



Rancang Bangun Alat Uji Muai Panjang Material Logam Berbasis Pemanas Elektrik dan Dial Indikator

Hadi Santoso^{1*}, Arie Linory², Marhadi Budi Waluyo³, Andi Rosman⁴

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

⁴Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Sulawesi Barat

Email: hadisantoso@borneo.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak

Telah dilakukan rancang bangun alat uji muai panjang material logam berbasis pemanas elektrik dan dial indikator dengan material uji berupa batang besi. Tujuan dari penelitian ini merancang bangun alat uji muai panjang material logam dan menganalisa kelayakan dari alat uji tersebut. Komponen utama pada alat uji muai ini menggunakan pemanas elektrik dan alat ukur dial indikator. Fungsi pemanas elektrik adalah sebagai pemanas pada spesimen uji, sedangkan dial indikator sebagai alat ukur yang menjadi indikator penunjukan terjadinya fenomena pemuaian panjang. Setelah dilakukan pengujian terhadap batang besi menunjukkan alat ini bekerja dengan baik dalam mengamati fenomena pemuaian panjang secara kualitatif. Namun hasil analisa secara kuantitatif menunjukkan perbedaan hasil nilai koefisien besi sebagai material uji, dimana koefisien terukur ($0,000045/^{\circ}\text{C}$) dan referensi ($0,000012/^{\circ}\text{C}$).

Kata kunci: Alat Uji Muai, Batang Besi, Dial Indikator, Pemanas Elektrik, Pemuaian

Abstract

Has been design of a length expansion test instrument for metal material based on electric heaters and dial gauge with iron rods metal as the test material. The purpose of this research is to design a metal material length expansion instrument and analyze the feasibility of the instrument. The main components of this expansion test tool use an electric heater and a dial gauge. The function of the electric heater is as a heater on the test specimen, while the dial indicator is used as a measuring device which is an indicator of the long expansion phenomenon. After testing the iron metal, it showed that this instrument worked well in observing the long expansion phenomenon qualitatively. However, the quantitative results show differences, where the coefficient is measured ($0.000045/^{\circ}\text{C}$) and reference ($0.000012/^{\circ}\text{C}$).

Keywords: Expansion Test Instrument, Iron Bars, Dial Gauge, Electric Heaters, Expansion

Info Artikel

Status artikel:

Diterima: 1 Agustus 2023

Disetujui: 5 September 2023

Tersedia online: 30 Desember 2023

1. PENDAHULUAN

Ilmu sains diaplikasikan pada berbagai bidang ilmu terapan dan rekayasa. Salah satu ilmu rekayasa adalah teknik mesin, dimana teknik mesin merupakan ilmu rekayasa yang mempelajari terkait konstruksi, manufaktur, material, hingga konversi energi. Dasar ilmu sains dari rekayasa teknik mesin adalah ilmu fisika. Dalam bidang konstruksi dan material terdapat suatu fenomena dasar fisika yang terjadi pada material logam yakni pemuaian. Pemuaian sangat penting diperhitungkan dikarenakan saat melakukan proses konstruksi pada sebuah material maka derajat panas yang mengenai objek akan terjadi perubahan dimensi.

Pemuaian dapat didefinisikan sebagai perubahan ukuran suatu benda ketika benda tersebut mengalami perubahan temperatur. Semua zat, baik zat padat, zat cair, maupun gas dapat mengalami pemuaian bila mengalami perubahan temperatur. Pemuaian pada zat padat terdiri dari muai panjang, muai luas dan muai volume [1]. Dalam fenomena pemuaian, logam akan mengalami perubahan fisik, baik itu panjang, luas, maupun volume jika dipanaskan. Tingkat perubahan ukurannya pula berbeda-beda untuk jenis logam yang berbeda [2]. Yang mempengaruhi perbedaan tersebut adalah koefisien muai.

