

PEMBUATAN SET EKSPERIMEN MUAI PANJANG DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328

Nofsi Meiza¹⁾, Yulkifli²⁾, Zuhendri Kamus²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

nofsimeiza@gmail.com

ABSTRACT

Development of science and technology can't be separated from physics. Basically physics is born and grow doing by experiments. For more accurate results of the research, required experiments with the level of high accurate. In the laboratory, experimental linear expansion is analog. Results of analog eksperimen has an error. This research has purpose for determine the performance specifications and desain of digital microcontroller atmega328. Based on research results obtained, first measure of experiments digital linear expansion process in output sensor and changing obtained with the expected output. Result of experiment digital is displayed with LCD. Sensor used is LM35 temperature sensor of metal, brass, and iron. Second, experiment digital for linear expansion has the percentage of precision in brass, iron, and aluminum respecteli is 97.58%, 95.92%, and 97.98%. While for precision is 0.97, 0.95, and 0.97.

Keywords : *Sensor Lm35, Muai Panjang, Mikrokontroler Arduino Uno*

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat pada sekarang ini, tidak terlepas dari ilmu fisika. Pada dasarnya ilmu fisika lahir dan berkembang dengan melakukan eksperimen. Set eksperimen merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk membantu dalam proses penentuan parameter-parameter yang akan diukur dalam penelitian. Agar hasil penelitian lebih akurat maka dibutuhkan set eksperimen yang mempunyai tingkat ketepatan dan ketelitian yang tinggi. Untuk mendapatkan tingkat ketepatan dan ketelitian yang tinggi dapat diatasi dengan perancangan dan pembuatan set eksperimen secara digital. Salah satu set eksperimen yang akan dirancang dan dibuat adalah set eksperimen muai panjang.

Dari uraian yang telah dipaparkan, maka dipandang perlu untuk merancang dan mendesain sebuah set eksperimen muai panjang secara digital dengan spesifikasi desain dan spesifikasi performansi yang lebih baik. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengangkat penelitian dengan judul "Pembuatan Set Eksperimen Muai Panjang Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega328".

Sistem adalah kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sistem merupakan kumpulan / group / komponen apapun baik fisik yang saling berhubungan satu sama lain dan bekerja sama secara harmonis untuk mencapai satu tujuan tertentu^[1]. Sedangkan pengukuran berarti membandingkan sesuatu yang telah ditentukan sebagai standar dengan sesuatu yang belum diketahui untuk mendapatkan besaran kuantitatif dari sesuatu yang diukur tersebut^[2].

Sistem pengukuran sangat erat kaitannya dengan sebuah alat ukur. Alat ukur adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk melakukan proses pengukuran^[3]. Alat ukur merupakan komponen sistem pengukuran yang berfungsi sebagai sarana perbandingan antara objek ukur dan standar ukur, agar nilai objek ukur dapat ditentukan secara kuantitatif dalam satuan standarnya^[4].

Akurasi merupakan kedekatan (*closeness*) nilai yang terbaca pada alat ukur dengan nilai yang sebenarnya. Akurasi ditentukan dengan cara mengkalibrasi sistem pada suatu kondisi operasi tertentu. Sistem yang baik memiliki akurasi mendekati 100%. Presisi didefinisikan sebagai kemampuan suatu alat ukur untuk menghasilkan nilai yang sama pada pengukuran berulang. Presisi ditentukan melalui percobaan berulang, menggunakan sistem yang sama terhadap objek yang sama pada suatu besaran yang sama. Resolusi, yaitu perubahan terkecil yang dapat diukur pada instrumen atau tanggapan respon terkecil dari instrumen tadi. Sensitivitas, yaitu kepekaan instrumen terhadap impuls yang diberikan^[5].

