



## PEMBUATAN ALAT PERCOBAAN PENGUKURAN KOEFISIEN PEMUAIAN PANJANG LOGAM DENGAN DIFRAKSI

Pujayanto<sup>1</sup>, Rini Budiharti<sup>2</sup>, Yohanes Radiyono<sup>3</sup>, Dyah Fitriana Masithoh<sup>4</sup>, Fardani Arfian<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 57126

Email Korespondensi: [pujapujayanto@gmail.com](mailto:pujapujayanto@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai koefisien pemuaian logam dari pembuatan alat percobaan pengukuran koefisien pemuaian panjang yang diperoleh dari metode difraksi celah tunggal dengan analisis regresi linear. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Prinsip dasar kerja alat percobaan penentuan koefisien pemuaian panjang pada logam dengan metode difraksi celah tunggal yaitu menembakkan cahaya laser melalui celah yang tipis hingga menimbulkan pola-pola difraksi yang berupa pola gelap dan pola terang yang ditangkap oleh layar. Setiap kenaikan suhu tertentu yang terbaca oleh termometer, logam-logam tersebut akan memuai atau bertambah panjang. Pemuaian akibat panas dapat mengakibatkan celah tipis akan semakin melebar dan juga mengakibatkan perubahan pada pola difraksi yang dihasilkan. Pola difraksi yang dihasilkan akan semakin sempit ketika suhunya semakin naik. Pengukuran lebar difraksi dilakukan setiap kenaikan suhu tertentu dengan menggunakan milimeterblock sebagai layar. Kemudian menggunakan analisis regresi linier hubungan antar suhu (T) dengan sepelebar difraksi (1/Z). Koefisien pemuaian dihitung dari gradien garis hasil regresi T terhadap 1/Z. Berdasarkan hasil percobaan, semakin suhunya meningkat logam akan memuai. Pemuaian ditandai dengan semakin lebarnya celah. Nilai koefisien pemuaian panjang Aluminium sebesar  $24 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$ , Tembaga sebesar  $17 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$ , dan Kuningan sebesar  $19 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$ . Berdasarkan eksperimen, perhitungan dengan cara kuadrat terkecil dalam persamaan regresi linier diperoleh nilai koefisien pemuaian panjang Aluminium sebesar  $(22 \pm 2)10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$ , Tembaga sebesar  $(15 \pm 1)10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$ , dan Kuningan sebesar  $(17 \pm 2)10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$ . Nilai maksimal yang diisi oleh validator ahli adalah sebesar 94 (termasuk kategori sangat baik) dan validator dari guru IPA rata-ratanya sebesar 86 (termasuk kategori sangat baik). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa alat untuk menentukan koefisien pemuaian panjang dengan metode difraksi celah tunggal termasuk kategori sangat baik.

**Kata Kunci:** pemuaian, koefisien pemuaian logam, difraksi celah tunggal.

### Pendahuluan

Pada umumnya ukuran suatu benda akan berubah apabila suhunya berubah. Bila temperatur sebuah benda naik, maka sebuah benda akan mengalami pemuaian (Naufal Fansuri, 2012). Dalam fenomena pemuaian termal, logam akan memuai jika dipanaskan dan pemuaiannya berbeda-beda untuk jenis logam yang berbeda. Faktor yang menentukan besarnya pemuaian panjang suatu jenis zat dinamakan koefisien muai panjang ( $\alpha$ ). Koefisien muai menggambarkan bagaimana ukuran dari suatu perubahan obyek terhadap perubahan suhu. (Serway, R. A. & Jewett, J. W., 2010: 10)

Benda-benda yang terbuat dari logam dapat mengalami pemuaian jika terkena panas atau mengalami kenaikan suhu. Selain itu, pemuaian pada logam dipengaruhi oleh koefisien muai panjang. Secara teori, nilai

koefisien muai panjang pada baja yaitu  $11 \times 10^{-6} \text{ /}^\circ\text{C}$ , kuningan  $19 \times 10^{-6} \text{ /}^\circ\text{C}$ , tembaga  $16 \times 10^{-6} \text{ /}^\circ\text{C}$ , Aluminium  $24 \times 10^{-6} \text{ /}^\circ\text{C}$ , dll (Sears and Zemansky, 2012). Semakin tinggi nilai koefisien muai panjang yang dimiliki logam maka logam tersebut akan semakin cepat memuai.