Koefisien muai adalah metrik yang menentukan tingkat muai. Koefisien muai menentukan bagaimana ukuran benda bertambah seiring perubahan temperatur [3]. Koefisien muai padatan dan zat cair biasanya tidak dipengaruhi oleh tekanan, meskipun dapat berubah seiring dengan terjadinya perubahan temperatur [4]. Benda-benda yang terbuat dari logam dapat mengalami pemuaian jika terkena panas atau mengalami kenaikan temperatur. Melalui suatu eksperimen atau percobaan, nilai koefisien muai panjang dari berbagai logam dapat dibuktikan.

Sebelum dilakukan proses eksperimen perhitungan nilai koefisien, hal yang paling menarik adalah membuktikan bahwa pemuaian dapat diamati secara kasat mata. Sebuah peralatan eksperimen sederhana telah mampu membuktikan fenomena pemuaian, alat tersebut disebut dengan *musschenbroek*. Alat *musschenbroek* merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan koefisien muai panjang suatu benda padat (berbentuk batang), tetapi tidak dapat digunakan untuk menghitung nilai koefisien muai panjang masing-masing benda tersebut [5]. Sistem kerja alat ini adalah menemukan perbandingan kualitatif perubahan panjang logam yang berbeda yang ditunjukkan penyimpangan jarum dimasing-masing ujung batang logam. Semakin besar penyimpangan pada jarum maka semakin besar nilai koefisien muainya. Sebaliknya semakin kecil penyimpangan pada jarum maka semakin kecil pula nilai koefisiennya. Hal ini berbanding lurus pada pertambahan Panjang yang diakibatkan fenomena pemuaian.

Selain alat *musschenbroek* yang memiliki cara kerja sederhana dalam penunjukan fenomena pemuaian, terdapat pula alat lain hasil berbagai penelitian yang membutuhkan

eksperimen pemuaian secara kompleks. Salah satu penelitian tersebut adalah pembuatan alat uji muai menggunakan metode difraksi [6]. Pemuaian akibat panas dapat mengakibatkan celah tipis akan semakin melebar dan juga mengakibatkan perubahan pada pola difraksi yang dihasilkan. Pengukuran lebar difraksi dilakukan setiap kenaikan temperatur tertentu dengan menggunakan milimeterblock. Koefisien pemuaian dihitung dari gradien garis hasil regresi linier hubungan antar temperatur dengan seperlebar difraksi. Tentu saja hal ini membutuhkan detail alat yang lebih kompleks. Selain metode difraksi, pengukuran pemuaian yang kompleks juga dilakukan dengan bantuan pengukuran digital dengan memanfaatkan sensor. Saat ini telah banyak penelitian yang menerapkan sensor sebagai salah satu komponen pengukuran seperti pengukuran suhu dan salinitas menggunakan *mikrokontroler* dan android [7]. Penelitian lainnya seperti pemanfaatan sensor *rotary encoder* yang memberikan sinyal akibat adanya perubahan panjang logam. Sinyal yang diperoleh selanjutnya akan diproses oleh *mikrokontroler* yang telah diprogram untuk mengolah data perubahan temperatur sensor LM35. Hasil pengolahan data selanjutnya menampilkan data koefisien muai pada LCD [8].

Berdasarkan hal inilah tim penulis tertarik mengembangkan sebuah alat uji muai dengan menggabungkan sistem sederhana alat *musschenbroek* yang dapat mengamati fenomena kualitatif pemuaian disertai data terukur yang dapat dianalisa sehingga nantinya dapat membuktikan nilai koefisien muai suatu material. Tim penulis tertarik mengembangkan alat ini menggunakan pemanas elektrik dan alat ukur *dial indikator*. Tujuannya adalah merancang alat uji muai panjang material logam berbasis pemanas elektrik dan *dial indikator*, serta menganalisis kelayakannya dalam mengetahui fenomena dan pembuktian nilai koefisien pemuaian.