Pemuaian panjang adalah bertambahnya ukuran panjang suatu benda karena menerima kalor. Pada pemuaian panjang nilai lebar dan tebal sangat kecil dibandingkan dengan nilai panjang benda tersebut. Sehingga lebar dan tebal dianggap tidak ada^[6]. Koefisien muai panjang suatu benda adalah perbandingan antara pertambahan panjang terhadap panjang awal benda persatuan kenaikan suhu. Jika suatu benda padat dipanaskan maka benda tersebut akan memuai kesegala arah, dengan kata lain ukuran panjang bertambahnya ukuran panjang suatu benda karena menerima kalor. Alat untuk membandingkan muai panjang dari berbagai logam adalah

musschenbrock^[7]. Pemuaian panjang suatu benda dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu panjang awal benda, koefisien muai panjang dan besar perubahan suhu. Koefisien muai panjang suatu benda sendiri dipengaruhi oleh jenis benda atau jenis bahan^[8].

Pada umumnya, ukuran suatu benda akan berubah apabila suhunya berubah. Perubahan panjang akibat perubahan suhu dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta L = \alpha L_0 (T - T_0) \quad (1)$$

Persamaan (1) dapat diubah menjadi dimana $\Delta L/L_0$ adalah perubahan relatif dari panjang dan ΔT adalah perubahan suhu. Dengan demikian koefisien muai panjang α suatu zat didefinisikan sebagai perubahan relatif dari panjang zat itu perderajat perubahan suhu^[9].

Salah satu sifat zat pada umumnya adalah akan mengalami perubahan dimensi (panjang, luas dan volume) bila dikenai panas, seandainya benda tersebut berwujud batang atau kabel maka yang banyak menarik perhatian adalah perubahan panjangnya. Untuk itu didefinisikan suatu besaran yang disebut koefisien muai panjang (α) suatu perubahan fraksional panjang $\Delta L/L_0$ dibagi perubahan suhu. Bila

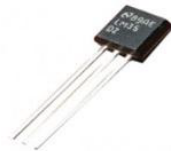
$$\Delta L = L_t - L_0 \text{ Maka, } L_t = L_0(1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (2)$$

Bila umumnya α berharga sangat kecil, sehingga α dapat diabaikan, maka:

$$L_2 = L_1(1 + \alpha(T_2 - T_1)) \quad (3)$$

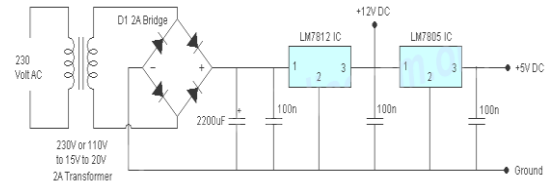
Persamaan diatas menyatakan bahwa panjang batang pada suatu kondisi dapat dinyatakan dalam panjang batang disetiap kondisi lain asal suhu kedua kondisi itu diketahui^[10].

Sensor adalah sebuah perangkat yang menerima stimulus dan merespon dengan suatu sinyal listrik. Stimulus yaitu sebuah nilai properti atau kondisi yang di rasakan dan di ubah kedalam sinyal listrik^[11]. Sensor suhu adalah alat untuk mendeteksi/mengukur suhu pada suatu ruang atau sistem tertentu yang kemudian diubah keluarannya menjadi besaran listrik^[12]. Bentuk fisik sensor LM35 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Bentuk Fisik Sensor Suhu LM35

Power supply adalah suatu perangkat yang menyalurkan energi listrik, menurunkan tegangan AC serta mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. *Power supply* merupakan komponen yang dibutuhkan hampir untuk semua peralatan elektronika. Hal ini disebabkan pada umumnya untuk mengoperasikan peralatan elektronika dibutuhkan tegangan DC. *Power supply* dibangun dengan menggunakan IC regulator tegangan. Rangkaian catu daya teregulasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian *Power Supply*

Gambar 3 merupakan salah satu contoh rangkaian *power supply* yang paling sering ditemui dalam dunia elektronika.

Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram^[13]. *Liquid Crystal Display* (LCD) merupakan suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama.

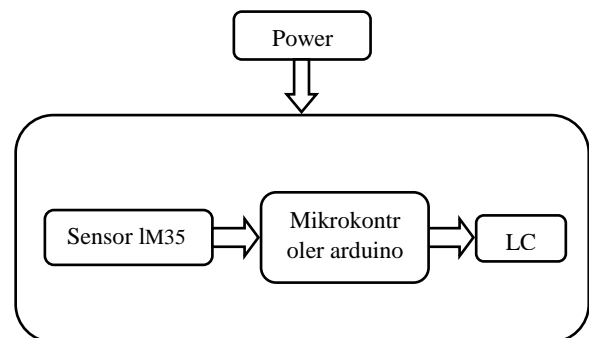
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang, penelitian ini dilakukan pada bulan september 2016 sampai Juli 2017 dengan tahapan kegiatan meliputi : penulisan proposal, penelitian, perancangan sistem, perakitan komponen, pengambilan data, dan pengolahan data. Penelitian ini tergolong dikelompokkan ke dalam penelitian eksperimen laboratorium.