Melalui suatu eksperimen atau percobaan, nilai koefisien muai panjang dari berbagai logam dapat ditentukan. Percobaan terdahulu tentang penentuan nilai koefisien pemuaian panjang aluminium telah dilakukan oleh Bharmanee et al (2008) dengan menggunakan metode pola difraksi pada celah yang saling didekatkan. Diperoleh nilai koefisien pemuaian panjang aluminium eksperimen  $22,512 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  yang terlalu kecil jika dibandingkan dengan nilai acuan dan menghasilkan ralat sebesar 2,545 %. Penelitian lain dilakukan oleh Fahrudin, H dengan judul *Quantitative Investigation of*

*Thermal Expansion Using Single-Slit Diffraction*, mempelajari tentang pengaruh kenaikan suhu terhadap lebar difraksi menggunakan metode difraksi celah tunggal. Diperoleh nilai koefisien pemuaian panjang aluminium eksperimen  $24,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  yang melampaui nilai acuan yaitu  $23,1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  dengan ralat sebesar 3,90 %.

Dari percobaan-percobaan terdahulu tersebut nilai eksperimental yang diperoleh belum sesuai dengan nilai acuan dan sebagian besar hanya menghitung koefisien muai panjang aluminium, sedangkan untuk logam lainnya seperti kuningan dan tembaga masih jarang dilakukan percobaan. Oleh karena itu, dilakukan suatu percobaan untuk menentukan nilai koefisien pemuaian panjang pada aluminium, tembaga, dan kuningan dengan metode difraksi celah tunggal. Metode yang dilakukan adalah dengan analisis regresi linier hubungan antara suhu terhadap seperlebar difraksi. Penggunaan analisis regresi linier agar perhitungan nilai koefisien pemuaian pada aluminium menjadi lebih teliti. Bagian akhir dari pendahuluan adalah tujuan penelitian/karya ilmiah.

## Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen ini untuk menunjukkan konsep pemuaian panjang, yaitu menentukan koefisien pemuaian panjang pada Aluminium, Kuningan, dan Tembaga menggunakan metode difraksi celah tunggal. Eksperimen yang dilakukan diawali dengan tahap persiapan, yang meliputi kegiatan kajian pustaka dan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat alat percobaan penentuan koefisien pemuaian panjang pada Aluminium, Kuningan, dan Tembaga. Tahap selanjutnya adalah pembuatan rangkaian alat percobaan penentuan koefisien pemuaian panjang pada Aluminium, Kuningan, dan Tembaga. Pada tahap ini akan dilakukan pengujian alat serta pengambilan data. Kemudian pada tahap terakhir dari penelitian ini adalah analisis data.

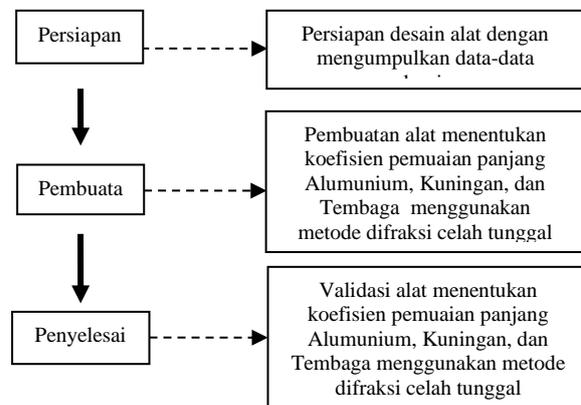
## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Gambar Alat



Gambar 1. Alat untuk Menentukan Koefisien Pemuaian Panjang dengan Metode Difraksi Celah tunggal

