

MENENTUKAN KOEFISIEN MUAI TERMAL LOGAM MENGGUNAKAN SISTEM PENGUKURAN DIGITAL

Adam Aswin Usman, Endah Rahmawati

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
adamaswin@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini telah berhasil merancang dan menguji kit koefisien muai termal logam secara digital. Kit praktikum ini terdiri dari *rotary encoder*, LM35, Atmega 328, 3 buah logam uji PASCO model TD-8579A, dan *heater*. Logam uji dipanaskan pada suhu 30,30 °C hingga 78,69 °C yang akan dideteksi oleh LM35. Ketika uap air melewati pipa logam, suhu logam meningkat dan menyebabkan logam memuai. Pemuai logam akan mendorong *rotary encoder* sehingga *rotary encoder* akan berputar. Pengambilan data dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap pengujian kit dan tahap percobaan. Tahap pengujian menggunakan logam uji milik PASCO untuk mengetahui kelayakan alat, sedangkan tahap percobaan adalah mengukur koefisien muai termal logam yang tidak diketahui komposisi dan nilai koefisien muai termalnya. Pada tahap pengujian kit didapatkan nilai koefisien muai termal logam aluminium, logam kuningan dan logam tembaga yang hampir sama dengan nilai koefisien muai termal milik PASCO, maka kit layak digunakan untuk percobaan. Pada tahap percobaan didapatkan $\alpha_{\text{aluminium}} (23 \pm 0,52) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, $\alpha_{\text{kuningan}} (20 \pm 0,18) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ dan $\alpha_{\text{tembaga}} (18 \pm 0,30) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Ketidakpastian terbesar terletak pada aluminium sebesar 2,26 %, sedangkan ketelitian tertinggi pada kuningan sebesar 99,10 %. Terdapat perbedaan antara koefisien muai termal kuningan hasil pengujian dan percobaan, hal ini dimungkinkan komposisi bahan yang berbeda sehingga menyebabkan perbedaan nilai koefisien muai termalnya.

Kata Kunci: koefisien muai termal, logam uji, pengukuran digital.

Abstract

This study has successfully designed and tested kit metal thermal expansion coefficient digitally. This lab kit consists of a rotary encoder, LM35, ATmega328, 3 pieces of metal PASCO test TD-8579A models, and a heater. Metal test was heated at 30.30 °C to 78.69 °C which had been detected by the LM35. When the water vapor pass through a metal pipe, metal temperatures rise and cause metals expand. Metal expansion will push the rotary encoder so that the rotary encoder will rotate. Data collection was performed in two phases: the testing kits and an experimental phase. The testing phase using a metal belonging PASCO test to determine the feasibility of the tool, while the experimental phase is to measure the thermal expansion coefficient of metal of unknown composition and the coefficient of thermal expansion. At this stage of testing kits obtained coefficient of thermal expansion of metal aluminum, brass and copper metal is almost equal to the thermal expansion coefficient belongs PASCO, then the kit is suitable for use in experiments. $\alpha_{\text{aluminium}}$ obtained at the experimental stage of $(23 \pm 0.52) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, α_{kuningan} of $(20 \pm 0.18) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ and $\alpha_{\text{tembaga}} (18 \pm 0.30) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, The biggest uncertainties is the aluminum by 2.26%, while the highest accuracy on the brass of 99.10%. There is a difference between the thermal expansion coefficient of brass results of tests and experiments, it is possible the composition of different materials, causing differences in thermal expansion coefficient.

Keywords: thermal expansion coefficient, metals testing, digital measurement.

PENDAHULUAN

Praktikum adalah salah satu cara siswa dan atau mahasiswa belajar menemukan suatu konsep dan hubungan antara variabel yang terkait. Sebagai contoh untuk memahami konsep suhu dan pemuai siswa dan atau mahasiswa dapat melakukan praktikum untuk mencari koefisien muai termal. Pada saat praktikum siswa dan atau mahasiswa akan belajar menentukan variabel-variabel yang terkait. Berdasarkan hasil praktikum, siswa dan atau mahasiswa dapat menemukan hubungan antara variabel dan membandingkan dengan konsep.

Kegiatan praktikum sangat penting dilakukan, maka lembaga pendidikan baik sekolah maupun Perguruan Tinggi (PT) perlu menyediakan fasilitas yg memadai. Jurusan Fisika memiliki laboratorium eksperimen yang menyediakan berbagai kit untuk percobaan, akan tetapi jumlahnya masih terbatas. Seringkali dengan jumlah yang terbatas tersebut tidak bisa digunakan untuk seluruh mahasiswa fisika yang berjumlah ± 150 tiap periode praktikum. Oleh karena itu, diperlukan alternatif alat atau kit yang bisa dimanfaatkan untuk kegiatan praktikum. Diantaranya praktikum pemuai termal.

Perancangan kit praktikum koefisien muai termal sebelumnya telah dilakukan oleh Lailatul Istighfaroh (2007). Kit praktikum koefisien muai termal juga telah diproduksi secara massal oleh PASCO, Leybold serta Phywe dan banyak digunakan sebagai media praktikum mahasiswa termasuk di Laboratorium Eksperimen Jurusan Fisika UNESA. Namun, kit praktikum tersebut masih tergolong mahal dan beberapa diantaranya masih menggunakan pengukuran secara analog berupa *dial gauge* seperti pada alat koefisien muai termal produksi Phywe.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat kit percobaan koefisien muai termal logam berbasis pengukuran digital serta menguji kelayakan kit praktikum koefisien muai termal pada skala laboratorium. Sehingga, kit praktikum koefisien muai termal ini diharapkan menjadi solusi ketersediaan kit praktikum koefisien muai termal baik di sekolah maupun di Laboratorium Eksperimen Jurusan Fisika UNESA.

METODE

Pada penelitian ini logam uji yang digunakan yaitu logam aluminium, logam kuningan dan logam tembaga. Logam uji dipanaskan menggunakan uap air sehingga logam bertambah panjang dari keadaan awal (L_0) menjadi panjang akhir (L_t). Selisih panjang logam ini disebut dengan ΔL atau ($L_t - L_0$). Sensor *rotary encoder* dipasang sedemikian rupa dengan logam, sehingga ketika logam bertambah panjang akan mendorong *rotary encoder*. Pembacaan pertambahan panjang oleh *rotary encoder* masih berupa data besaran sudut, oleh karena itu data harus diubah dalam satuan panjang melalui proses pada *mikrokontroler*. Selama proses pemanasan, logam uji dihubungkan dengan sensor suhu LM35 untuk mengukur perubahan suhu logam ($\Delta T = T_t - T_0$). Masing-masing hasil pembacaan sensor *rotary encoder* dan LM35 diproses dalam *mikrokontroler* arduino uno dengan menggunakan perumusan $\alpha = \frac{\Delta L/L}{\Delta T}$ kemudian hasil perhitungan akan ditampilkan pada LCD.

Variabel penelitian yang digunakan yaitu variabel kontrol berupa panjang awal logam (L_0), suhu awal logam (T_0) dan suhu akhir logam (T_t). Variabel manipulasi yaitu logam aluminium, kuningan dan tembaga. Sedangkan variabel respon yang didapatkan adalah perubahan panjang logam (ΔL) dan panjang akhir logam (L_t).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap pengujian kit praktikum dan tahap percobaan. Tahap pengujian digunakan untuk menentukan koefisien muai termal 3 buah logam milik PASCO model TD-8579A.

Logam uji tersebut telah diketahui komposisi dan nilai koefisien muai termalnya. Jika hasil pengukuran tersebut sesuai dengan PASCO, maka kit koefisien muai termal tersebut dapat diketahui kelayakannya. Untuk memastikan keakuratan pengukuran, dilakukan pengukuran secara berulang sebanyak 10 kali.

Berikut merupakan hasil pengujian dan pengukuran koefisien muai termal logam menggunakan logam uji PASCO dan logam uji lain.

Tabel 1. Data pengujian dan pengukuran logam uji

No	Benda uji	α ($^{\circ}\text{C}$)
1	Aluminium PASCO	$(25 \pm 0,48) \times 10^{-6}$
2	Aluminium Uji	$(23 \pm 0,52) \times 10^{-6}$
3	Kuningan PASCO	$(19 \pm 0,32) \times 10^{-6}$
4	Kuningan Uji	$(20 \pm 0,18) \times 10^{-6}$
5	Tembaga PASCO	$(18 \pm 0,26) \times 10^{-6}$
6	Tembaga Uji	$(18 \pm 0,30) \times 10^{-6}$

Berdasarkan hasil pengujian kit koefisien muai termal didapatkan nilai koefisien muai termal 3 buah logam hampir sama dengan PASCO. Oleh karena itu, kit koefisien muai termal ini dapat digunakan untuk menentukan koefisien muai termal logam uji lain yang tidak diketahui komposisi dan nilai koefisien muai termalnya.

Terdapat beberapa perbedaan antara koefisien muai termal logam pada tahap 1 dan tahap 2. Perbedaan nilai koefisien muai termal yang paling besar adalah pada logam aluminium yaitu sebesar $(25 \pm 0,48) \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$ dan $(23 \pm 0,52) \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$. Pada dasarnya rentang perbedaan ini masih dalam batas wajar karena beberapa penelitian terdahulu misalnya data dari (ASM International, 2002) menyebutkan rata-rata koefisien muai termal logam aluminium adalah $24 \times 10^{-6} /\text{K}$. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Bharmanee, Piyarat, 2008) memperoleh koefisien muai termal aluminium sebesar $22,512 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$. Dalam buku (Serway dan Jewett, 2004) tertera nilai teoritis koefisien muai termal logam untuk aluminium adalah $23,100 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$. Serta menurut (Wulandari, Puspita Septim, 2015) dari perhitungan cara kuadrat terkecil dalam persamaan regresi linier diperoleh nilai koefisien muai termal aluminium $(27,26 \pm 2,26) \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$. Oleh karena itu koefisien muai termal aluminium $(25 \pm 0,48) \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$ pada penelitian ini masih dalam batas toleransi.