Variabel dalam penelitian ini terbagi atas 3 bagian yaitu: variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Variabel bebas penelitian ini adalah suhu dan jenis logam. Variabel terikatnya adalah panjang mula-mula dan nilai muai panjang, sedangkan variabel kontrol penelitian ini adalah nilai komponen elektronika.

1. Desain Perangkat Keras

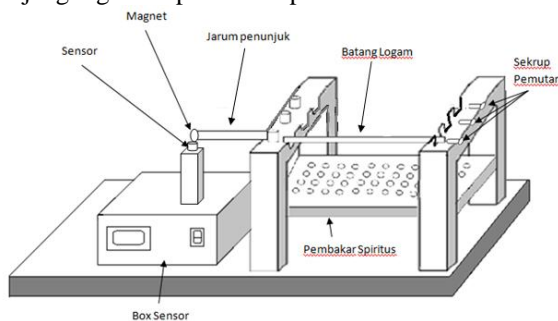
Desain perangkat keras dari sistem ada 2 yaitu desain rangkaian elektronika pembangun sistem dan desain mekanik sistem. Desain rangkaian elektronika pembangun sistem biasanya digambarkan dalam bentuk blok diagram. Blok diagram dari sistem alat ukur debit air terdiri dari beberapa rangkaian, diantaranya rangkaian *power supply*, rangkaian sensor LM35, rangkaian mikrokontroler arduino uno, dan rangkaian LCD yang dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram sistem

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bagaimana kerja dari sistem alat ukur, dimulai dari sistem mendapatkan daya dari *power supply* untuk mengaktifkan sistem. Pertama suhu awal akan dideteksi oleh sensor suhu LM35. Waktu pembakaran diset dalam beberapa detik, setelah itu sensor suhu LM35 akan mendeteksi suhu akhir. Keluaran dari sensor sudah digital maka bisa langsung dihubungkan dengan mikrokontroler. Mikrokontroler akan memprogram keluaran yang diharapkan. Setelah mikrokontroler mengolah

Desain mekanik sistem ini terdiri dari sensor suhu LM35. Pada alat *musschenbroeck* terdapat kedudukan sensor. Desain set eksperimen muai panjang digital dapat dilihat pada Gambar 4.

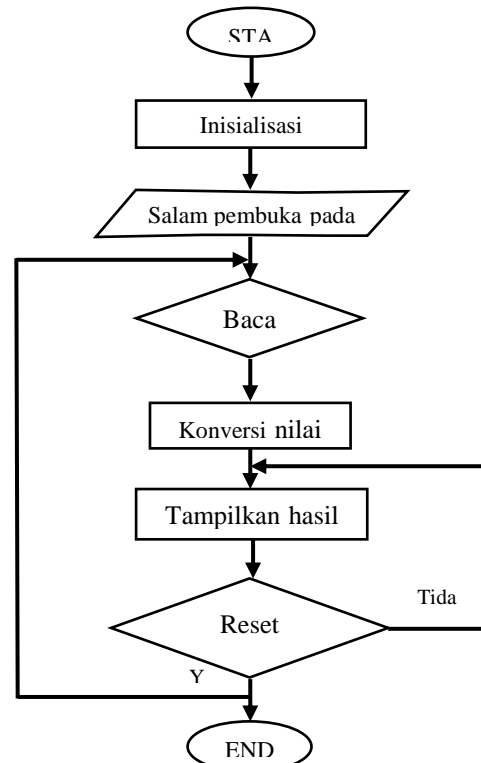


Gambar 4. Desain mekanik sistem alat ukur

Gambar 4 merupakan desain mekanik dari set eksperimen muai panjang. Dimana terdapat 2 tiang penyangga setinggi 10 cm untuk meletakkan bahan atau logam yang akan diukur muai panjangnya. Pertama suhu awal akan dideteksi oleh sensor suhu LM35. Waktu pembakaran diset dalam beberapa detik, setelah itu sensor suhu LM35 akan mendeteksi suhu akhir. Keluaran dari sensor sudah digital maka bisa langsung dihubungkan dengan mikrokontroler. Mikrokontroler akan memprogram keluaran sensor. Setelah mikrokontroler mengolah sinyal keluaran sensor, LCD akan menampilkan muai panjang logam, suhu awal, suhu akhir pada *display*.

2. Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak dari sistem set eksperimen muai panjang digital dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain perangkat lunak

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 12 instruksi yang dilakukan dalam pemrograman sistem alat ini adalah dimulai dari pendeteksian yang dilakukan oleh sensor, pada saat ada perubahan suhu antara suhu pertama dengan dan suhu akhir akan mengirim sinyal ke arduino untuk diproses. Pada arduino perubahan suhu tersebut akan diproses dimasukkan dalam rumus dan akan ditampilkan pada LCD.

Penentuan spesifikasi desain set eksperimen muai panjang digital ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sistem, dilakukan dengan dua cara, yaitu melakukan pemotretan setiap bagian set eksperimen muai panjang digital dan menjelaskan fungsi dari setiap bagian tersebut. Sedangkan untuk penentuan spesifikasi performansi set muai panjang digital dilakukan melalui dua cara yaitu, penentuan ketepatan sistem set eksperimen muai panjang digital. Adapun langkah-langkah untuk menentukan ketepatan sistem diantaranya :

- 1) Meletakkan batang logam yang akan akan diukur di tempat yang telah disediakan pada alat eksperimen muai panjang logam,
- 2) Mengaktifkan dan menset sistem alat eksperimen muai panjang logam,
- 3) Mengukur berapa panjang logam dalam waktu t detik menggunakan sensor suhu LM35 yang akan diukur,
- 4) Mencatat hasil pengukuran muai panjang logam pada sistem alat ukur yang telah dibuat,
- 5) Membandingkan hasil perhitungan muai panjang logam secara teoritis dengan sistem alat ukur yang telah dibuat,

- Menentukan persentase kesalahan pengukuran oleh sistem alat ukur yang dibuat.

Sedangkan langkah-langkah dalam menentukan ketelitian pada sistem ini adalah:

- Meletakkan batang logam yang akan akan diukur di tempat yang telah disediakan pada alat eksperimen muai panjang logam,
- Mengaktifkan dan menset sistem alat eksperimen muai panjang logam,
- Mencatat hasil pengukuran waktu pembakaran(t), suhu(T), muai panjang(ΔL),
- Menentukan standar *deviasi*, kesalahan mutlak dan kesalahan relatif serta melaporkan hasil pengukuran.

Analisis data pada set eksperimen muai panjang digital ini meliputi persentase kesalahan, ketepatan pengukuran, standar deviasi, kesalahan relatif, dan ketelitian.

Untuk mencari persentase kesalahan set ekspeimen muai panjang digital dapat menggunakan persamaan 4.

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana Y_n = Nilai sebenarnya dan X_n = Nilai yang terbaca pada alat ukur. Sedangkan untuk mencari ketepatan alat ukur kuantitas aliran air menggunakan persamaan 5.

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \quad (5)$$

Dimana A merupakan nilai dari ketepatan, sedangkan $|Y_n - X_n / Y_n|$ merupakan nilai mutlak dari kesalahan.

Untuk mencari nilai ketelitian alat ukur kuantitas aliran air menggunakan persamaan 6.

$$\text{ketelitian} = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right| \quad (6)$$

Dimana perbedaan antara mencari nilai ketelitian dengan ketepatan hanya pada menukar pengali Y_n dengan \bar{X}_n . \bar{X}_n = rata-rata dari set n pengukuran. Sedangkan untuk mencari standar deviasi dari pengukuran kuantitas aliran air menggunakan persamaan 7.

$$\Delta X = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n-1}} \quad (7)$$

Dan untuk mencari nilai kesalahan relatif menggunakan persamaan 8.

$$KR = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana KR merupakan nilai dari kesalahan relatif, ΔX merupakan nilai srandar deviasi.