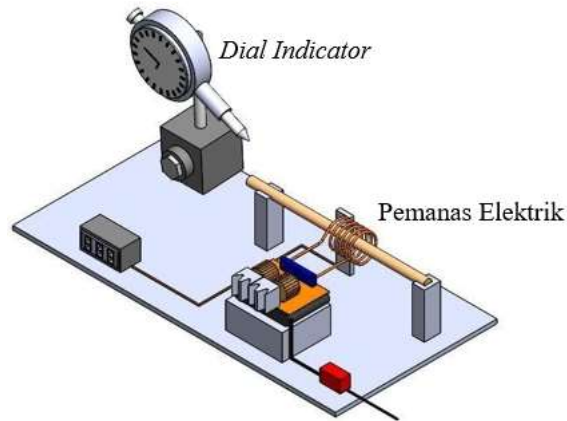
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen ini untuk menunjukkan konsep pemuaian panjang, yaitu pembuktian fenomena panjang dengan mengukur nilai variabel-variabelnya seperti perubahan temperatur dan perubahan panjang logam. Eksperimen yang dilakukan diawali dengan tahap persiapan, yang meliputi kegiatan kajian pustaka dan perancangan. Hasil dari perancangan akan menunjukkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penyusunan alat ukur pemuaian. Tahap selanjutnya adalah pembuatan rangkaian alat percobaan muai panjang sesuai perancangan. Tahap akhir adalah pengujian dan analisis data serta kesimpulan.

2.1 Perancangan

Dasar perancangan alat uji pemuaian ini adalah pengembangan alat *musschenbroek*. Alat *musschenbroek* biasanya memiliki prinsip sederhana dalam memperoleh panas dalam proses pemuaian logam ujinya. Panas alat *musschenbroek* biasanya diperoleh dari nyala api pada objek bakar berupa lilin [9]. Pada alat ini akan digunakan pemanas elektrik sebagai pengganti lilin. Sedangkan indikator perubahan panjang akan terdeteksi melalui *dial indikator*. Prinsip kerja alat uji muai ini adalah pemanas elektrik akan menaikkan temperatur batang logam.

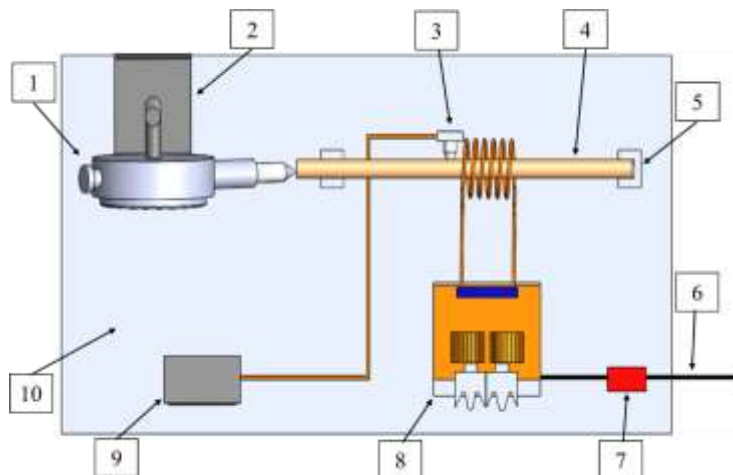
Batang logam yang bertambah panjang akan mendorong alat ukur *dial indikator*. Berikut adalah bentuk perancangan alat uji muai;



Gambar 1. Perancangan alat uji muai berbasis pemanas elektrik dan *dial indikator*

2.2 Alat dan Bahan

Detail alat dan bahan yang diperlukan dalam penyusunan alat uji pemuai ditunjukkan pada skema gambar 2 berikut;



Gambar 2. Skema alat dan bahan alat uji muai

Alat dan bahan berdasarkan penomoran pada gambar 2 yakni 1) *Dial indikator*, 2) *Magnetic Holder*, 3) Sensor Termokopel, 4) Material uji (batang besi), 5) *Stand* material uji, 6) Daya input, 7) Saklar, 8) Pemanas induksi, 9) Termometer digital, 10) Papan dasar alat uji muai.