### Prosedur Percobaan



Gambar 2. Alur Pembuatan Alat

### Prinsip Dasar

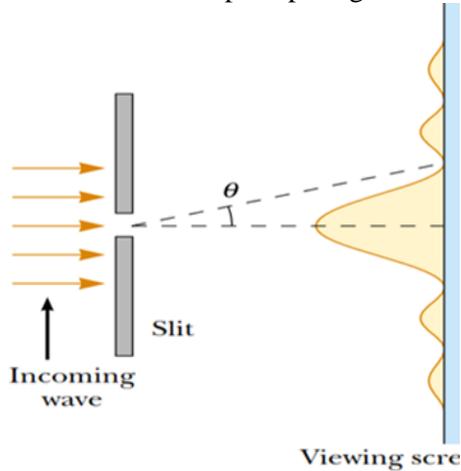
Prinsip dasar kerja alat penentuan koefisien pemuaian panjang pada Aluminium, Tembaga, dan Kuningan dengan metode difraksi celah tunggal yaitu menembakkan cahaya laser melalui celah yang tipis hingga menimbulkan pola-pola difraksi yang berupa pola gelap dan pola terang yang ditangkap oleh layar (R Resnick dan D Halliday, 1993: 730). Setiap kenaikan suhu tertentu yang terbaca oleh termometer, logam Aluminium, Tembaga, dan Kuningan akan memuai atau bertambah panjang. Pemuaian pada Aluminium, Tembaga, dan Kuningan akibat panas dapat mengakibatkan celah tipis akan semakin melebar dan juga mengakibatkan perubahan pada pola difraksi yang dihasilkan. (Sumber: Sears and Zemansky, 2012)

Hasil pola difraksi dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola Difraksi dari Percobaan Penentuan Koefisien Pemuai Logam

Pola difraksi di atas sama seperti pola difraksi untuk celah sempit seperti gambar 4.



Gambar 4. Pola Difraksi untuk Celah Sempit (Sumber: Serway, R. A. & Jewwet, J. W. : 2010)

Hubungan antara lebar celah dengan panjang gelombang cahaya dapat dituliskan sebagai berikut

$$L \sin \theta = m \lambda \quad (1)$$

atau

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{L} \quad (2)$$

dengan mengasumsikan  $m=1$  maka diperoleh

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{L} \quad (3)$$

dengan  $\theta$  merupakan besar sudut pembelokan gelombang cahaya,  $m$  adalah orde difraksi yang berupa bilangan bulat positif atau negatif,  $\lambda$  adalah panjang gelombang cahaya ( $m$ ), dan  $L$  adalah lebar celah ( $m$ ).

Dari gambar 4 diperoleh

$$z = D \tan \theta \quad (4)$$

karena sudut  $\theta$  sangat kecil maka  $\tan \theta \approx$

$$\sin \theta, \text{ sehingga } z = \frac{\lambda D}{L} \text{ dan } L = \frac{\lambda D}{z},$$

atau

$$L_0 = \frac{\lambda D}{z_0} \quad (5)$$

sehingga

$$\Delta L = L - L_0 = \frac{\lambda D}{z} - \frac{\lambda D}{z_0} \quad (6)$$

maka diperoleh

$$\Delta L = \lambda D \left[ \frac{1}{z} - \frac{1}{z_0} \right] \quad (7)$$

Untuk pertambahan panjang logam memenuhi persamaan di bawah ini

$$\Delta L = \alpha L_0 (T - T_0) \quad (8)$$

sehingga diperoleh

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 (T - T_0)} \quad (9)$$

(Tipler, Paul A. 1991:568)

dengan memasukkan  $\Delta L$  nilai koefisien pemuai aluminium, kuningan, dan tembaga dapat dicari dengan persamaan

$$\alpha = \frac{\lambda D \left( \frac{1}{z} - \frac{1}{z_0} \right)}{L_0 (T - T_0)} \quad (10)$$

dengan  $D$  adalah jarak celah sempit terhadap layar,  $z$  adalah lebar difraksi,  $L_0$  adalah panjang logam aluminium, kuningan, atau tembaga, dan  $T$  adalah suhu air.

### Pembahasan

Dalam pembahasan dicari nilai koefisien pemuai. Percobaan tersebut mengukur lebar difraksi dari cahaya laser setiap kenaikan suhu  $10^\circ\text{C}$ . Sebelum dilakukan pengukuran, maka dilakukan validasi alat percobaan terlebih dahulu oleh validator.

#### a. Validasi Alat untuk Menentukan Koefisien Muai Panjang Logam dengan Metode Difraksi Celah Tunggal

Validasi alat untuk Menentukan Koefisien Pemuai Panjang dengan Metode Difraksi Celah tunggal dilakukan oleh validasi ahli yaitu bapak Drs. Yohanes Radiyono, M. Pd dan validasi dari guru IPA di Surakarta. Butir – butir penilaian validasi alat untuk menentukan koefisien pemuai panjang dengan metode difraksi celah tunggal meliputi 2 aspek yaitu aspek media dan aspek materi. Berdasarkan hasil dari alat

untuk menentukan koefisien pemuai panjang dengan metode difraksi celah tunggal didapatkan kesimpulan, antara lain:

1) Aspek media

Alat untuk menentukan koefisien pemuai panjang dengan metode difraksi celah tunggal dinilai dari aspek media sudah memenuhi kriteria baik meliputi desain pembelajaran dan komunikasi visual seperti di bawah ini.

Tabel 1: Aspek media

No	Indikator Penilaian
Desain Pembelajaran	
1	Kemudahan penggunaan media
	Kesederhanaan pengoperasian media
	Kemenarikan media bagi siswa SMP
	Media bersahabat dengan pengguna
	Keefisienan media dalam pembelajaran
	Media dapat menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi
Komunikasi visual	
8	Kemenarikan tampilan alat
9	Kesesuaian struktur alat dengan karakter siswa SMP
10	Kejelasan fungsi masing – masing bagian alat peraga
11	Kejelasan gejala fisis yang ditampilkan

2) Aspek materi

Berdasarkan aspek validasi, alat untuk menentukan koefisien pemuai panjang dengan metode difraksi celah tunggal sudah sesuai dengan materi yang meliputi dimensi di bawah ini.

Tabel 2: Aspek materi

No	Indikator Penilaian
Dimensi spiritual	
1	Terdapat penyajian yang dapat mendukung keimanan siswa terhadap Tuhan YME melalui pengenalan terhadap keagungan ciptaannya
Dimensi sikap sosial	
2	Materi atau kegiatan yang disajikan dapat mendukung pengembangan perilaku ilmiah siswa
3	Materi atau kegiatan Materi atau kegiatan yang disajikan dapat

No	Indikator Penilaian
	mendukung pengembangan sikap kerja sama siswa
Dimensi pengetahuan	
4	Konsep yang ditampilkan sesuai dengan rumusan KD yang berlaku dalam KBK
5	Materi yang tersampaikan sesuai dengan KD dimensi pengetahuan
6	Gejala yang ditampilkan relevan dengan materi yang disampaikan
7	Kebenaran konsep/prinsip/hukum yang ditampilkan
8	Konsterktual materi yang disampaikan
Dimensi ketrampilan	
9	Prosedur percobaan yang disajikan dapat diterapkan dengan runtut dan benar
10	Kegiatan dan latihan yang disajikan mengedapankan pengalaman personal melalui mengamati, menanya, mencoba, menalar dan mengkomunikasikan

Jumlah item validasi adalah 21 (aspek media dan materi). Skor tertinggi ideal untuk keseluruhan adalah (21 x 5 = 105), skor minimum ideal yang dicapai adalah (21 x 1 = 21), dengan mean ideal (Mi) 63 dan simpangan baku ideal (Sbi) 14. Berdasarkan analisis skor menurut (Azwar, 2007: 163), kriteria baik tidaknya alat dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3: Persentase kriteria validasi alat/media