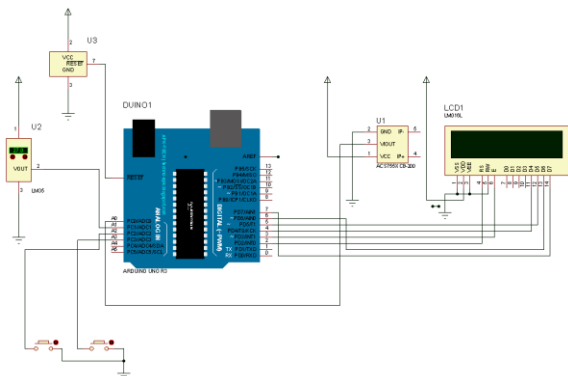
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian dijabarkan dengan menjelaskan spesifikasi performansi, spesifikasi desain, dan analisis data hasil penelitian, sehingga diperoleh hubungan antara variabel-variabel terkait untuk menjelaskan tujuan penelitian yang ditetapkan.

1. Spesifikasi Performansi Sistem

Spesifikasi performansi menjelaskan secara rinci bentuk dan dimensi perangkat keras, komponen-komponen, serta fungsi masing - masing komponen yang digunakan. Bentuk rangkaian secara keseluruhan dari set eksperimen muai panjang digital yang dibuat dapat dilihat pada Gambar7.



Gambar 6. Rangkaian lengkap set eksperimen muai panjang digital

Berdasarkan Gambar 6 7 dapat dijelaskan bahwa rangkaian dari set eksperimen muai panjang digital terdiri dari rangkaian *power supply*, rangkaian LCD, rangkaian sensor dan rangkaian mikrokontroler arduino. Dimana semua rangkaian ini diletakkan pada box. Set eksperimen muai panjang digital terdiri dari dua box. Bentuk fisik dari set eksperimen muai panjang digital ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Bentuk fisik set eksperimen muai panjang digital

Berdasarkan Gambar 8 terlihat bahwa set eksperimen muai panjang digital dari dua bagian. Bagian pertama adalah alat *musschenbroeck* terdapat kedudukan sensor. Bagian kedua yaitu box rangkaian, pada box rangkaian terdiri dari tombol *ON/OFF*, *Port AC*, tombol *reset*, rangkaian *power supply*, LCD dan mikrokontroler arduino uno.

Tombol *ON/OFF* berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan sistem alat ukur, tombol *reset* berfungsi untuk mengulang pengukuran dari awal, rangkaian *power supply* berfungsi sebagai catu daya dari set eksperimen muai panjang digital, LCD untuk menampilkan data hasil pengukuran dan mikrokontroler arduino uno berfungsi sebagai pemrograman dalam mengolah hasil keluaran dari sistem set eksperimen. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghidupkan sensor 5 volt sedangkan tegangan yang dibutuhkan untuk menghidupkan arduino 9 volt DC.

Adapun hasil keluaran yang akan ditampilkan pada LCD dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Tampilan LCD

Berdasarkan Gambar 8 9 terlihat tampilan LCD untuk set eksperimen muai panjang digital terdiri dari beberapa T_1 adalah suhu awal logam (C). t adalah waktu pembakaran logam (s). ΔL adalah pertambahan panjang logam (mm).

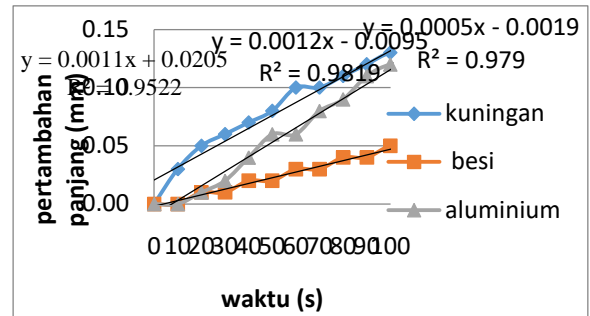
2. Spesifikasi Desain Sistem

Spesifikasi desain sering juga disebut sebagai spesifikasi produk. Spesifikasi tergantung pada sifat alami dari material yang digunakan. Spesifikasi desain menjelaskan tentang karakteristik statik produk, toleransi, bahan pembentuk sistem, ukuran sistem, dan dimensi sistem. Karakteristik statik secara umum terdiri dari ketepatan dan ketelitian dari alat.