2.3 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan menggunakan bahan uji berupa batang besi. Sistem pemanas elektrik terdiri dari saklar, daya input, dan pemanas induksi. Ketika saklar diposisikan *on* maka daya yang bersumber dari tegangan AC akan menyalurkan energi kepada pemanas induksi. Pengujian alat berfokus pada keberhasilan terjadinya pemuaian dengan indikator terjadinya perubahan pada skala *dial indikator*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengumpulan alat dan bahan dan perakitan sesuai skema pada gambar 2, maka gambar 3 dan gambar 4 adalah penunjukan hasil perakitan alat uji muai panjang logam;



Gambar 3. Alat uji muai panjang tampak samping



Gambar 4. Alat uji muai panjang tampak atas

Prinsip kerja dari alat ini yakni Ketika sistem pemanas elektrik terdiri dari saklar, daya input, dan pemanas induksi berada pada posisi *on* maka daya yang bersumber dari tegangan AC akan menyalurkan energi kepada pemanas induksi. Kalor yang bersumber dari pemanas induksi selanjutnya menghantarkan kalor secara radiasi kepada batang material uji. Ketika terjadi kenaikan temperatur maka material uji akan mengalami fenomena pemuaian.

Pemuaian menyebabkan batang material uji akan mengalami pertambahan panjang, sehingga dial indikator yang sebelumnya berada pada skala nol akan terdorong hingga terjadi pertambahan skala. Hal tersebut menunjukkan perubahan panjang yang terjadi. Salah satu

contoh kinerja dial indikator dalam mengukur perubahan panjang dapat diamati melalui gambar 5 ketika sistem pemanas bekerja hingga material uji terdeteksi menunjukkan derajat panas 120°C ;



Gambar 5. Penunjukan skala dial indikator ketika temperatur uji 120°C

Alat yang dirancang bangun ini dilengkapi dengan sensor termokopel sehingga mampu membaca nilai temperatur secara akurat. Menurut Santoso [10], Termokopel merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur. Termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversianya dapat secara digital. Menurut Rosman [11] termokopel sendiri memiliki keunggulan yakni mempunyai range pengukuran yang lebar dibanding dengan beberapa sensor temperatur jenis lainnya. Sedangkan penggunaan dial indikator dalam penelitian ini prinsipnya sesuai dengan Ummu dalam Anam [12] bahwa alat ukur ini merupakan alat ukur mekanik yang dipergunakan untuk memeriksa penyimpangan yang sangat kecil dari bidang datar. Secara umum proses pemuaiian dapat diamati dengan baik menggunakan alat yang dirancang bangun ini.

Tahap pengujian data untuk mengetahui nilai keakuratan nilai koefisien muai panjang diperoleh dari data nilai kenaikan temperatur terhadap setiap kenaikan skala indikator. Dalam penelitian ini detail pergerakan skala dan perubahan temperatur menggunakan alat bantu perekam video. Hal ini dilakukan agar diperoleh data yang akurat. Data yang digunakan harus memenuhi persamaan yang dikemukakan Tipler dalam Gozali [13] mengenai muai panjang yang memenuhi;

$$\alpha = \frac{\Delta L}{l_0 \Delta T} \quad (1)$$

dimana α : Koefisien muai panjang logam ($/^{\circ}\text{C}$)

ΔL : Perubahan Panjang (m)

ΔT : Perubahan Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

l_0 : Temperatur Awal ($^{\circ}\text{C}$)

Dengan kondisi temperatur awal adalah 30°C dengan panjang awal material uji 20 cm maka hasil variabel data pengujian nilai koefisien muai panjang disajikan pada tabel 1 berikut;