Perbedaan nilai koefisien muai termal juga terdapat pada logam kuningan yaitu $(19 \pm 0,32) \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$ dan $(20 \pm 0,18) \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya perhitungan *rotary encoder* yang tidak tepat, sistem yang kurang teisolasi serta perbedaan komposisi bahan yang dapat mempengaruhi koefisien muai termalnya. Sedangkan koefisien muai termal

tembaga memiliki kesamaan yaitu $(18 \pm 0,26) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ dan $(18 \pm 0,30) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Hal ini disebabkan pada umumnya tembaga tidak memiliki campuran dalam komposisi penyusunnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada ibu Endah Rahmawati, S.T, M.Si, dosen-dosen Fisika UNESA, serta rekan-rekan yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

PENUTUP

Simpulan

Perancangan kit praktikum koefisien muai termal logam berbasis pengukuran digital ini telah berhasil dilakukan. Kit koefisien muai termal logam ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu *rotary encoder*, LM 35, Atmega 328, logam aluminium, kuningan serta tembaga milik PASCO yang telah diketahui komposisi dan koefisien muai termalnya, *heater* sebagai pemanas air, 3 buah logam uji lain yang tidak diketahui komposisi dan nilai koefisien muai termalnya.

Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap pengujian kit dan tahap pengukuran. Pada tahap pengujian kit menunjukkan bahwa nilai koefisien muai termal hampir sama dengan PASCO. Oleh karena itu, kit koefisien muai termal ini layak digunakan untuk menentukan koefisien muai termal logam uji lain yang tidak diketahui komposisi dan nilai koefisien muai termalnya. Pada tahap pengukuran didapatkan koefisien muai termal aluminium, kuningan dan tembaga berturut-turut $(23 \pm 0,52) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, $(20 \pm 0,18) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ dan $(18 \pm 0,30) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Saran

Berdasarkan pengalaman pada saat percobaan disarankan untuk menggunakan logam uji yang memiliki ketebalan minimum 0,19 mm supaya logam uji tidak melengkung. Selain itu, dengan memperhatikan peletakan yang sesuai antara logam uji dan *rotary encoder*, penambahan panjang dapat terdeteksi dengan tepat. Dan untuk pengukuran yang lebih akurat, poros *rotary encoder* yang bersinggungan dengan logam uji perlu ditambahkan gerigi. Sehingga pengukuran penambahan panjang logam dapat dilakukan lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM International. 2002. *Thermal Properties of Metals (#06702G)*
- Astuti, Edi Tri dkk. 2009. *Menentukan Koefisien Ekspansi Linier Batang Kuningan Dengan Teknik Espi Electronic Speckle Pattern Interferometry*. Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia. Vol. 9, No. 1, 32.
- Bharmanee, Piyarat dkk. 2008. *Measurement of a Thermal Expansion Coefficient for a Metal by*

Diffraction Patterns From a Narrow Slit. Kasetsart J (Nat. Sci.). 346.

Halliday, David dan Robert Resnick. 1987. *Fisika edisi ke 3 jilid 1*. Jakarta : Erlangga.

Inbanathan, S.S.R. Moorthy, K., and G. Balasubramanian, G. 2007. *Measurement and Demonstration of Thermal Expansion Coefficient*. Journal Of Physics Teacher. Vol. 45, pp. 566-567.

Istighfaroh, Lailatul. 2007. *Rancang Bangun Alat Ukur Koefisien Muai Panjang Digital*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya.

Kementrian pendidikan dan kebudayaan. 2013. *Silabus Mata Pelajaran IPA, untuk SMP dan MTS*.

PASCO Scientific. 2000. *Computer-Based Thermal Expansion Apparatus*.

PHYWE. 2008. *Thermal Expansion in Solid and Liquids 3.1.01*.

Serway, R.A. and J.W. Jewett. 2004. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Thomson-Brooks/Cole, Belmont. 588 p.

Suarsana, I Ketut. 2008. *Pengaruh Waktu Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol. 2, No. 1, 51.

Wulandari, Puspita Septim dan Yohanes Radiyono. 2015. *Penggunaan Metode Difraksi Celah Tunggal pada Penentuan Koefisien Pemuaian Panjang Aluminium (Al)*. Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika. Vol. 5, No. 2, 1.