Ketepatan didefinisikan sebagai beda atau kedekatan antara nilai yang terbaca oleh alat ukur dengan nilai yang sebenarnya. Secara umum akurasi sebuah alat ukur ditentukan dengan cara kalibrasi pada kondisi operasi tertentu dan dapat diekspresikan dalam bentuk persentase atau pada titik pengukuran yang spesifik. Suatu alat ukur yang baik memiliki akurasi mendekati 1 atau 100%, sedangkan ketelitian merupakan membandingkan hasil pengukuran sistem dengan perhitungan secara teoritis dengan cara melakukan pengukuran berulang.

a. Pengaruh waktu dengan pertambahan panjang logam

Pengukuran pertambahan logam dilakukan dengan memvariasikan 3 logam yang berbeda yaitu logam kuningan, logam besi, dan logam aluminium. Panjang mula-mula ketiga logam sama yaitu 20 cm. Grafik pengaruh waktu terhadap pertambahan panjang dapat dilihat pada Gambar 10.

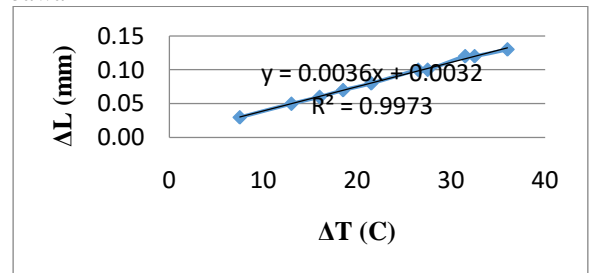


Gambar 9. Grafik hubungan volume terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pembakaran maka pertambahan panjang semakin besar.

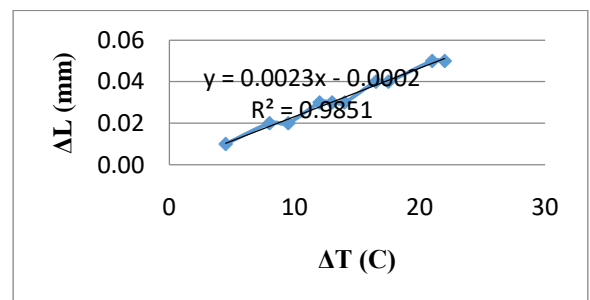
b. Ketepatan pengukuran set eksperimen muai panjang digital

Ketepatan pengukuran pada sistem alat ukur ini adalah dengan membandingkan hasil pengukuran dari set eksperimen muai panjang digital dengan hasil teori. Data yang diperoleh dapat diplot pada grafik dengan menempatkan pertambahan panjang hitung pada sumbu X dan pertambahan panjang teori pada sumbu Y. Ketepatan pengukuran ketiga logam di bawah ini



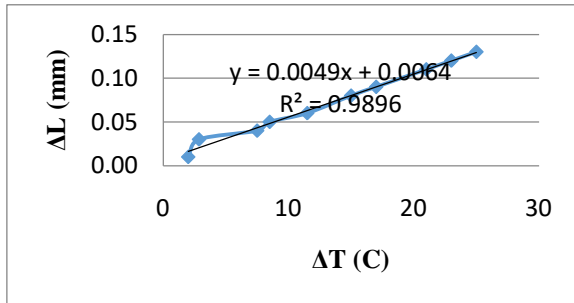
Gambar 10. Grafik Hubungan antara Pertambahan Panjang dengan Perubahan Suhu untuk Logam Kuningan

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai perubahan suhu maka semakin tinggi juga nilai pertambahan panjang dikarenakan pertambahan panjang berbanding lurus dengan suhu. Pertambahan panjang pengukuran berbanding lurus dengan pertambahan panjang perhitungan, tapi masih ada kesalahan.