Tabel 1. Hasil pengujian nilai koefisien panjang material

$T_1(^{\circ}\text{C})$	$L_0(\text{cm})$	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	$\Delta L(\text{mm})$	$\alpha/^{\circ}\text{C}$
30	20	5	0.40	0.0004
30	20	10	0.43	0.000215
30	20	15	0.50	0.000166
30	20	20	0.55	0.000137
30	20	25	0.58	0.000116
30	20	30	0.62	0.000103
30	20	35	0.64	0.000091
30	20	40	0.66	0.000082
30	20	45	0.68	0.000075
30	20	50	0.69	0.000069
30	20	55	0.71	0.000064
30	20	60	0.72	0.00006
30	20	65	0.73	0.000056
30	20	70	0.74	0.000052
30	20	75	0.75	0.00005
30	20	80	0.76	0.000047
30	20	85	0.77	0.000045
30	20	90	0.79	0.000043

Bila diamati pada tabel 1 maka diperoleh nilai koefisien panjang yang dinamis pada setiap pengambilan data. Rata-rata nilai koefisien muai menunjukkan nilai $0,000045/^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut terjadi selisih yang signifikan dikarenakan referensi data nilai koefisien panjang besi sebagai bahan uji menurut tabel koefisien muai panjang [14] adalah $0,000012/^{\circ}\text{C}$. Bila tabel 1 diatas dapat disajikan dalam bentuk grafik sesuai gambar gambar 6 menunjukkan bahwa nilai koefisien tidak stabil disetiap terjadi kenaikan temperatur;



Gambar 6. Grafik proses pemuaian panjang alat uji muai panjang dengan material uji besi

Menurut Wijaya [14] koefisien muai panjang suatu benda adalah bilangan yang menunjukkan pertambahan panjang suatu benda tiap satuan panjang jika temperatur benda tersebut naik 1°C . Artinya pertambahan panjang disetiap kenaikan temperatur masing-masing material ditentukan oleh bilangan koefisien muai. Artinya setiap pertambahan panjang akan selalu menunjukan kelipatan kenaikan temperatur. Penunjukan nilai hasil perhitungan koefisien muai memiliki perbedaan dari nilai referensinya menunjukan alat ini belum dapat digunakan dalam menguji nilai koefisien panjang.

Penggunaan dial indikator yang mengambil peran sebagai nilai terukur pertambahan panjang perlu dikaji lebih lanjut. Hal ini dikarenakan menurut Susanto [15] menyebutkan bahwa fungsi dial indikator atau yang biasa disebut *dial gauge* secara terperinci memiliki fungsi 3 (tiga) fungsi yakni mengukur tingkat kerataan pada bidang datar, mengukur tingkat kerataan pada bidang miring, dan mengukur tingkat kerataan dan sisi bulat pada suatu bidang poros. Maka dari itu perlu ada penelitian terkait dengan konversi kenaikan skala terhadap perubahan panjang akibat pemuaian yang memiliki satuan milimeter atau meter. Namun begitu alat ini masih layak digunakan diruang lingkup pengamatan fenomena muai panjang. Hal ini dikarenakan alat ini secara jelas mampu menunjukan perubahan panjang dengan indikator penyimpangan skala akibat adanya posisi kerataan logam uji.