Interval nilai	Kriteria
84 < X	Sangat baik
70 < X ≤ 81	Baik
56 < X ≤ 70	Cukup
42 < X ≤ 56	Kurang
X ≤ 42	Sangat kurang

Nilai maksimal yang diisi oleh validator ahli adalah sebesar 94 (termasuk kategori sangat baik) dan validator dari guru IPA rata – ratanya sebesar 86 (termasuk kategori sangat baik). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa alat untuk menentukan koefisien pemuai panjang dengan metode difraksi celah tunggal termasuk kategori sangat baik.

## b. Nilai Koefisien Muai Panjang Logam dengan Metode Difraksi Celah Tunggal

Berdasarkan hasil penggunaan alat percobaan penentuan koefisien pemuaian panjang pada logam dengan metode difraksi celah tunggal didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4: Nilai Koefisien Pemuaian

Jenis Logam	$\alpha$ berdasarkan teori ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	$\alpha$ berdasarkan eksperimen ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Aluminium	$24 \times 10^{-6}$	$(22 \pm 2) \times 10^{-6}$
Tembaga	$17 \times 10^{-6}$	$(15 \pm 1) \times 10^{-6}$
Kuningan	$19 \times 10^{-6}$	$(17 \pm 2) \times 10^{-6}$

## Simpulan, Saran, dan Rekomendasi

Berdasarkan uraian dari pembahasan alat percobaan penentuan koefisien pemuaian panjang logam menggunakan difraksi celah tunggal maka dapat disimpulkan:

- 1) Alat untuk menentukan koefisien pemuaian panjang dengan metode difraksi celah tunggal termasuk kategori sangat baik dengan nilai maksimal yang diisi oleh validator ahli adalah sebesar 94 (termasuk kategori sangat baik) dan validator dari guru IPA rata – ratanya sebesar 86 (termasuk kategori sangat baik).
- 2) Nilai koefisien pemuaian pada logam yang diukur tidak jauh menyimpang dari nilai koefisien pemuaian secara teori

Adapun saran yang dapat diberikan penulis antara lain :

- 1) Disarankan menggunakan logam yang lebih tebal agar logam kokoh pada saat digunakan.
- 2) Sebaiknya pengambilan data dilakukan dengan jarak antara celah dengan layar yang semakin jauh. Karena semakin jauh jaraknya maka lebar difraksi yang dihasilkan akan semakin lebar sehingga pengukuran hasil percobaan akan lebih mudah.

## Daftar Pustaka

- Azwar, S. (2007). *Tes Prestasi: Fungsi dan Pengembangan Pengukuran Prestasi Belajar*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Bharmanee, P., Thamaphat, K., Satusuvon, P., and Limsuwan, P. (2008). *Mesurement of a Thermal Expansion Coefficient for a Metal by Diffraction Patterns from a Narrow Slit*. Kasetsart J. (Nat. Sei) Vol 42, pp. 346-350.
- David Hallyday, R Resnick, Jearl Walker. (2005). *Physic, 7<sup>th</sup> extended edition*. San Frascisco: John Willey & Sons, Inc, pg 730.
- Giancoli, Douglas C. (2001). *Fisika Dasar edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Naufal Fansuri. (2012). *Menentukan Koefisien Muai Panjang Logam dengan Cara Memanasinya*. Jurnal Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, 2012.
- Sears and Zemansky. (2012). *University Physics: with Modern Physics*. San Fransisco: Addison Wesley, Inc.
- Serway, R. A. And Jewwet, J. W. (2010). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta : Salemba Teknika.
- Tipler, Paul A. (1991). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta : Erlangga

## Pertanyaan :

Fairuzy Fitria Handayani

1. Kenapa yang digunakan ketiga logam tersebut?

## Jawaban :

Karena logam-logam tersebut dekat dengan kehidupan sehari-hari dan tidak mudah berkarat seperti besi