Gambar 11. Grafik Hubungan antara Pertambahan Panjang dengan Perubahan Suhu untuk Logam Besi

Gambar 11 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai suhu maka semakin tinggi juga nilai pertambahan panjang dikarenakan pertambahan panjang berbanding lurus dengan suhu. Pertambahan panjang pengukuran berbanding lurus dengan pertambahan panjang perhitungan, tapi masih ada kesalahan.



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Pertambahan Panjang dengan Perubahan Suhu untuk Logam Aluminium

Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai suhu maka semakin tinggi juga nilai pertambahan panjang dikarenakan pertambahan panjang berbanding lurus dengan suhu. Pertambahan panjang pengukuran berbanding lurus dengan pertambahan panjang perhitungan, tapi masih ada kesalahan.

c. Ketelitian sistem set eksperimen muai panjang digital

Ketelitian set eksperimen muai panjang digital diperoleh dengan melakukan 10 kali pengukuran logam pada keadaan yang sama.

Tabel 1. Data perulangan sistem set eksperimen muai panjang untuk logam kuning

$\Delta Tu(C^{\circ})$	$\Delta Th(C^{\circ})$	Ketelitian	KR ukur (%)
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
0.01	0.01	0.98	0
Rata-Rata		0.98	0

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat data ketelitian set eksperimen muai panjang logam kuning yang dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali perulangan. Berdasarkan hal tersebut didapatkan nilai ketelitian rata-rata set eksperimen muai panjang logam kuning adalah 0.98. Nilai kesalahan relatif

pengukuran yang didapatkan dari 10 kali perulangan adalah 0%.

Tabel 2. Data perulangan sistem set eksperimen muai panjang untuk logam besi

$\Delta Lu(mm)$	$\Delta Lh(mm)$	Ketelitian	KR ukur (%)
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
0.01	0.01	0.97	0
Rata-Rata		0.97	0

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat data ketelitian set eksperimen muai panjang logam besi yang dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali perulangan. Berdasarkan hal tersebut didapatkan nilai ketelitian rata-rata set eksperimen muai panjang logam besi adalah 0,97. Nilai kesalahan relatif pengukuran yang didapatkan dari 10 kali perulangan adalah 0%.

Tabel 3. Data perulangan sistem set eksperimen muai panjang untuk logam aluminium

$\Delta Lu(mm)$	$\Delta Lh(mm)$	Ketelitian	KR ukur (%)
0.03	0.02	0.94	3.30
0.03	0.02	0.94	3.30
0.02	0.02	0.60	5.00
0.03	0.02	0.94	3.30
0.03	0.02	0.94	3.30
0.03	0.02	0.94	3.30
0.03	0.02	0.94	3.30
0.03	0.02	0.94	3.30
0.03	0.02	0.94	3.30
0.03	0.02	0.94	3.30
Rata-Rata		0.90	3.47

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat data ketelitian set eksperimen muai panjang logam aluminium yang dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali perulangan. Berdasarkan hal tersebut didapatkan nilai ketelitian rata-rata set eksperimen muai panjang logam aluminium adalah 0,90. Nilai kesalahan relatif pengukuran yang didapatkan dari 10 kali perulangan adalah 3.47%.

B. Pembahasan

Set eksperimen muai panjang digital ini terdiri dari set muai panjang analog yang mencakup 3 batang logam, tempat pembakaran, tiang penyangga logam, jarum penunjuk. Set eksperimen ini juga dilengkapi dengan box berukuran 20x16x14 cm yang berfungsi untuk meletakkan rangkaian elektronika terdiri dari rangkaian power supply 9 volt, rangkaian

sensor suhu LM35, rangkaian LCD dan satu set mikrokontroler arduino uno. Sedangkan sensor LM35 terletak pada set eksperimen muai panjang analog.

Set eksperimen ini menentukan nilai pertambahan panjang logam, suhu awal logam dan suhu akhir logam pada saat dibakar. Prinsip kerja dari set eksperimen muai panjang digital ini bermula dari meletakkan logam yang akan diukur pada tiang penyangga yang ada di set eksperimen muai panjang analog, kapas dan spiritus diletakkan pada tempat pembakaran. Bakar kapas dan spiritus dan logam akan mengalami pertambahan panjang. Sensor LM35 akan mendeteksi suhu awal dan akhir logam. Perubahan suhu LM35 akan diproses oleh mikrokontroler arduino uno. Sinyal keluaran dari sensor suhu LM35 akan diprogram pada mikrokontroler arduino uno sehingga menghasilkan nilai pertambahan panjang logam dan suhu awal dan akhir logam akan ditampilkan pada LCD.