4. SIMPULAN

Telah dilakukan rancang bangun alat uji muai panjang material logam berbasis pemanas elektrik dan dial indikator dengan material uji berupa batang besi. Pemanas elektrik mampu bekerja dengan baik dalam memberikan kenaikan temperatur pada material uji, dan dial indikator mengalami perubahan skala dalam merespon fenomena pemuaian yang terjadi. Namun hasil analisa kuantitatif menunjukan adanya perbedaan nilai koefisien terukur ($0,000045/^\circ\text{C}$) dan refrensi ($0,000012/^\circ\text{C}$). Maka dari itu penggunaan dial indikator perlu dikaji kembali sebagai alat ukur perubahan panjang muai.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yantidewi, M. dkk. (2018). *Pengukuran Koefisien Muai Volume Minyak Nabati dan Air Berdasarkan Relasi Linear Antara Perubahan Volume dan Perubahan Temperatur*. Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah (JIPFRI), Vol. 2 No. 1, hal. 43-48. DOI: 10.30599/jipfri.v2i1.160
- [2] Abdullah, Mikrajuddin. (2016). *Fisika Dasar 1*. Institut Teknologi Bandung, 2016. Hal. 878 – 881.
- [3] Usman, A. A., dan Rahmawati, E., (2016). *Menentukan Koefisien Muai Termal Logam Menggunakan Sistem Pengukuran Digital*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI). Vol. 5, No. 3. Hal 6–8.
- [4] Yantidewi, M., dkk. (2018). *Pengukuran Koefisien Muai Volume Minyak Nabati dan Air Berdasarkan Relasi Linear Antara Perubahan Volume dan Perubahan Temperatur*. Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah (JIPFRI), 2(1). Hal. 43–48.
- [5] Diatri, F.I, dkk. (2020). *Pengembangan Alat Musschenbroek dan Panduan Praktikumnya untuk Membangun Inkuiri Siswa*. Jurnal Ekstakta Pendidikan (JEP). Vol. 4, No. 2, hal. 203-211. Doi: <https://doi.org/10.24036/jep/vol4-iss2/496>.
- [6] Pujayanto, dkk. (2016). *Pembuatan Alat Percobaan Pengukuran Koefisien Pemuaian Panjang Logam Dengan Difraksi*. Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS). hal. 263–267.
- [7] Rosman, A., Zahir, A., Wahyuni, A., & Anastasya, A. (2019). *Rancang Bangun Antar Muka Monitoring Suhu dan Salinitas Lahan Budidaya Rumput Laut Berbasis Mikrokontroler dan Android*. Prosiding Semantik, Vol. 02 No. 01, hal 127-133.
- [8] Usman, A. A dan Rahmawati, E. (2016). *Menentukan Koefisien Muai Termal Logam Menggunakan Sistem Pengukuran Digital*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI) Vol. 05 No. 03, hal 6-8.
- [9] Jua, S. K, dkk. (2017). *Pengembangan Alat Percobaan Muai Panjang Zat Padat Sebagai Alat Praktikum Fisika Pada Materi Pemuaian*. Seminar Nasional Pendidikan Fisika III Universitas PGRI Madiun, hal. 122 – 129.
- [10] Santoso, Hadi. dan Ruslim. (2019). *Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) Sebagai Sensor Temperatur*. Indonesian Journal Of Fundamental Sciences (IJFS). Vol.5, No.1. hal. 59-66.
- [11] Rosman, Andi. (2018). *Perancangan Termokopel Berbahan Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) Untuk Sensor Temperatur*. Indonesian Journal Of Fundamental Sciences (IJFS). Vol.4, No.2. hal. 120-127.
- [12] Anam, M. C, dkk. (2017). *Pengembangan Modul Pembelajaran Penggunaan Dial Indikator Dan Cylinder Gauge Untuk Siswa Kelas X Program Keahlian Teknik Kendaraan Ringan Di SMK Negeri 11 Malang*. JURNAL TEKNIK OTOMOTIF Kajian Keilmuan dan Pengajaran. Vol. 1, No. 2, hal. 19 – 30.

- [13] Gozali, Rahmat. (2012). *Alat Ukur Muai Panjang Logam*. Prodi Fisika Instrumentasi. FMIPA Universitas Indonesia.
- [14] Wijaya, I. K. (2014). *Buku Ajar Fisika*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Udayana.
- [15] Susanto, I. C. (2019). *Proses Pembuatan First Base Dan Second Base Pada Universal Stand Dial*. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta.