada tutup box,
  - Pastikan ujung termometer menempel pada permukaan batang logam,
7. Ukur suhu awal ( $T_1$ ) ketiga batang logam,
8. Hubungkan kabel elemen pemanas pada listrik,
9. Perhatikan masing-masing termometer!
  - Ukur sudut simpangan apabila suhu batang sudah menunjukkan angka 80°

10. Catat sudut simpangan dan suhu masing-masing jarum untuk setiap pemanasan batang

Variabel	Batang Logam		
	Aluminium	Kuningan	Besi
$T_1$ (°C)			
$l_1$ (m)			

$T_2$ (°C)	$\theta$ (°)		
	Aluminium	Kuningan	Besi
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			
220			
240			
260			

Dari hasil di atas, batang logam yang manakah yang pemuaianya paling panjang?

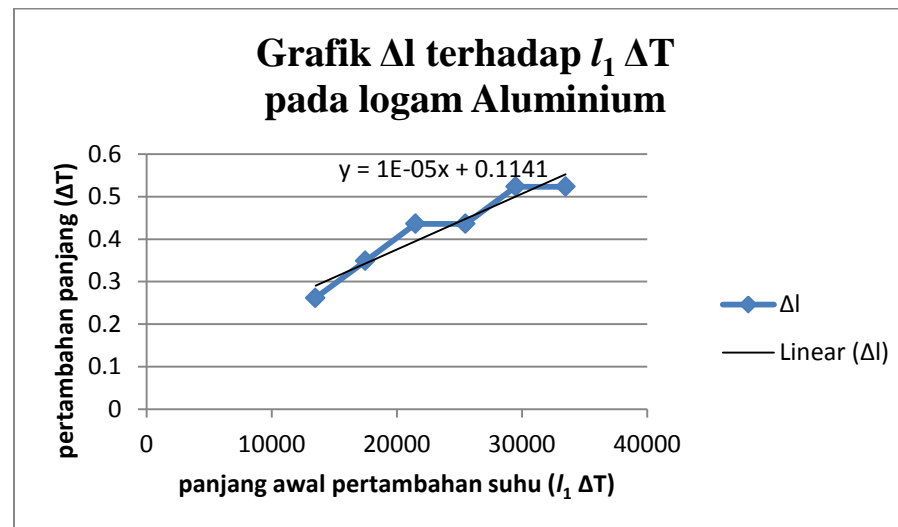
#### IV. Perawatan

1. Bersihkan alat praktikum muai panjang setelah digunakan.
2. Hindari menyimpan alat praktikum muai panjang di tempat lembab.
3. Sebaiknya alat ini disimpan di dalam lemari.
4. Jangan melepas batang-batang logam yang ada, kecuali pada saat dibersihkan.

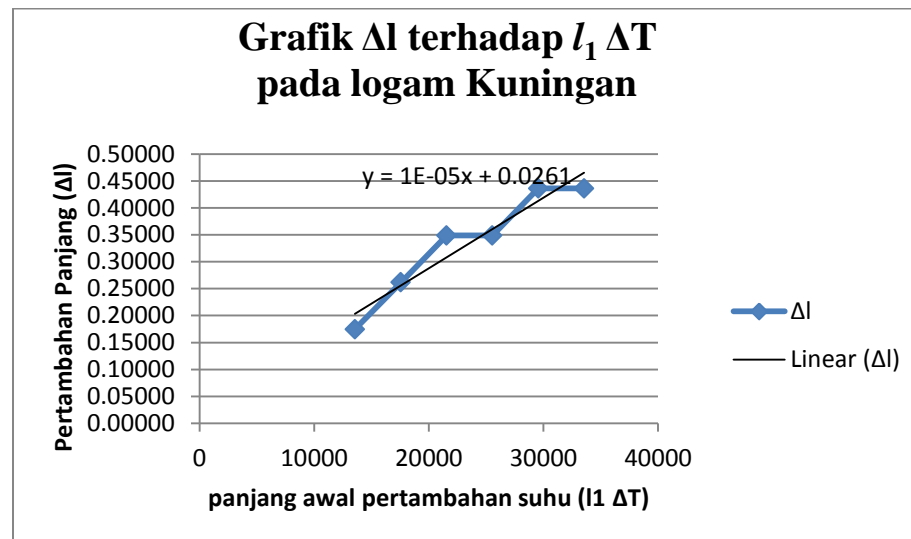
## Lampiran 21

### Hasil Ujicoba Peneliti terhadap Alat Praktikum Muai Panjang

No	Aluminium									$\alpha \pm SD$	KSR	
	$l_1$	$T_1$	$T_2$	$\theta$	$\Delta T$	$\Delta l$	A	$a^2$	$SD^2$			SD
1	200	32.5	100	3	67.5	0.262	$1.94 \times 10^{-5}$	$3.76 \times 10^{-10}$	$3.34 \times 10^{-12}$	$1.83 \times 10^{-6}$	$1.65 \times 10^{-5}$	9.961108
2	200	32.5	120	4	87.5	0.349	$1.99 \times 10^{-5}$	$3.97 \times 10^{-10}$			$2.02 \times 10^{-5}$	
3	200	32.5	140	5	107.5	0.436	$2.03 \times 10^{-5}$	$4.11 \times 10^{-10}$				
4	200	32.5	160	5	127.5	0.436	$1.71 \times 10^{-5}$	$2.92 \times 10^{-10}$				
5	200	32.5	180	6	147.5	0.523	$1.77 \times 10^{-5}$	$3.15 \times 10^{-10}$				
6	200	32.5	200	6	167.5	0.523	$1.56 \times 10^{-5}$	$2.44 \times 10^{-10}$				
$\Sigma =$							<b>0.00011</b>	<b><math>2.04 \times 10^{-9}</math></b>				
$\Sigma^2 =$							<b><math>1.21 \times 10^{-8}</math></b>					
<b>Rata-rata =</b>							<b><math>1.83 \times 10^{-5}</math></b>					
<b><math>(\alpha \pm SD) = (1.83 \times 10^{-5} \pm 0.18 \times 10^{-5})</math></b>												

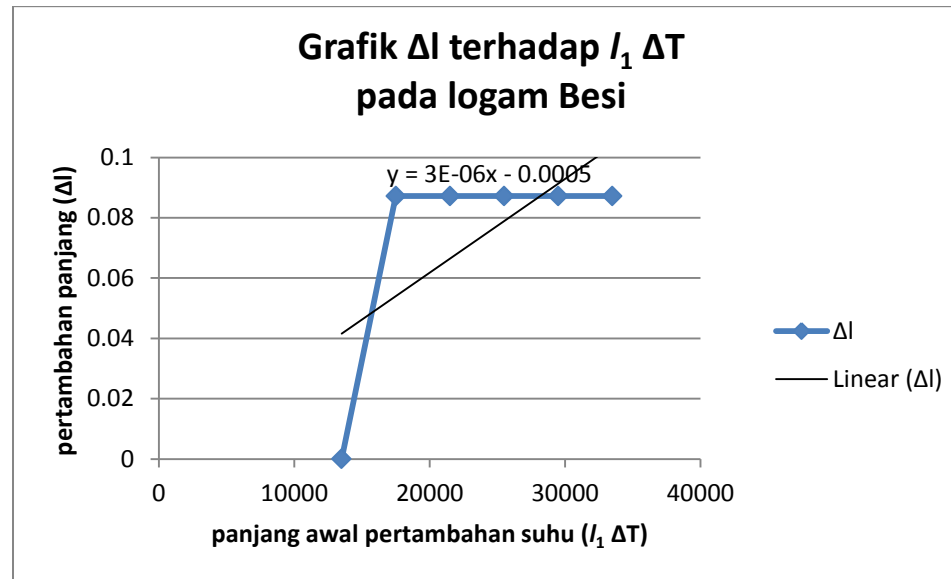


No	Kuningan								SD <sup>2</sup>	SD	$\alpha \pm SD$	KSR	
	$l_1$	$T_1$	$T_2$	$\theta$	$\Delta T$	$\Delta l$	$\alpha$	$\alpha^2$					
1	200	32.2	100	2	67.8	0.174	$1.29 \times 10^{-5}$	$1.65 \times 10^{-10}$	$1.65 \times 10^{-12}$	$1.29 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-5}$	9.03687	
2	200	32.2	120	3	87.8	0.262	$1.49 \times 10^{-5}$	$2.22 \times 10^{-10}$					$1.55 \times 10^{-5}$
3	200	32.2	140	4	107.8	0.349	$1.62 \times 10^{-5}$	$2.62 \times 10^{-10}$					
4	200	32.2	160	4	127.8	0.349	$1.36 \times 10^{-5}$	$1.86 \times 10^{-10}$					
5	200	32.2	180	5	147.8	0.436	$1.48 \times 10^{-5}$	$2.18 \times 10^{-10}$					
6	200	32.2	200	5	167.8	0.436111	$1.3 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-10}$					
$\Sigma =$							$8.53 \times 10^{-5}$	$1.22 \times 10^{-9}$					
$\Sigma^2 =$							$7.28 \times 10^{-9}$						
<b>Rata-rata =</b>							$1.42 \times 10^{-5}$						
<b><math>(\alpha \pm SD) = (1.42 \times 10^{-5} \pm 0.13 \times 10^{-5})</math></b>													



No	Fe									$\alpha \pm SD$	KSR		
	$l_1$	$T_1$	$T_2$	$\theta$	$\Delta T$	$\Delta l$	$\alpha$	$\alpha^2$	$SD^2$			SD	
1	200	32.5	100	0	67.5	0	0	0	$2.88 \times 10^{-12}$	$1.7 \times 10^{-6}$	$1.31 \times 10^{-6}$	56.47932	
2	200	32.5	120	1	87.5	0.087222	$4.98 \times 10^{-6}$	$2.48 \times 10^{-11}$			$4.7 \times 10^{-6}$		
3	200	32.5	140	1	107.5	0.087222	$4.06 \times 10^{-6}$	$1.65 \times 10^{-11}$					
4	200	32.5	160	1	127.5	0.087222	$3.42 \times 10^{-6}$	$1.17 \times 10^{-11}$					
5	200	32.5	180	1	147.5	0.087222	$2.96 \times 10^{-6}$	$8.74 \times 10^{-12}$					
6	200	32.5	200	1	167.5	0.087222	$2.6 \times 10^{-6}$	$6.78 \times 10^{-12}$					
$\Sigma =$							$1.8 \times 10^{-5}$	$6.85 \times 10^{-11}$					
$\Sigma^2 =$							$3.25 \times 10^{-10}$						
<b>Rata-rata =</b>							$3 \times 10^{-6}$						

$$(\alpha \pm SD) = (3 \times 10^{-6} \pm 1.7 \times 10^{-6})$$





## Lampiran 22

**Surat Keterangan Penelitian**

PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBU KOTA JAKARTA  
DINAS PENDIDIKAN

**SMA NEGERI 22 JAKARTA**

Jl. Kramat Asem Utan Kayu Selatan Jakarta Timur  
Telp. (021) 8563352 / Fax. (021) 85903290

Kode Pos : 13120

**SURAT KETERANGAN**

NOMOR : 961 / 2015

**TENTANG**  
**PENELITIAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **OPSATER MARBUN, MM**  
NIP : 196211211989021002 / 140048  
Jabatan : Kepala Sekolah  
Unit Kerja : SMA Negeri 22 Jakarta

Menerangkan bahwa :

Nama : **EKA LESTARI ARDIYANTI**  
Nomor Registrasi : 3215111225  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas : Universitas Negeri Jakarta

Benar nama tersebut diizinkan melaksanakan Penelitian di SMA Negeri 22 Jakarta dalam rangka penulisan Skripsi yang berjudul " Pengembangan Set Eksperimen Kalor Untuk Praktikum Fisika Kelas X " kepada siswa kelas X Jurusan Ilmu Alam sebanyak 5 orang pada tanggal 03 Juni 2015.

Demikian surat keterangan ini diberikan agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dikeluarkan di Jakarta  
pada tanggal 04 Juni 2015

KEPALA SMA NEGERI 22 JAKARTA



**OPSATER MARBUN, MM**

NIP / NRK. 196211211989021002 / 140048

Lampiran 23

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, dengan:

Nama : Eka Lestari Ardiyanti

NIM : 3215111225

Jurusan : Fisika

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul **Pengembangan Alat Praktikum Muai Panjang untuk Fisika SMA:**

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan Desember 2014 – Juli 2015 dan tinjauan pustaka dari buku yang tercantum dalam skripsi saya.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis atau terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul bila pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Juli 2015

Yang membuat pernyataan,



Eka Lestari Ardiyanti  
NIM: 3215111225

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Eka Lestari Ardiyanti.** Anak pertama dari dua bersaudara. Lahir di Jakarta, 15 Agustus 1993 dari pasangan Mulyanto dan Alm.Murdiyanti. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan pramukasari 1 RT011/008 No.19, Rawasari, Cempaka Putih, Jakarta Pusat, 10570.

Riwayat Pendidikan: Menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 05 Rawasari lulus tahun 2005, SMP Negeri 118 Jakarta lulus tahun 2008, SMA Negeri 30 Jakarta lulus tahun 2011, dan kuliah di jurusan Fisika, program studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Jakarta, angkatan 2011.

Aktivitas yang pernah diikuti penulis selama perkuliahan yaitu menjadi asisten laboratorium Fisika Dasar I pada tahun 2015, melaksanakan PKM di SMA Negeri 22 Jakarta pada tahun 2015, melaksanakan penelitian di SMA Negeri 22 Jakarta pada tahun 2015, dan aktif di dunia kesenian, menjadi pemain teater dalam Klub Teater Fisika UNJ dari tahun 2013 hingga menjelang sibuk skripsi.