Pengujian ketepatan pengukuran set eksperimen ini dilakukan dengan membandingkan pengukuran muai panjang oleh set eksperimen dengan perhitungan secara teori. Ketepatan yang diperoleh cukup tinggi. Namun, masih terdapat perbedaan pengukuran muai panjang oleh set eksperimen dan perhitungan secara teori. Kesalahan rata-rata yang terjadi adalah 2,41% untuk logam kuningan. Sedangkan untuk logam besi diperoleh kesalahan rata-rata 4,46% dan untuk logam aluminium diperoleh kesalahan rata-rata 2,02%. Hal ini disebabkan banyak kesalahan yang mungkin terjadi saat pengukuran diantaranya kinerja sensor yang mulai melemah karena panas dan pemrograman mikrokontroler yang kurang sempurna. Jadi, sistem ini layak digunakan pada laboratorium fisika untuk menentukan muai panjang logam karena kesalahan sistem masih dalam batas normal dan memiliki beberapa kelebihan.

Kelemahan alat ini belum bisa menentukan pertambahan panjang logam secara langsung. Terdapat beberapa kendala dalam penelitian ini, yaitu api untuk pembakaran tidak stabil sehingga suhu yang didapat oleh sensor kurang stabil dan panas yang diterima sensor tidak hanya panas logam tapi juga panas pembakaran. Kendala ini dapat diatasi dengan melakukan penelitian tindak lanjut dengan sumber pembakaran yang mempunyai api yang lebih stabil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan mengenai set eksperimen muai panjang logam digital maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Spesifikasi performansi set eksperimen muai panjang digital terdiri dari alat muai panjang analog (*musschenbrock*) dan box yang berisi

rangkaian elektronika pembangun sistem. Rangkaian pembangun sistem terdiri dari rangkaian *power supply*, kit mikrokontroler arduino uno, LCD. Sensor LM35 diletakkan di alat *musschenbrock*. Nilai pertambahan panjang logam, suhu awal dan suhu akhir logam ditampilkan pada *display* LCD.

2. Hasil penentuan spesifikasi desain set eksperimen muai panjang digital terdiri dari ketepatan dan ketelitian pengukuran logam kuningan, besi, dan aluminium secara berturut-turut adalah sebagai berikut:
 - a. Ketepatan pengukuran pertambahan panjang logam kuningan, besi, dan aluminium yaitu 97,58%, 95,92%, 97,98%.
 - b. Ketelitian pengukuran nilai petambahan panjang logam kuningan, besi, dan aluminium didapatkan nilai rata-ratanya yaitu 0,97, 0,95, 0,97.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Istiningih. (2009). *Pengertian Sistem dan Analisis Sistem*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- [2] Nur, M. 2012. *Alat Pengukur Suhu Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Penampil LCD*. Skripsi. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara.
- [3] Yefri, Chan. (2011). *Sistem Pengukuran Teknik*. Universitas Darma Persada: Jakarta.
- [4] Cooper, William. 1991. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran* (Sahat Takpahan. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- [5] Fraden, Jacob. 2003. *Handbook of Modern Sensors*. Newyork: Springer.
- [6] Chang. 2012. *Fisika Untuk Universitas*. Bina Cipta. Bandung.
- [7] Waluyo. 2009. *Fisika dasar. adi Prasetya*. Semarang.
- [8] Waluyo. 2012. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Erlangga. Jakarta.
- [9] Winnamo. 2007. *Penuntun Praktikum Fisika Dasar*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjar Baru.
- [10] Winnamo. 2003. *Fisika I*. FMIPA. ITS. Surabaya.
- [11] Yulkifli. 2011. *Sensor Fluxgate*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [12] Sirait, M. 2009. *Pengaturan Temperatur Ruang dengan Menggunakan Sensor Suhu LM 35 Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Skripsi. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara.
- [13] Yohandri. 2013. *Mikrokontroler dan Antar Muka*. Padang: Universitas Negeri Padang.